



**EFISIENSI DAYA DORONG KAPAL PADA MHD *PROPULSION*
CHANNEL TIPE *HALL* DENGAN TIPE *DIAGONAL***

SKRIPSI

Oleh

Septian Andi Nugroho

NIM 161910201087

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**EFISIENSI DAYA DORONG KAPAL PADA MHD *PROPULSION*
CHANNEL TIPE *HALL* DENGAN TIPE *DIAGONAL***

SKRIPSI

Oleh

Septian Andi Nugroho

NIM 161910201087

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Sembah sujud serta puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan karunia-Nya. Atas karunia dan kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselasaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah dan penuh kerendahan hati, kupersembahkan skripsi ini kepada :

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang;
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat;
3. Kedua orang tua saya, Bapak Sulkan dan Ibu Mardiana Ekawati. Terima kasih atas pengorbanan dan usaha dalam membesarkan saya serta doa yang senantiasa mengiringi langkah perjuangan dan keberhasilan saya;
4. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Andi Setiawan S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesainya skripsi ini;
5. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, membantu dan menjadi inspirasi saya dalam menanamkan rasa disiplin serta tanggung jawab selama menjadi mahasiswa;
6. Guru-guru pengajar SDN 1 Mojokusur, SMPN 4 Lumajang, SMAN 1 Lumajang dan dosen-dosen pengajar Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih atas doa, semangat dan semua ilmu yang telah diberikan;
7. Teman-teman saya, Setya Budi, M Fariz Azizi, Qoidatul Khikmah, Pandu Putra P., Fahrul Isman, yang telah membantu proses penelitian dan menjadi penyemangat dikala lelah serta selalu berbagi cerita suka maupun duka;
8. Teman seperjuangan sepenelitian yang saling membantu, mendukung, menyemangati, dan memotivasi dalam penyusunan skripsi;
9. Almamaterku Universitas Jember yang aku cintai dan banggakan;
10. Keluarga INDUKTRO 16 yang telah memberikan berjuta cerita. Saya bersyukur menjadi bagian dari kalian calon orang-orang hebat;

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu dalam persembahan ini, saya sampaikan terima kasih banyak atas segalanya.



MOTTO

“Jangan merasa dirimu paling menderita sedunia, sebelum dirimu berusaha sekuat tenaga.”

“Tak perlu iri dengan kesuksesan orang lain, karena buah akan terasa nikmat saat matang pada waktunya.”

“Barang siapa yang membantu seorang Muslim (dalam) suatu kesusahan di dunia, maka Allah akan menolongnya dalam kesusahan pada Hari Kiamat. Dan barang siapa yang meringankan (beban) seorang Muslim yang sedang kesulitan, maka Allah akan meringankan (bebannya) di dunia dan di akhirat.”

(HSR. Muslim)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Septian Andi Nugroho

NIM : 161910201087

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Efisiensi Daya Dorong Kapal Pada MHD *Propulsion Channel* Tipe *Hall* Dengan Tipe *Diagonal*” 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, 10 September 2020

Yang menyatakan,

Septian Andi Nugroho

NIM. 161910201087

SKRIPSI

**EFISIENSI DAYA DORONG KAPAL PADA MHD *PROPULSION*
CHANNEL TIPE HALL DENGAN TIPE DIAGONAL**

Oleh:

Septian Andi Nugroho

NIM. 161910201087

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Andi Setiawan, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Efisiensi Daya Dorong Kapal Pada MHD *Propulsion Channel* Tipe *Hall* Dengan Tipe Diagonal” karya Septian Andi Nugroho telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Anggota I

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 197008261997021001

Andi Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 196910101997021001

Anggota II

Anggota III

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 196104141989021001

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP. 198511102014041001

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Efisiensi Daya Dorong Kapal Pada MHD *Propulsion Channel* Tipe *Hall* Dengan Tipe *Diagonal*; Septian Andi Nugroho; 161910201087; 2020; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Teknologi terus berkembang pesat seiring bertambahnya kemajuan zaman. Perkembangan teknologi memberikan pengaruh yang besar dibidang industri, transportasi maupun rumah tangga. Banyak peralatan kebutuhan sehari – hari yang menggunakan bahan bakar fosil untuk pengoperasiannya, salah satu contohnya pada bidang transportasi khususnya transportasi laut yaitu kapal. Kapal menggunakan bahan bakar solar sebagai penggerakannya, tentu saja suatu saat ketersediaan solar akan menipis mengingat jumlah cadangan minyak bumi terus berkurang. Oleh sebab itu perlu adanya suatu inovasi baru berupa energi alternatif pengganti bahan bakar solar. Magnetohidrodinamika (MHD) merupakan salah satu solusi yang ditawarkan sebagai penggerak kapal menggantikan bahan bakar solar. MHD adalah ilmu yang mempelajari tentang gerak dinamis dari penghantar listrik fluida dengan pengaruh medan magnet disekitarnya. (Agung Prayudi, 2000).

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan dua tipe *channel* yaitu tipe *Hall* dan tipe *Diagonal*. Dengan menggunakan kapal *prototype* berukuran 25cm x 16cm x 6 cm dan *channel* berukuran 12cm x 2,5cm x 2,5cm serta magnet yang digunakan adalah magnet *Neodymium* dengan ukuran 12cm x 2cm x 1 cm. Pengujian dilakukan dengan mengubah variasi tegangan 22 V, 23 V dan 24 V. Penggunaan driver mosfet bertujuan untuk mengatur nilai PWM sehingga mampu mengubah nilai tegangan masukan sesuai yang diinginkan. Alat ukur yang digunakan yaitu multimeter digital untuk mengukur nilai arus dan tegangan pada *channel* kapal.

Dari hasil pengujian saat kapal menggunakan *channel* tipe *Hall* ketika tegangan masukan diperbesar maka kapal bergerak dengan kecepatan yang lebih besar, begitupun arus dan tegangan yang dihasilkan juga meningkat. Sedangkan saat kapal menggunakan *channel* tipe *Diagonal* ketika tegangan masukannya diperbesar maka kecepatannya juga akan bertambah, begitu juga nilai arus dan tegangan yang dihasilkan juga besar. Dengan kata lain nilai tegangan masukan

berbanding lurus dengan daya dorong dan kecepatan kapal yang dihasilkan. Dari kedua tipe *channel* tersebut tipe *Hall* memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan tipe Diagonal dan juga nilai efisiensi tipe *Hall* lebih baik dibandingkan tipe Diagonal.



SUMMARY

The efficiency of Ship Propulsion in Hall Type MHD Propulsion Channel with Diagonal Type; Septian Andi Nugroho; 161910201087; 2020; Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Technology continues to develop rapidly as the times increase. Technological developments have had a major influence on the industry, transportation, and households. Many daily necessities of equipment use fossil fuels for operation, one example is in the field of transportation, especially sea transportation, namely ships. Ships use diesel fuel as their driving force, of course, one day the availability of diesel fuel will run low considering the number of petroleum reserves continues to decrease. Therefore it is necessary to have an innovation in the form of alternative energy to replace diesel fuel. Magnetohydrodynamics (MHD) is one of the solutions offered as a ship propulsion replacing diesel fuel. MHD is the study of the dynamic motion of an electrically conducting fluid with the influence of the surrounding magnetic field. (Agung Prayudi, 2000).

In this study, two types of the channel were compared, namely Hall type and Diagonal type. By using a prototype ship measuring 25cm x 16cm x 6 cm and a channel measuring 12cm x 2.5cm x 2.5cm and the magnets used are Neodymium magnets with a size of 12cm x 2cm x 1 cm. The test was carried out by changing the voltage variation 22 V, 23 V, and 24 V. The use of the MOSFET driver aims to adjust the PWM value so that it can change the value of the input voltage as desired. The measuring instrument used is a digital multimeter to measure the current and voltage values on the ship's channel.

From the test results when the ship uses the Hall type channel when the input voltage is enlarged, the ship moves at a greater speed, as well as the resulting current and voltage also increases. Meanwhile, when a ship uses a diagonal type channel when the input voltage is enlarged, the speed will also increase, as well as the resulting current and voltage values. In other words, the value of the input

voltage is directly proportional to the thrust and speed of the resulting vessel. Of the two types of channels, the Hall type has a greater speed than the Diagonal type and the efficiency value of the Hall type is better than the Diagonal type.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sekaligus penyusunan skripsi yang berjudul ” **Efisiensi Daya Dorong Kapal Pada MHD Propulsion Channel Tipe Hall Dengan Tipe Diagonal**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam penyelesaian pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember. Dalam penulisan skripsi ini tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril ataupun materiil. Oleh karena itu penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Bambang Sri Kaloko S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Andi Setiawan S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan fikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesainya skripsi ini;
4. Bapak Ir. Widyono Hadi, 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;
5. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing, membantu dan menjadi inspirasi saya dalam menanamkan rasa disiplin serta tanggung jawab selama menjadi mahasiswa;
6. Kedua orang tua saya, Bapak Sulkan dan Ibu Mardiana Ekawati. Terima kasih atas pengorbanan dan usaha dalam membesarkan saya serta doa yang senantiasa mengiringi langkah perjuangan dan keberhasilan saya;
7. Teman seperjuangan sepenelitian yang saling membantu, mendukung, menyemangati, dan memotivasi dalam penyusunan skripsi;

8. Rekan-rekan Fakultas Teknik, Universitas Jember, khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2016 yang tidak dapat disebut satu per satu, yang selama ini telah memberikan pengalaman, motivasi dan semangat dari mulai menjadi mahasiswa hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini;
9. Para sahabat, teman-teman terdekat, teman seperjuangan dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu namanya yang telah membantu dalam segala hal.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sempurna hanya milik Allah SWT. Harapan penulis adalah supaya informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 10 September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
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	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Magnet.....	5
2.2 Medan Magnet	5
2.3 Magnetohridodinamika	6
2.4 Channel Kapal	7
2.4.1 Channel Hall Connection	8
2.4.2 Channel Diagonall Connection.....	8
2.5 Magnet Neodymium	10
2.6 Arduino UNO.....	13
2.7 Baterai Lipo	14
2.8 Sensor.....	16
2.8.1 Sensor Arus ACS712-20.....	16
2.8.2 Sensor Tegangan.....	17

2.9 Data Logger	18
2.10 LCD	19
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Perancangan Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	22
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.6 Blok Diagram Sistem.....	25
3.7 Perancangan Sistem	26
3.7.1 Baterai.....	26
3.7.2 Rangkaian Mosfet.....	27
3.7.3 Rangkaian RTC.....	28
3.7.4 Rangkaian Sensor Arus.....	28
3.7.5 Rangkaian Sensor Tegangan.....	29
3.7.6 Rangkaian LCD	30
3.8 Desain <i>Prototype</i> Kapal MHD.....	30
3.9 Desain <i>channel</i> kapal.....	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Spesifikasi Kapal MHD <i>Propulsion</i>.....	34
4.2 Pengujian Modul	35
4.2.1 Pengujian data <i>logger</i>	36
4.2.2 Pengujian LCD	37
4.2.3 Pengujian Sensor Arus.....	37
4.2.4 Pengujian Sensor Tegangan.....	38
4.2.5 Pengujian PWM.....	39
4.3 Pengujian <i>Prototype</i> Kapal MHD <i>Propulsion</i>.....	39
4.3.1 Pangujian <i>Prototype</i> Kapal MHD <i>Propulsion</i> dengan <i>channel</i> tipe <i>Hall Connection</i>	40
4.3.2 Pangujian <i>Prototype</i> Kapal MHD <i>Propulsion</i> dengan <i>channel</i> tipe <i>Diagonal Connection</i>	41
BAB 5 PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan	46

5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	50

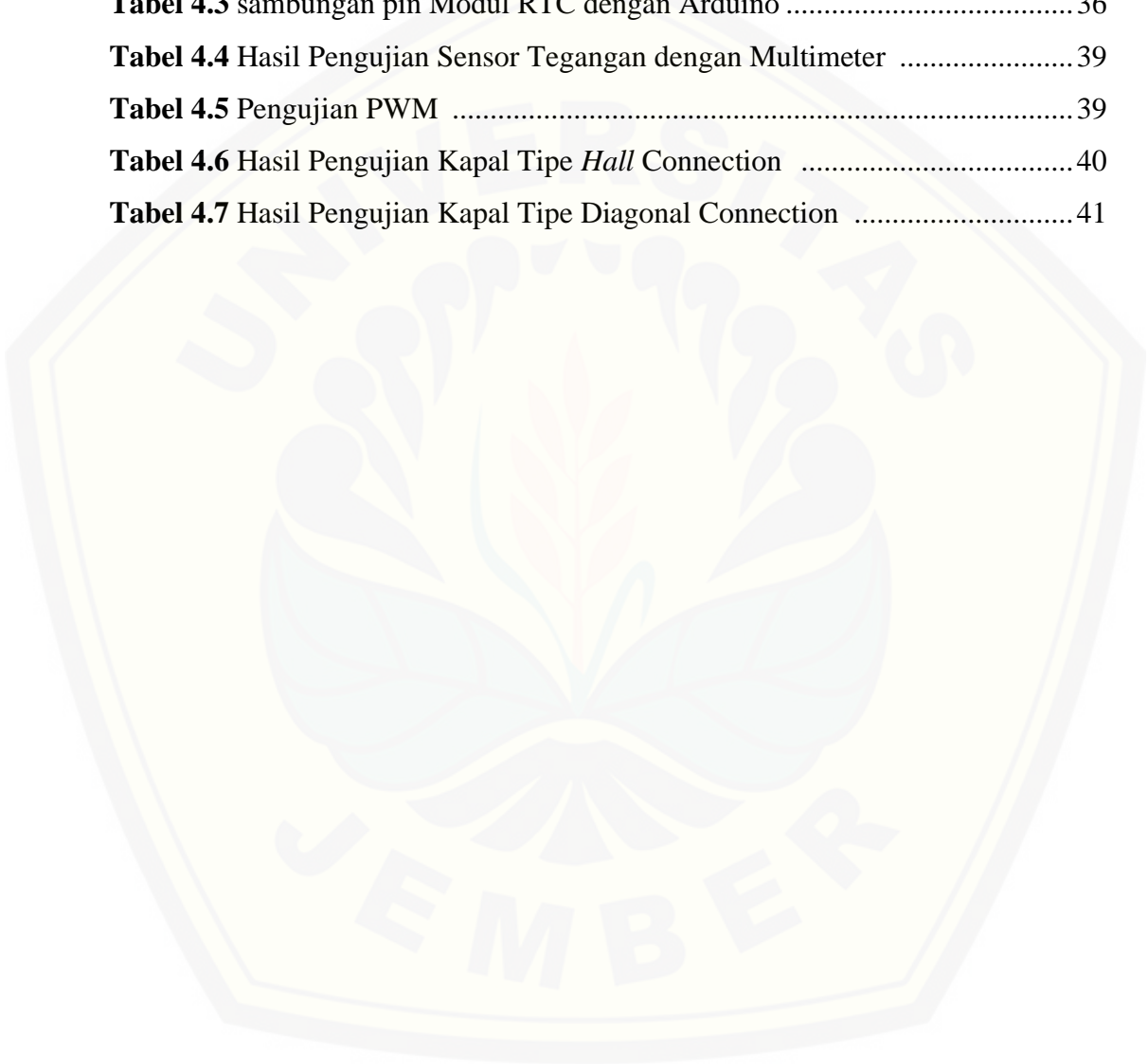


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arah Garis Gaya Medan Magnet	5
Gambar 2.2 Gaya yang Bekerja pada MHD.....	6
Gambar 2.3 Channel Kapal	6
Gambar 2.4 Channel Hall Conection	7
Gambar 2.5 Channel Diagonal Connection	8
Gambar 2.6 Struktur Kristal Magnet.....	9
Gambar 2.7 Magnet Neodymium	11
Gambar 2.8 Board Arduino UNO	12
Gambar 2.9 Komponen Baterai	13
Gambar 2.10 Sensor Arus ACS612-20.....	16
Gambar 2.11 Modul SD Card.....	17
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	22
Gambar 3.2 Blok Diagram sistem	23
Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Kapal Magnetohidrodinamika	24
Gambar 3.4 Rangkaian Driver Mosfet	25
Gambar 3.5 Rangkaian RTC Menggunakan IC DS1307	26
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Arus	26
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Tegangan	27
Gambar 3.8 LCD 16x2	27
Gambar 3.9 Desain Kapal Tampak Atas	28
Gambar 3.10 Desain Kapal Tampak Bawah	28
Gambar 3.11 Desain Kapal Tampak Belakang	28
Gambar 3.12 Desain Kapal Tampak Samping	29
Gambar 3.13 Desain 3D Kapal	29
Gambar 3.14 Desain 3D Channel Kapal	29
Gambar 4.1 <i>Prototype Kapal MHD Propulsion</i>	35
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Tegangan terhadap Daya Dorong Kapal	42
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Arus terhadap Daya Dorong Kapal	43
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Tegangan terhadap Efisiensi Kapal MHD.....	44
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Arus terhadap Efisiensi Kapal MHD.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Neodymium	10
Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	20
Tabel 4.1 Spesifikasi Kapal MHD <i>Propulsion</i>	34
Tabel 4.2 Sambungan pin SD <i>card</i> dengan Arduino.....	36
Tabel 4.3 sambungan pin Modul RTC dengan Arduino	36
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan dengan Multimeter	39
Tabel 4.5 Pengujian PWM	39
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kapal Tipe <i>Hall Connection</i>	40
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kapal Tipe <i>Diagonal Connection</i>	41



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat seiring perubahan zaman mengakibatkan kebutuhan manusia semakin bertambah. Teknologi mampu membantu kegiatan manusia menjadi lebih mudah dan cepat, oleh sebab itu perkembangan teknologi terus dilakukan agar mampu mengimbangi kebutuhan manusia. Salah satu bidang yang terkena dampak perkembangan teknologi adalah bidang transportasi. Contohnya pada bidang transportasi laut khususnya pada kapal, dimana kapal merupakan alat transportasi yang sangat penting di Indonesia mengingat luasnya daerah perairan Indonesia. Selain digunakan sebagai alat transportasi kapal juga bermanfaat dalam kegiatan militer contohnya pada kapal selam. Kapal bergerak menggunakan sistem penggerak *propeller* dengan bahan bakar solar.

Seperti yang kita ketahui bahwa sistem perkapalan di Indonesia menggunakan bahan bakar solar sebagai energi penggerak tentunya akan mengalami kesulitan, sebab solar berasal dari bahan bakar fosil yang semakin hari jumlahnya semakin menipis. Oleh sebab itu perlu adanya suatu inovasi baru berupa 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 (*Magnet Propulsion Technology*) dikenal dengan nama kapal magnetic. (Agung Prayudi, 2000).

Sistem penggerak medan magnet tersebut disebut dengan Magnetohidrodinamika (MHD). Magnetohidrodinamika (MHD) merupakan ilmu yang mempelajari tentang gerak dinamis dari penghantar listrik fluida dengan pengaruh medan magnetik disekitarnya. Fluida tersebut dapat berupa plasma, cairan

logam dan air garam yang dapat menghantarkan listrik. Magnetohidrodinamika (MHD) memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu mampu meminimalisir energi yang hilang sebab tidak menggunakan komponen mekanik seperti turbin sehingga efisiensi yang dihasilkan cukup tinggi hingga 50% , tidak menimbulkan polusi termal air, lebih sederhana dibandingkan sistem konvensional. Sebelumnya sudah pernah dilakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (Magnetic Propulsion) Pada Kapal” oleh Dwi Saputera Adi tahun 2015 dan oleh Muhammad Mawahib pada tahun 2017 dengan judul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika sebagai energi penggerak magnetik dengan menggunakan *Channel* tipe *Hall Connection*” didapatkan hasil bahwa tegangan dan arus berbanding lurus dengan daya dorong yang dihasilkan, sedangkan waktu tempuh semakin kecil saat tegangan dan arus besar. Sedangkan penelitian pada tahun 2019 oleh Setya Budi dengan judul “Analisis pengaruh lebar celah dan jarak anatar magnet terhadap daya dan jarak tempuh kapal pada MHD *channel* tipe *Hall*”. Dalam penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa semakin lebar jarak antar magnet maka daya dorong kapal akan semakin kecil sebab nilai kuat medan magnetnya kecil dan daya dorongnya besar jika jarak antar magnetnya kecil.

Berdasarkan uraian tersebut akan dibuat sebuah penelitian tentang “Efisiensi dan Daya dorong kapal pada MHD Propulsion Channel Tipe Hall Dengan Tipe Diagonal” dengan tujuan untuk merancang sistem MHD *propulsion* tipe *channel hall* dan tipe diagonal, membandingkan efisiensi kapal yang dihasilkan dari tipe *channel hall* dan tipe diagonal. Kapal MHD yang digunakan adalah *prototype* yang terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran 16cm x 25cm x 6cm. *channel* yang digunakan berukuran 2,5cm x 12cm x 2,5cm baik *channel* tipe *Hall* maupun diagonal ukuran *channel* yang digunakan sama.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana merancang sistem MHD propulsion tipe *channel hall* dan tipe *channel diagonal*?
2. Bagaimana perbandingan efisiensi kapal yang dihasilkan dari tipe *channel hall* dan tipe *channel Diagonal*?
3. Bagaimana perbandingan kekuatan daya dorong kapal yang dihasilkan dari tipe *channel hall* dan tipe *channel Diagonal*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan yang perlu dijelaskan, supaya pembahasan tugas akhir ini tidak meluas, seperti sebagai berikut :

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO.
2. Kapal yang digunakan adalah prototype.
3. Panjang lintasan sepanjang 1,5 meter.
4. Channel yang digunakan berukuran 12 x 2.5 x 2.5 cm,
5. Magnet yang digunakan berukuran 12 x 2 x 1 cm.
6. Kapasitas baterai maksimum sebesar 24 V.
7. Air yang digunakan adalah air laut yang didapat dari pantai puger tanpa menghitung jumlah kadar garam.
8. Penelitian ini berfokus pada perbandingan efisiensi dan daya dorong kapal.

1.4 Tujuan

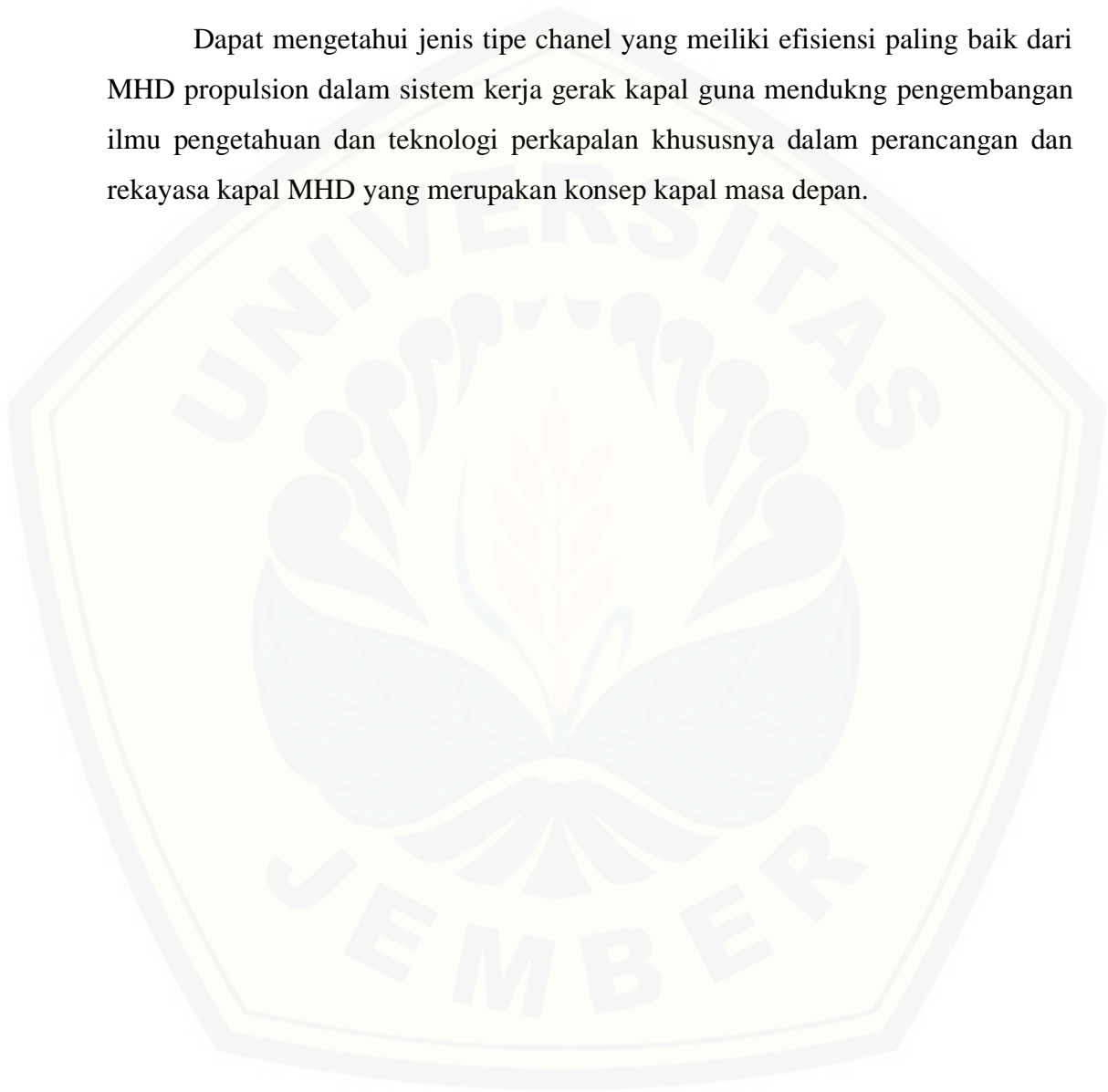
Adapun tujuan penelitian ini yaitu :

1. Merancang sistem MHD propulsion tipe *channel hall* dan tipe *channel diagonal*.
2. Membandingkan efisiensi kapal yang dihasilkan dari tipe *channel hall* dan tipe *channel diagonal*.

3. Membandingkan kekuatan daya dorong kapal yang dihasilkan dari tipe *channel* hall dan tipe *channel* diagonal.

1.5 Manfaat

Dapat mengetahui jenis tipe chanel yang memiliki efisiensi paling baik dari MHD propulsion dalam sistem kerja gerak kapal guna mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan khususnya dalam perancangan dan rekayasa kapal MHD yang merupakan konsep kapal masa depan.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Magnet

Magnet adalah suatu objek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnet) 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.

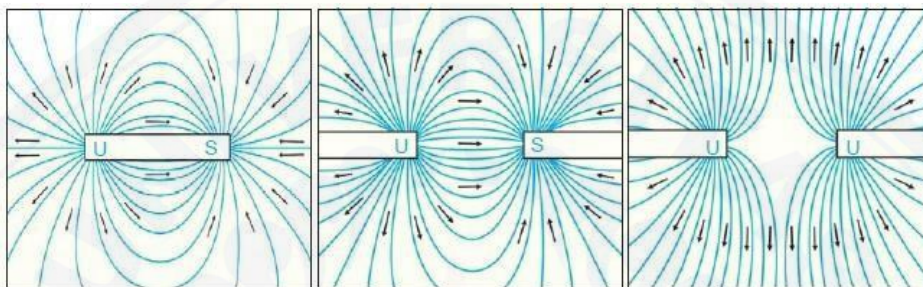
Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan. Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (north/ N) dan kutub selatan (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. (Wikipedia Ensiklopedia bebas 06/01/2020)

2.2 Medan Magnet

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 2.1 Arah Garis Gaya Medan Magnet

2.3 Magnetohidrodinamika

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.

Untuk gaya Lorentz yang ditimbulkan oleh arus listrik I , dalam satuan medan magnet (B), rumus yang digunakan menggunakan kaidah tangan kanan yaitu

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

Dimana :

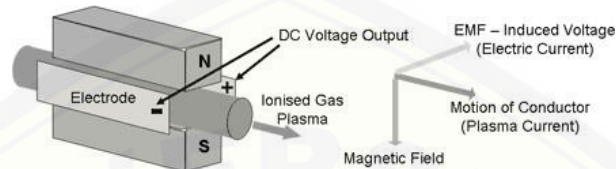
F = Gaya yang diukur (N)

B = Medan magnet dalam (T)

I = Arus listrik (A)

L = Panjang *channel* (m)

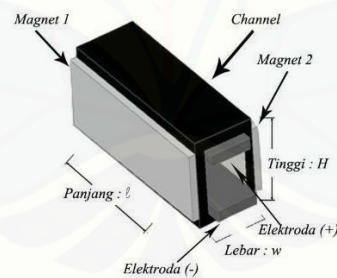
MHD pertama kali dipelajari oleh Faraday setelah mengetahui prinsip induksi elektromagnetik. Beliau mengetahui bahwa penghantaran yang biasanya dalam bentuk padat (besi), dapat dipakai juga untuk fluida. MHD memiliki hubungan langsung dengan dinamika-fluida dalam ilmu hidrodinamika dan elektromagnetik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



Gambar 2.2 Gaya yang Bekerja pada MHD (Wikipedia, 2013)

2.4 Channel Kapal

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



Gambar 2.3 *Channel* Kapal (Yudha, 2013)

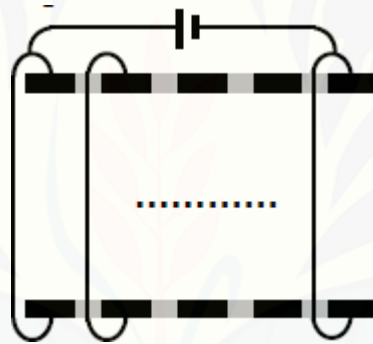
Channel MHD terdiri atas elektroda dan permukaan isolasi, permukaan elektroda-elektroda terdapat pada dua dinding yang berlawanan dari *channel*, dinding isolasi membentuk dinding lain *channel* dan berfungsi untuk mengisolasi listrik dari permukaan elektroda. Dalam kerjanya, *channel* MHD dikondisikan dengan adanya medan magnetik yang arah medannya diarahkan tegak lurus dengan permukaan elektroda. Magnet yang ditempatkan pada sisi horizontal akan menimbulkan medan magnet secara horizontal pula, lalu plat tembaga yang

ditempatkan pada bagian vertikal disambungkan dengan sumber DC maka akan mengalir arus secara vertikal dari atas ke bawah. Medan magnet dan arus listrik yang berpotongan tadi akan menyebabkan timbul gaya Lorentz yang arahnya masuk ke dalam *channel*, hal inilah yang menyebabkan kapal MHD dapat bergerak.

Berikut adalah tipe – tipe *channel* pada Magnetohidrodinamika (MHD) propulsion :

2.4.1 Channel Hall Connection

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*.



Gambar 2.4 *Channel Hall Connection* (Noboumi, 2006)

2.4.2 Channel Diagonall Connection.

Channel Diagonall Connection merupakan *channel* dengan posisi elektroda-elektroda saling berhadapan akan tetapi membentuk sudut antara tinggi dinding *channel* isolasi dengan panjang elektrodanya, sehingga ada sudut diagonal antar elektroda. Arah medan magnet dapat ditentukan menggunakan persamaan :

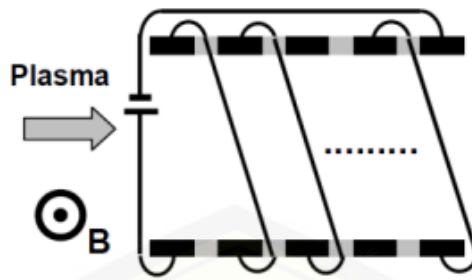
$$\frac{E_y}{E_x} = \tan \theta = \varphi \dots\dots(2)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

Dimana

θ = sudut medan listrik

φ = arah medan listrik



Gambar 2.5 Channel Diagonal Connection (Noboumi, 2006)

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

$$P = j \cdot E \dots\dots\dots (3)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

P = Kerapatan daya listrik *channel* (W/m^3)

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

E = Kerapatan medan listrik (V/m)

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

$$P_p = uj B \dots\dots\dots (4)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

P_p = Daya dorong komponen Lorentz (W)

u = Kecepatan (m/s)

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

B = Kerapatan medan magnet (T)

Daya dorong didapatkan dengan perumusan sebagai berikut:

$$P_d = P - P_p \dots\dots\dots (5)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

P_d = Daya disipasi (W)

P = Kerapatan daya listrik *channel* (W)

P_p = Daya dorong komponen Lorentz (W)

Efisiensi kapal dapat di hitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_p}{P} \dots \dots \dots (6)$$

dimana :

η = efisiensi (%)

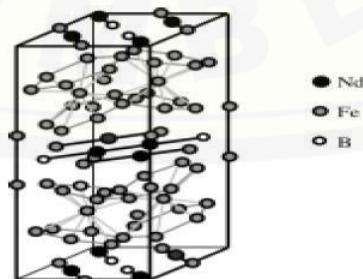
P_p = Daya dorong komponen Lorentz (W)

P = Kerapatan daya listrik *channel* (W)

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 $Nd_2Fe_{14}B$.

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 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2.6 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 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 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 dengan nikel, tembaga dan seng untuk meningkatkan ketahanan korosinya.

Untuk menghitung medan magnet yang ada magnet yang digunakan ini dapat menggunakan persamaan berikut ini :

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

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

Keterangan:

- B = Medan Magnet (Gauss)
- Br = Magnet sisa (Gauss)
- P = Panjang magnet (cm)
- l = Lebar magnet (cm)
- t = Tinggi Magnet (cm)
- X1 = Jarak medan magnet dengan magnet A (cm)
- X2 = Jarak medan magnet dengan magnet B (cm)



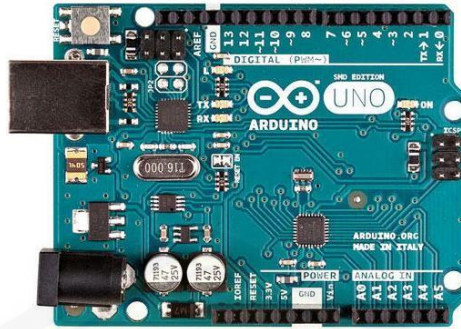
Gambar 2.7 Magnet Neodymium (Wikipedia, 2009)

2.6 Arduino UNO

Arduino didefinisikan sebagai sebuah *platform* elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, desainer dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif.

Arduino sebagai sebuah *platform* komputasi fisik (*physical computing*) yang *open source* pada *board input output* sederhana, yang dimaksud dengan *platform* komputasi fisik disini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi. Kelebihan arduino dari *platform hardware* mikrokontroler lain adalah:

1. IDE arduino merupakan *multiplatform*, yang dapat dijalankan dalam berbagai sistem operasi, seperti windows, macintosh dan linux.
2. IDE arduino dibuat berdasarkan pada IDE *processing*, yang sederhana sehingga mudah digunakan.
3. Pemrograman arduino menggunakan kabel yang terhubung dengan port USB, bukan *port serial*. Fitur ini berguna karena banyak komputer yang sekarang ini tidak memiliki port serial.
4. Arduino adalah *hardware* dan *open source software*. Pembaca bisa *download software* dan gambar rangkaian arduino tanpa harus membayar ke pembuat arduino.
5. Biaya *hardware* cukup murah, sehingga tidak terlalu menakutkan untuk membuat kesalahan.
6. Proyek arduino ini dikembangkan dalam lingkungan pendidikan sehingga pemula akan lebih cepat dan mudah mempelajarinya.
7. Memiliki begitu banyak pengguna dan komunitas di internet yang dapat membantu setiap kesulitan yang dihadapi.



Gambar 2.8 Board Arduino UNO (Sumber: <http://arduino.cc>)

Pada *hardware* arduino terdiri dari 20 pin yang meliputi:

1. 14 pin IO digital (pin 0–13)

Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.

2. 6 pin *input* analog (pin 0–5)

Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai *input* yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.

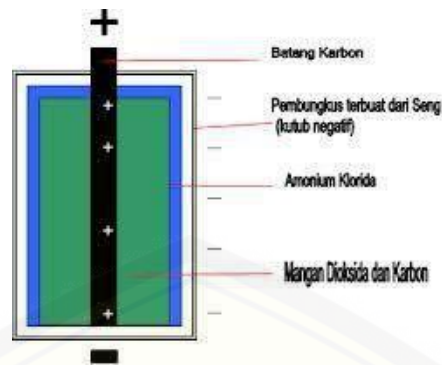
3. 6 pin *output* analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin *output* analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

2.7 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 2.9 Komponen Baterai (Gugun, 2014)

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.

Dan inilah 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.

2.8 Sensor

Sensor merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik berbentuk angka satuan yang kita inginkan sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan berbagai gabungan komponen. 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 konvertor dari *transducer* untuk dirubah menjadi energi listrik. Dengan sensor tersebut mempermudah untuk menganalisa suatu permasalahan.

2.8.1 Sensor Arus ACS712-20

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ammeter atau dapat disimpan

untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol.

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 2.10 Sensor Arus ACS712-20

2.8.2 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 :

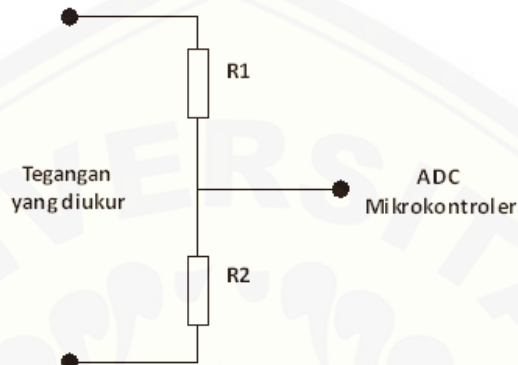
$$\text{Tegangan} = \text{ADC}/1023 * 5\text{V}$$

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. 11 Rangkaian 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.

2.9 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.

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. Data logger ini mengunaka SD-card untuk menyimpan data yang kita inginkan. 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*.



Gambar 2.11 Modul SD Card

2.10 LCD

Display LCD sebuah liquid crystal atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Ada dua jenis utama layar LCD yang dapat menampilkan numerik (digunakan dalam jam tangan, kalkulator dll) dan menampilkan teks alfanumerik (sering digunakan pada mesin foto kopi dan telepon genggam). Dalam menampilkan numerik ini kristal yang dibentuk menjadi bar, dan dalam menampilkan alfanumerik kristal hanya diatur kedalam pola titik. Setiap kristal memiliki sambungan listrik individu sehingga dapat dikontrol secara independen. Ketika kristal off (yakni tidak ada arus yang melalui kristal) cahaya kristal terlihat sama dengan bahan latar belakangnya, sehingga kristal tidak dapat terlihat. Namun ketika arus listrik melewati kristal, itu akan merubah bentuk dan menyerap lebih

banyak cahaya. Hal ini membuat kristal terlihat lebih gelap dari penglihatan mata manusia sehingga bentuk titik atau bar dapat dilihat dari perbedaan latar belakang.

Untuk keperluan antar muka suatu komponen elektronika dengan mikrokontroler, perlu diketahui fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen tersebut.

- a. Kaki 1 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
- b. Kaki 2 (VCC) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (*Ground*).
- c. Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada cermet. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
- d. Kaki 4 (RS) : *Register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
- e. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *Ground*.
- f. Kaki 6 (E) : *Enable Clock LCD*, kaki mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau membacaan data.
- g. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kaki LCD ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
- h. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* LCD sekitar 4,5 volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki *backlight*)
- i. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif *backlight* LCD sebesar 0 volt (hanya terdapat pada LCD yang memiliki *backlight*).

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian “Analisis Perbandingan Efisiensi Daya Dorong Kapal Pada Kapal MHD *Propulsion Channel* tipe *Hall* dengan *channel* tipe Diagonal” dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2020 di Laboratorium Sistem Tenaga, 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. Potensiometer
2. Solder
3. Kabel
4. Gergaji Besi
5. Penggaris
6. Spidol
7. Avometer
8. PCB
9. Aquarium
10. Arduino UNO
11. LCD 16x2
12. Sensor Arus
13. Sensor Tegangan
14. Data Logger
15. Mosfet
16. Baterai 12V 2 buah
17. Lempengan tembaga
18. Magnet Neodymium
19. Akrilik
20. Lem FOX

3.3 Perancangan Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur		■	■	■												
3	Pembuatan Desain Kapal				■	■	■	■	■								
4	Pembelian Alat dan Bahan			■	■	■	■										
5	Perakitan Kapal						■	■	■	■	■	■	■				
6	Pengujian Alat											■	■	■	■		
7	Analisa Data												■	■	■	■	■
8	Penulisan Laporan dan Kesimpulan													■	■	■	■

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan secara bertahap diuraikan sesuai langkah – langkah berikut :

a. Perumusan Masalah

Merumuskan masalah dari beberapa masalah yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari yang berhubungan dengan magnetohidro yang akan dijadikan fokus masalah pada penelitian ini.

b. Studi literatur terhadap objek dan penelitian

Mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang magnetohidro dan juga mempelajari tentang medan magnet sehingga pada penelitian kali ini diharapkan berjalan maksimla dan dapat mengatasi kekurangan dan kesalahan penelitian sebelumnya.

c. Merancang kapal MHD.

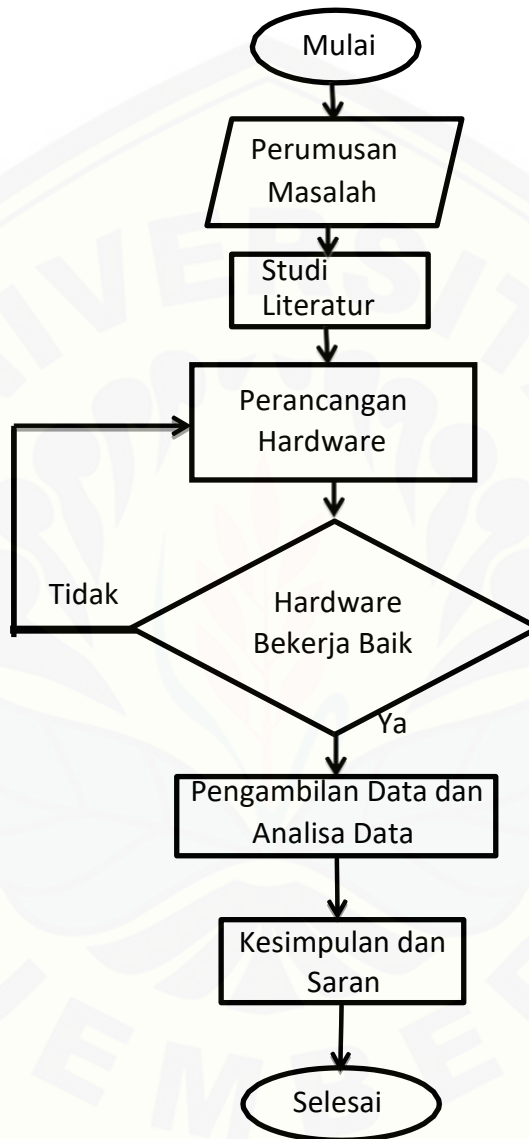
Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal yang meliputi:

1. Membuat model kapal MHD beserta pemodelan *channel* dan penempatan alat alat yang ada.

2. Membuat pola pada akrilik keemudian memotongnya sesuai dengan pola yang ada dengan bantuan gergaji.
 3. Lem sisi kapal mengguankan lem FOX agar kapal tidak bocor.
 4. Meletakkan baterai dan komponen pada posisi kapal.
 5. Meletakkan magnet pada bagian sisi kanan dan kiri *channel*.
 6. Menyambungkan baterai dengan terminal positif dan negatif pada anoda dan katoda *channel*.
 7. Menguji alat pada aquarium berisi air garam.
- d. Pengambilan data
Pengambilan data mengenai arus, tegangan yang mempengaruhi laju kapal, dan menghitung besar gaya dorong yang dihasilkan kapal.
- e. Analisis sistem
Menganalisa kinerja dari alat yang telah dibuat apakah sesuai dengan permintaan/ kehendak, dan akan dilakukan perbaikan ketika terdapat kesalahan.
- f. Pengambilan kesimpulan dan saran
Pengambilan kesimpulan dari semua hasil analisis data yang telah didapat berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan.

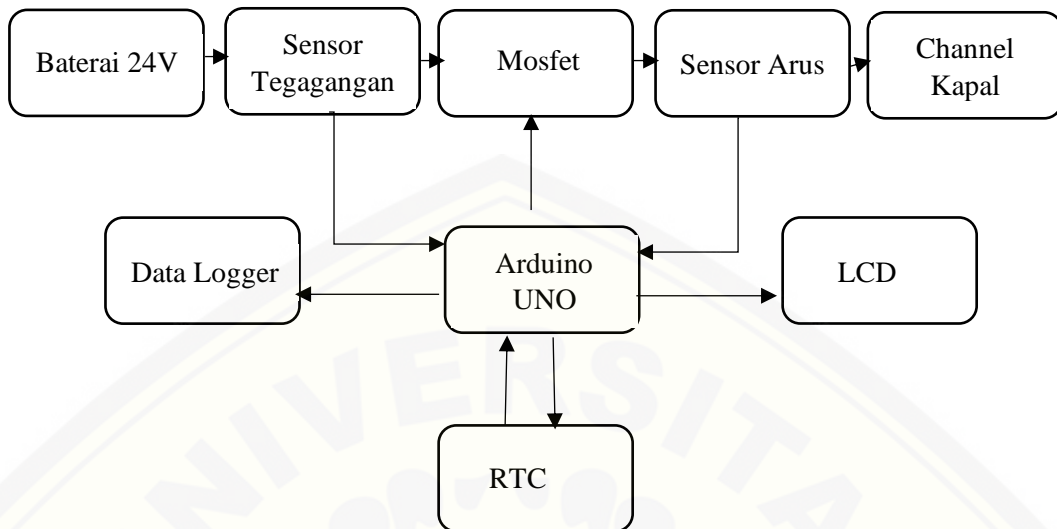
3.5 Diagram Alir Penelitian

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



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

3.6 Blok Diagram Sistem



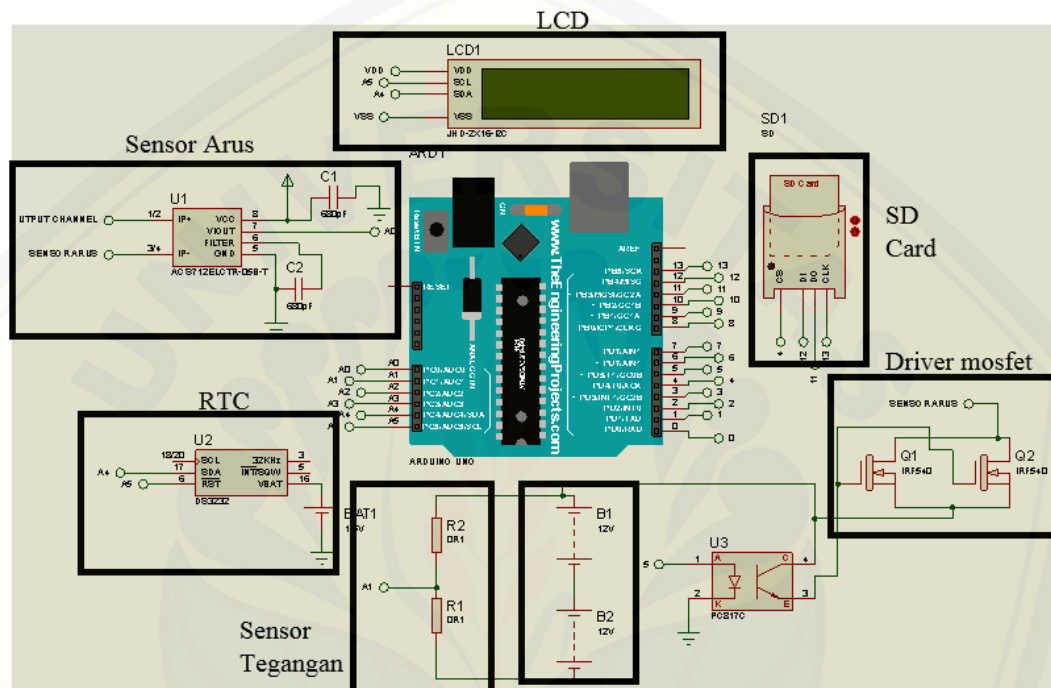
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Sistem yang diusulkan seperti pada gambar 3.2 terdiri beberapa unit yaitu baterai, sensor tegangan, driver mosfet, sensor arus, arduino, Data logger, LCD, dan *channel* kapal. Unit-unit ini terhubung sesuai dengan diagram blok yang ditampilkan pada gambar 3.2. Penjelasan mengenai bagian-bagiannya yaitu sebagai berikut:

1. Baterai dengan tegangan sebesar 24V.
2. Sensor tegangan yang digunakan untuk membaca nilai tegangan baterai. Sensor tegangan menuju pin ADC (A0) pada arduino.
3. Driver mosfet digunakan untuk mengatur besar kecilnya tegangan baterai. Dikontrol oleh arduino dengan menghubungkan pada pin 10.
4. Sensor arus membaca seberapa besar arus yang keluar menuju *channel* kapal.
5. Arduino adalah sebagai otak dari sistem.
6. Data tegangan dan arus disimpan dalam data logger dan ditampilkan pada LCD 16x2.
7. RTC (*Real Time Clock*) digunakan untuk menunjukkan waktu hari itu pada data logger.
8. Data logger digunakan untuk menyimpan data tegangan, arus dan PWM.

3.7 Perancangan Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan rangkaian secara menyeluruh pada sistem kapal magnetohidrodinamika dengan mengacu pada diagram blok sistem di sub bab 3.6. Berikut ini adalah rangkaian secara keseluruhan sistem kapal magnetohidrodinamika.



Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Kapal Magnetohidrodinamika

Untuk penjelasan lebih detail pada setiap komponen akan dijelaskan pada bagian berikut ini.

3.7.1 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.

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

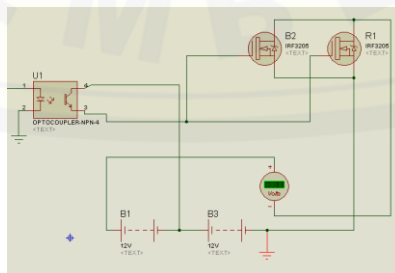
$$\begin{aligned} \text{Beban maksimum} &= 16,6 \text{ mA} \cdot 30 \text{ C} \\ &= 500,01 \text{ mA} \end{aligned}$$

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

3.7.2 Rangkaian Mosfet

Rangkaian mosfet terdapat dalam driver motor. Driver motor merupakan suatu sistem yang dapat mengontrol tegangan yang akan diteruskan ke motor dan juga dapat mengubah arah putar motor. Misalkan suplay motor 12V maka kita dapat mengatur tegangan dari suplay untuk masuk ke motor dengan driver motor. Nilai tegangan dapat diatur dengan mengubah nilai PWM. Sinyal PWM dibangkitkan dari arduino pin 5 dan 6. Dalam rangkaian ini menggunakan driver motor BTS 7960. Nilai tegangan yang dihasilkan bergantung dari nilai PWM yang dimasukkan ke dalam program, jika PWM bernilai maksimal yaitu 255 maka tegangan keluarannya akan 100% dari tegangan masukannya. Untuk menghasilkan tegangan keluaran bernilai 50% dari tegangan masukan maka nilai PWM nya menjadi 127. Berikut adalah persamaan untuk menentukan nilai PWM

$$\text{nilai PWM} = \frac{\text{tegangan yang dicari} \cdot \text{nilai PWM maksimal}}{\text{nilai tengan Maksimal}}$$

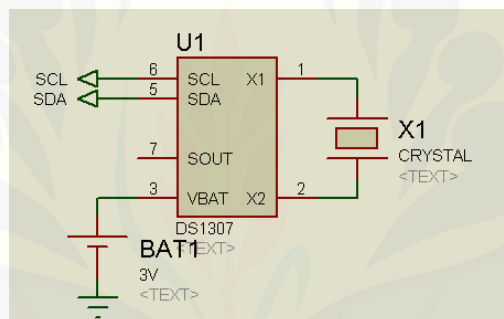


Gambar 3.4 Rangkaian *Driver* Mosfet

3.7.3 Rangkaian RTC

RTC (Real time clock) adalah jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut secara real time. Karena jam tersebut bekerja real time, maka setelah proses hitung waktu dilakukan *output* datanya langsung disimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka.

IC RTC yang digunakan yaitu DS1307. RTC dilengkapi dengan baterai CR2032 dengan tegangan sebesar 3V sebagai pensuplai 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.

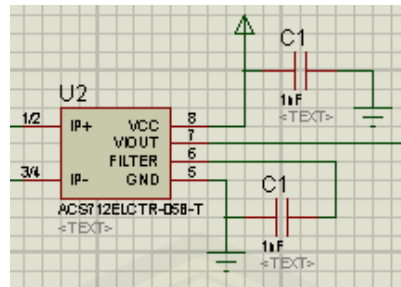


Gambar 3.5 Rangkaian RTC menggunakan IC DS1307

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.

3.7.4 Rangkaian Sensor Arus

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



Gambar 3.6 Rangkaian Sensor Arus

3.7.5 Rangkaian 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.

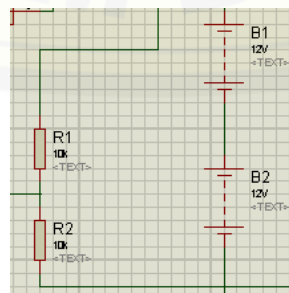
Sedangkan untuk perhitungan sensor tegangan yang digunakan dapat dilihat pada perhitungan menggunakan rumus prinsip pembagi tegangan. Perhitungannya sebagai berikut ini :

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

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

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

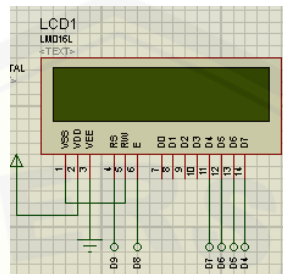
$$R_2 = \frac{92400}{19,8} = 4666,67\Omega \approx 4k7\Omega$$



Gambar 3.7 Rangkaian sensor tegangan

3.7.6 Rangkaian 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.



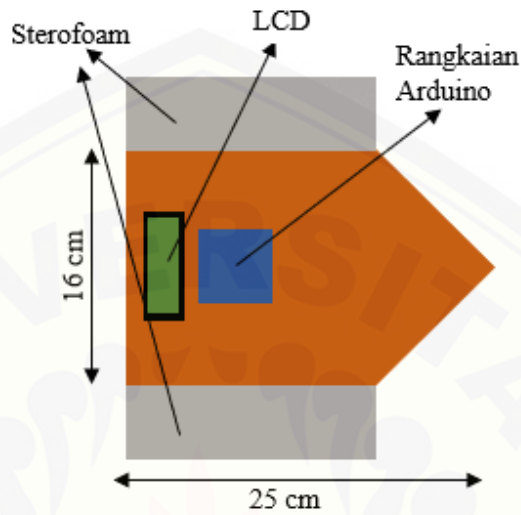
Gambar 3.8 LCD 16x2

3.8 Desain *Prototype* Kapal MHD

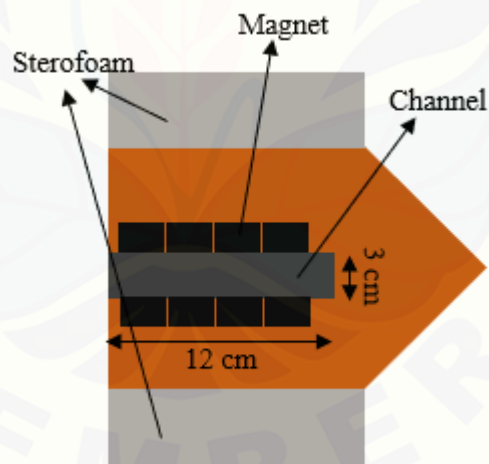
Magnetohidrodinamika merupakan gagasan visioner yang teruji yang diaplikasikan dalam teknologi penggerak kapal dengan metode gejala kemagnetan ramah lingkungan. Konsepnya adalah sebuah fluida yang mengalir pada Channel yang disekelilingi terdapat sebuah kumparan yang menghasilkan medan magnet. Pergerakan ini merupakan bentuk fokus untuk penguji coba, karena kemungkinan adanya reponansi antara bagian yang berputar pada MHD pertubation dan pengandaan struktur yang mengelilingi fluida sehingga terjadi pergerakan fluida. Dengan menggunakan teknologi magnetohidrodinamika pada pengantian peggerak 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.

Berikut ini adalah desain *Prototype* kapal MHD yang akan di teliti, *prototype* kapal ini terbuat dari bahan akrilik dengan ukuran Panjang 16 cm, lebar 25 cm dan tingginya 6 cm. Pada kedua sisi kapal diberi sterofom yang berfungsi untuk membantu kapal mengapung diatas air, sebab bodi dari *prototype* kapal ini

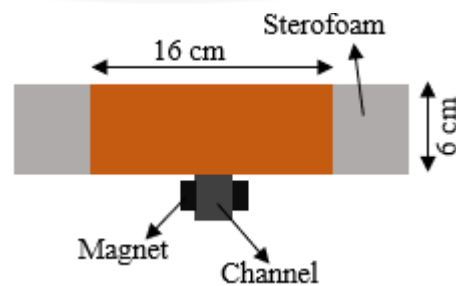
cukup berat. Pada bagian dalam kapal terdapat rangkaian Arduino yang berfungsi sebagai *microcontroller* untuk mengatur modul – modul seperti sensor tegangan, sensor arus, PWM, LCD, RTC dan SD *card*.



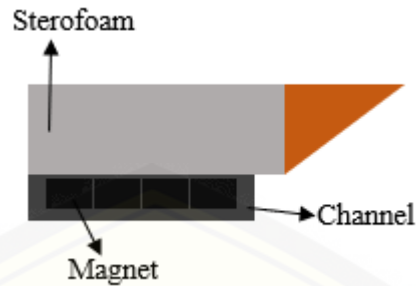
Gambar 3.9 Desain 2D Kapal tampak atas



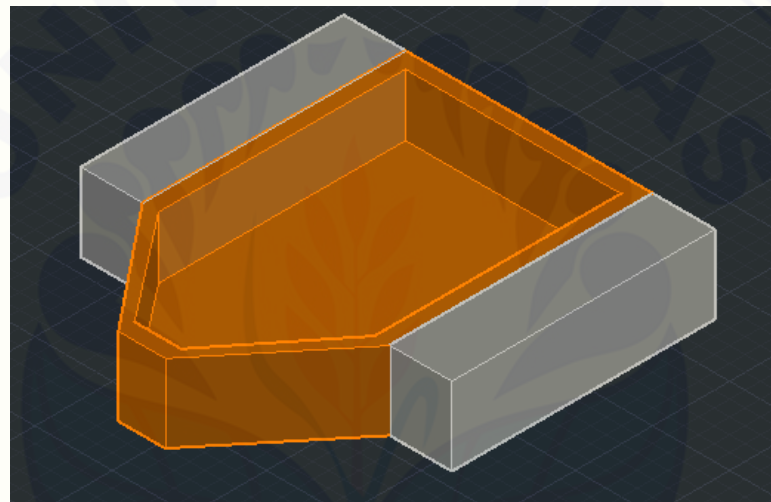
Gambar 3.10 Desain 2D Kapal tampak bawah



Gambar 3.11 Desain 2D Kapal tampak belakang



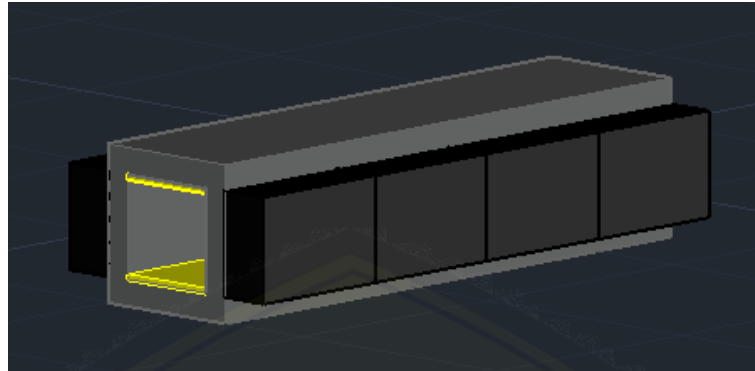
Gambar 3.12 Desain 2D Kapal tampak samping



Gambar 3.13 Desain 3D Kapal

3.9 Desain *channel* kapal

Channel kapal merupakan alat penggerak utama dari kapal yang memanfaatkan medan magnet dengan arus listrik yang akan menimbulkan gaya lorentz. Ukuran dari *channel* yaitu 12cm x 2,5cm x 2,5cm. *Channel* kapal yang digunakan pada kapal ini yaitu *channel* kapal jenis *Hall* tipe *Diagonal* dengan menggunakan aluminium sebagai penghantar tegangan dari baterai. *Channel Hall* ini hampir sama dengan *channel* tipe *Diagonal* akan tetapi letak perbedaan dari kedua *channel* tipe 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 3.14 Desain 3D Channel Kapal

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).

BAB 5 PENUTUP

Berdasarkan analisis data hasil pengujian *Prototype* Kapal MHD *Propulsion* dengan *channel* tipe *Hall Connection* dengan tipe *Diagonal Connection* yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nilai arus yang dihasilkan pada *channel* tipe Diagonal lebih besar dibandingkan arus yang dihasilkan oleh *channel* tipe *Hall*. Dengan tegangan masukan yang sama yaitu 24 V, tipe Diagonal mampu menghasilkan arus sebesar 15,34 Ampere, sedangkan tipe *Hall* arus yang dihasilkan sebesar 8,12 Ampere.
2. *Channel* tipe Diagonal mampu menghasilkan daya dorong paling besar sebesar 17,787 Watt, sedangkan pada tipe *Hall* daya dorong paling besar yang dihasilkan sebesar 12,358 Watt. *Channel* tipe Diagonal mampu menghasilkan daya dorong terbesar sebab arus yang dihasilkan pada tipe Diagonal juga besar. Semakin besar arus yang dihasilkan maka nilai daya dorongnya akan semakin besar juga.
3. Besar nilai tegangan yang masuk ke dalam *channel* akan mempengaruhi kecepatan laju kapal, semakin besar nilai tegangannya maka kapal akan melaju lebih cepat. Pada *channel* *Hall* dengan tegangan sebesar 22V kapal melaju dengan kecepatan 0,015 m/s sedangkan ketika tegangan nya menjadi 24V kecepatan kapal menjadi 0,019 m/s. Pada *channel* Diagonal dengan tegangan 22V kecepatan kapal sebesar 0,010 m/s, sedangkan ketika tegangan 24V kecepatannya 0,014 m/s. Dari kedua tipe *channel* tersebut tipe *Hall* memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan tipe Diagonal.
4. Dari kedua *channel* yang telah diteliti yaitu tipe *Hall* dengan Diagonal yang memiliki nilai efisiensi paling tinggi adalah *channel* tipe *Hall* dengan nilai

efisiensi sebesar 5,09%, sedangkan tipe Diagonal nilai efisiensinya sebesar 3,87%. Hal ini dapat terjadi karena pada kapal dengan *channel* tipe *Hall* nilai kecepatannya lebih tinggi dibandingkan tipe Diagonal sehingga mengakibatkan nilai efisiensinya kecil.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat dipertimbangkan pada penelitian 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 penambahan beban pada rangkain kapal agar tidak merusak komponen baterai, sebab tanpa ada beban akan menghasilkan nilai arus yang sangat besar akibat terjadi *short circuit*.
4. Perlunya penambahan navigasi kapal agar kapal magnetohidrodinamika lebih mudah saat pengendalian arah.
5. Desain kapal perlu ditingkat lagi agar kapal mampu berjalan dengan sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Nobuomi Sakamoto, Junichi Kondo, Nobuhiro Harada, *Computational Study of MHD Accelerator*. AIAA paper 2006-2893.
- 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.
- Litchford, Ron J. 2003. *Performance Theory of Diagonal Conducting Wall MHD Accelerators*. AIAA paper 2003-4284.
- 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.
- Hardianto, T. (2014). Pandangan penelitian tentang *generator* dan *akselerator* magnetohidrodinamika.
- Santoso, Hari. 2015. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. Elang Sakti.
- Halliday, David. 1993. *Fisika jilid 2 edisi ketiga*. Penerbit Erlangga.
- Abdullah, Mikrajuddin. 2017. *Fisika Dasar II*. Institut Teknologi Bandung.
- Budhiarto, Widodo. 2005. *Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- International Magnetic Solutions PTY LTD. 2010. Australian Magnetic Solutions has created this on-line calculator to analyse a range of common magnetic applications and generate graphs of magnetic flux density (induction) / force / current etc. <http://www.magneticsolutions.com.au/fluxgraphs-entry.html>. [8 Januari 2020]
- Adi, Dwi S. 2015. Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Magnetik (*Magnetic Propulsion*) Pada Kapal.

- Ratno, Nur Dwi. 2016. Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall*.
- Mawahib, Munhammad, 2017. Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Meganetik Pada Kapal Dengan Menggunakan *Channel tipe Hall Connection* .
- Budi, Setya. 2020. Analisis Pengaruh Lebar Celah Dan Jarak Antar Magnet Terhadap Daya Dan Jarak Tempuh Kapal Pada Mhd *Channel Tipe Hall*.



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);  
}
```

Perhitungan

1. Perhitungan Medan Fluks magnet

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

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{20.120}{2.25 \sqrt{4.25^2 + 20^2 + 120^2}} \right) - \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{20.120}{2(25+10) \sqrt{4(25+10)^2 + 20^2 + 120^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{20.120}{0 \sqrt{4.0^2 + 20^2 + 120^2}} \right) - \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{20.120}{2(0+10) \sqrt{4.(0+10)^2 + 20^2 + 120^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{2400}{6576,473} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{2400}{12983,06589} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{2400}{0} \right) - \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{2400}{1173,030} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} [\tan^{-1} 0,364937254 - \tan^{-1} 0,184856182 + \tan^{-1} \infty - \tan^{-1} 2,045]$$

$$B = \frac{12300}{180} [20,0489 - 10,47325046 + 90,00 - 63,94147985]$$

$$B = \frac{12300}{180} . 35,63416969$$

$$B = 2435,001595 \text{ G}$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T}$$

2. Perhitungan nilai PWM

- **Tegangan 22V**

$$\text{nilai PWM} = \frac{\text{nilai tegangan yang dicari} \cdot \text{nilai PWM maksimal}}{\text{nilai tegan Maksimal}}$$

$$\begin{aligned}\text{nilai PWM} &= \frac{22V \cdot 255}{24V} \\ &= 234\end{aligned}$$

- **Tegangan 23V**

$$\text{nilai PWM} = \frac{\text{nilai tegangan yang dicari} \cdot \text{nilai PWM maksimal}}{\text{nilai tegan Maksimal}}$$

$$\begin{aligned}\text{nilai PWM} &= \frac{23V \cdot 255}{24V} \\ &= 242\end{aligned}$$

- **Tegangan 24V**

$$\text{nilai PWM} = \frac{\text{nilai tegangan yang dicari} \cdot \text{nilai PWM maksimal}}{\text{nilai tegan Maksimal}}$$

$$\begin{aligned}\text{nilai PWM} &= \frac{24V \cdot 255}{24V} \\ &= 255\end{aligned}$$

3. Perhitungan tipe Hall

- **Tegangan 22V**

$$u = 0,015 \text{ m/s.}$$

$$v = p \times l \times t = 12\text{cm} \times 2,5\text{cm} \times 2,5\text{cm} = 75 \text{ cm}^3 = 0,000075 \text{ m}^3.$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T.}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{6,35 \text{ A}}{0,003 \text{ M}^2} = 2116,667 \text{ A/m}^2.$$

$$E = \frac{V}{D} = \frac{22 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1100 \text{ V/m.}$$

$$P = J \times E \times v = 2116,667 \text{ A/m}^2 \times 1100 \text{ V/m} \times 0,000075 \text{ m}^3 = 174,625 \text{ Watt.}$$

$$P_p = u \times J \times B = 0,015 \text{ m/s} \times 2116,667 \text{ A/m}^2 \times 0,2435001595 \text{ T} = 7,731 \text{ Watt.}$$

$$P_d = P - P_p = 174,625 \text{ Watt} - 7,731 \text{ Watt} = 166,894 \text{ Watt.}$$

$$\eta = \frac{P_p}{P} = \frac{7,731 \text{ Watt}}{174,625 \text{ Watt}} \times 100\% = 4,43\%.$$

➤ Tegangan 23V

$$u = 0,017 \text{ m/s.}$$

$$v = p \times l \times t = 12\text{cm} \times 2,5\text{cm} \times 2,5\text{cm} = 75 \text{ cm}^3 = 0,000075 \text{ m}^3.$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T.}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{7,30 \text{ A}}{0,003 \text{ M}^2} = 2433,333 \text{ A/m}^2.$$

$$E = \frac{V}{D} = \frac{23 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1150 \text{ V/m.}$$

$$P = J \times E \times v = 2433,333 \text{ A/m}^2 \times 1150 \text{ V/m} \times 0,000075 \text{ m}^3 = 209,875 \text{ Watt.}$$

$$P_p = u \times J \times B = 0,017 \text{ m/s} \times 2433,333 \text{ A/m}^2 \times 0,2435001595 \text{ T} = 9,875 \text{ Watt.}$$

$$P_d = P - P_p = 209,875 \text{ Watt} - 9,875 \text{ Watt} = 200,000 \text{ Watt.}$$

$$\eta = \frac{P_p}{P} = \frac{9,875 \text{ Watt}}{209,875 \text{ Watt}} \times 100\% = 4,71\%.$$

➤ Tegangan 24V

$$u = 0,019 \text{ m/s.}$$

$$v = p \times l \times t = 12\text{cm} \times 2,5\text{cm} \times 2,5\text{cm} = 75 \text{ cm}^3 = 0,000075 \text{ m}^3.$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T.}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{8,12 \text{ A}}{0,003 \text{ M}^2} = 2706,667 \text{ A/m}^2.$$

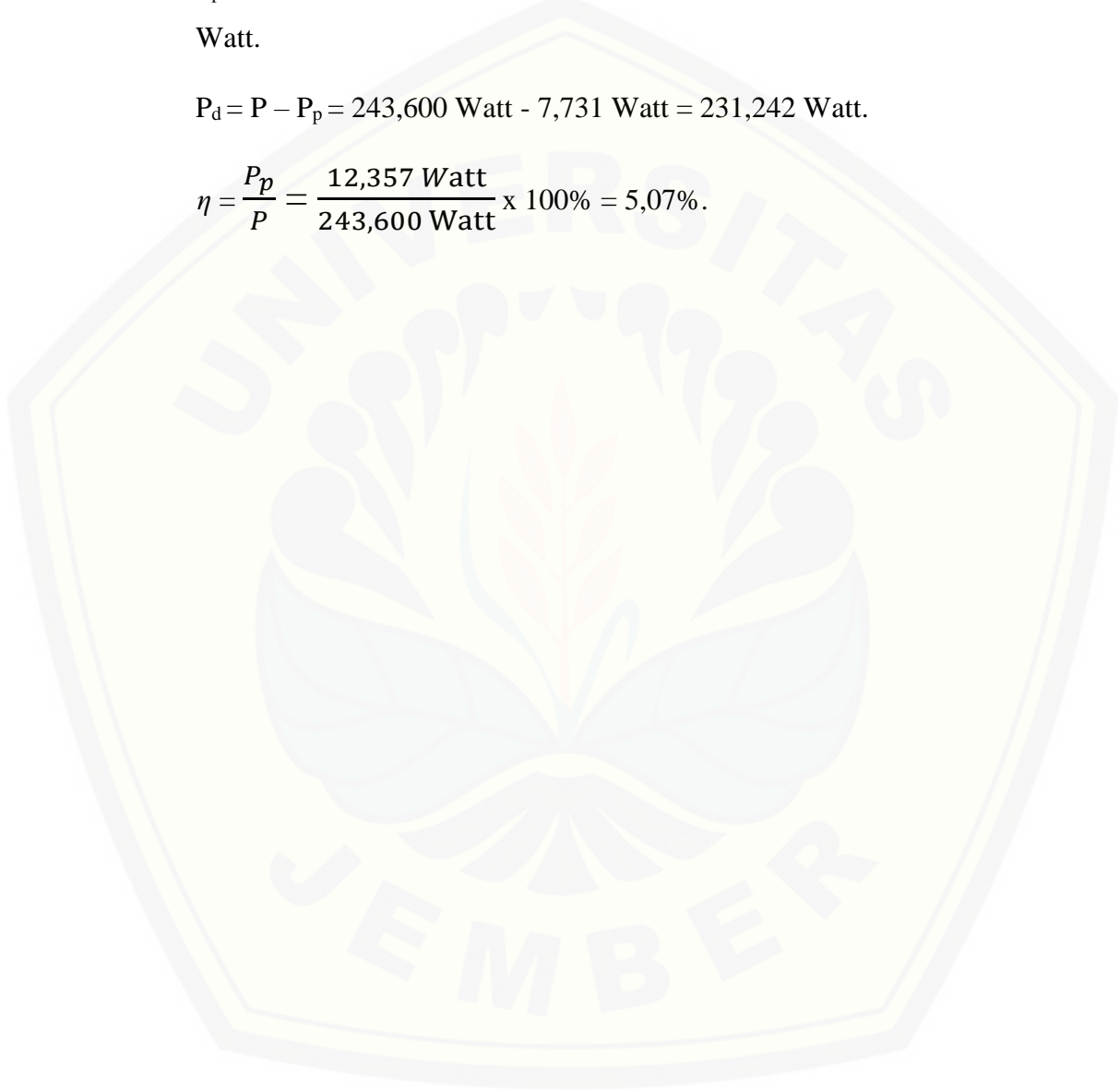
$$E = \frac{V}{D} = \frac{24 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1200 \text{ V/m.}$$

$$P = J \times E \times v = 2706,667 \text{ A/m}^2 \times 1200 \text{ V/m} \times 0,000075 \text{ m}^3 = 243,600 \text{ Watt.}$$

$$P_p = u \times J \times B = 0,019 \text{ m/s} \times 2706,667 \text{ A/m}^2 \times 0,2435001595 \text{ T} = 12,357 \text{ Watt.}$$

$$P_d = P - P_p = 243,600 \text{ Watt} - 7,731 \text{ Watt} = 231,242 \text{ Watt.}$$

$$\eta = \frac{P_p}{P} = \frac{12,357 \text{ Watt}}{243,600 \text{ Watt}} \times 100\% = 5,07\%.$$



4. Perhitungan tipe Diagonal

➤ Tegangan 22V

$$u = 0,010 \text{ m/s.}$$

$$v = p \times l \times t = 12\text{cm} \times 2,5\text{cm} \times 2,5\text{cm} = 75 \text{ cm}^3 = 0,000075 \text{ m}^3.$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T.}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{13,79 \text{ A}}{0,003 \text{ M}^2} = 4596,667 \text{ A/m}^2.$$

$$E = \frac{V}{D} = \frac{22 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1100 \text{ V/m.}$$

$$P = J \times E \times v = 4596,667 \text{ A/m}^2 \times 1100 \text{ V/m} \times 0,000075 \text{ m}^3 = 379,225 \text{ Watt.}$$

$$P_p = u \times J \times B = 0,010 \text{ m/s} \times 4596,667 \text{ A/m}^2 \times 0,2435001595 \text{ T} = 10,831 \text{ Watt.}$$

$$P_d = P - P_p = 379,225 \text{ Watt} - 10,831 \text{ Watt} = 368,393 \text{ Watt.}$$

$$\eta = \frac{P_p}{P} = \frac{10,831 \text{ Watt}}{379,225 \text{ Watt}} \times 100\% = 2,86\%.$$

➤ Tegangan 23V

$$u = 0,012 \text{ m/s.}$$

$$v = p \times l \times t = 12\text{cm} \times 2,5\text{cm} \times 2,5\text{cm} = 75 \text{ cm}^3 = 0,000075 \text{ m}^3.$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T.}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{14,86 \text{ A}}{0,003 \text{ M}^2} = 4953,333 \text{ A/m}^2.$$

$$E = \frac{V}{D} = \frac{23 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1150 \text{ V/m.}$$

$$P = J \times E \times v = 4953,333 \text{ A/m}^2 \times 1150 \text{ V/m} \times 0,000075 \text{ m}^3 = 427,225 \text{ Watt.}$$

$$P_p = u \times J \times B = 0,012 \text{ m/s} \times 4953,335 \text{ A/m}^2 \times 0,2435001595 \text{ T} = 13,916 \text{ Watt.}$$

$$P_d = P - P_p = 427,225 \text{ Watt} - 13,916 \text{ Watt} = 413,308 \text{ Watt.}$$

$$\eta = \frac{P_p}{P} = \frac{13,916 \text{ Watt}}{427,225 \text{ Watt}} \times 100\% = 3,26\%.$$

➤ **Tegangan 24V**

$$u = 0,014 \text{ m/s.}$$

$$v = p \times l \times t = 12\text{cm} \times 2,5\text{cm} \times 2,5\text{cm} = 75 \text{ cm}^3 = 0,000075 \text{ m}^3.$$

$$B = 0,2435001595 \text{ T.}$$

$$J = \frac{I}{A} = \frac{15,34 \text{ A}}{0,003 \text{ M}^2} = 5113,333 \text{ A/m}^2.$$

$$E = \frac{V}{D} = \frac{24 \text{ V}}{0,02 \text{ m}} = 1200 \text{ V/m.}$$

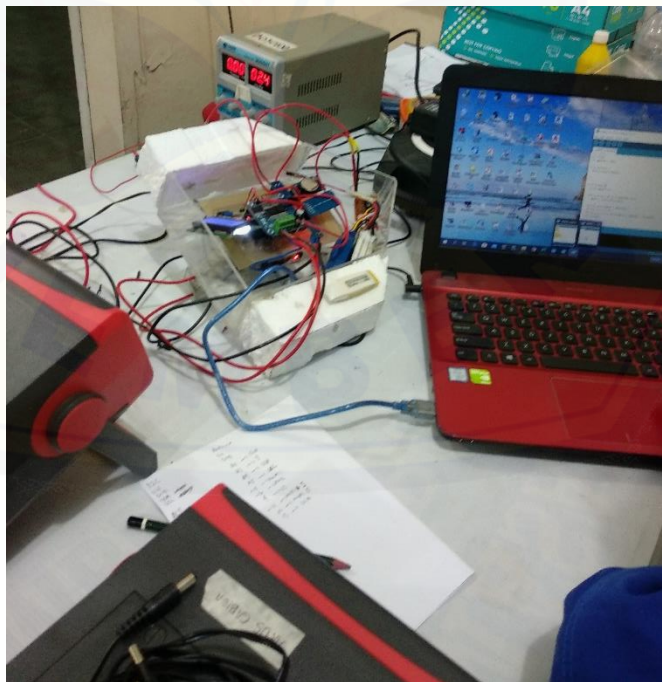
$$P = J \times E \times v = 5113,333 \text{ A/m}^2 \times 1200 \text{ V/m} \times 0,000075 \text{ m}^3 = 460,200 \text{ Watt.}$$

$$P_p = u \times J \times B = 0,014 \text{ m/s} \times 5113,333 \text{ A/m}^2 \times 0,2435001595 \text{ T} = 17,787 \text{ Watt.}$$

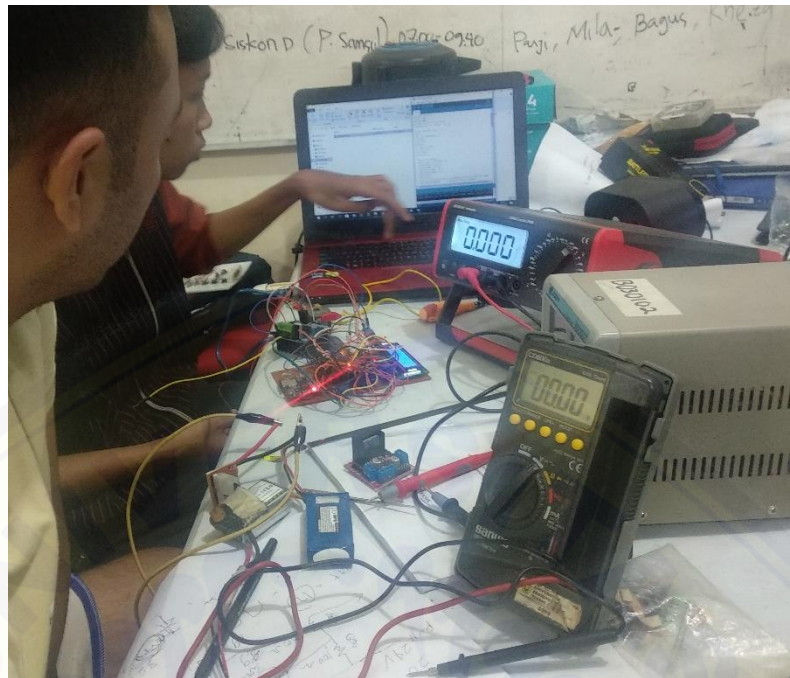
$$P_d = P - P_p = 460,200\text{Watt} - 17,787 \text{ Watt} = 442,413 \text{ Watt.}$$

$$\eta = \frac{P_p}{P} = \frac{17,787 \text{ Watt}}{460,200 \text{ Watt}} \times 100\% = 3,87\%.$$

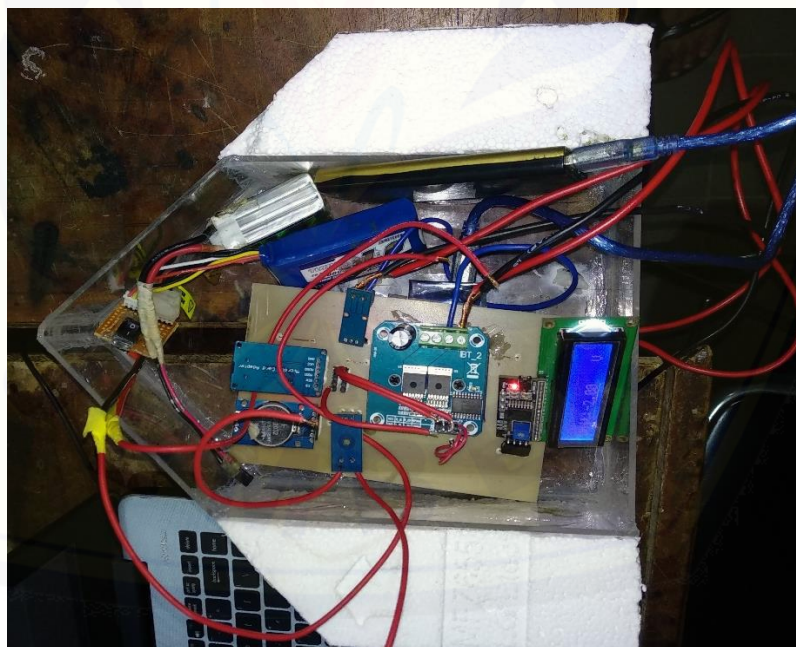
B. Dokumentasi Penelitian



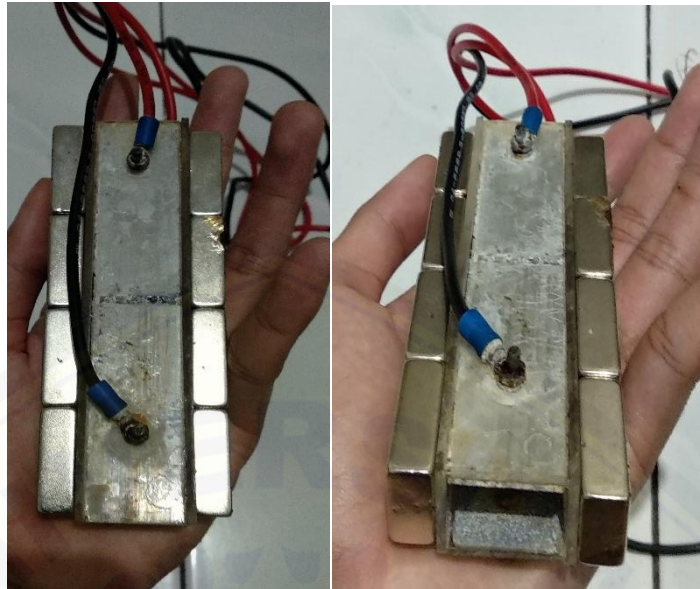
Gambar 1 Kalibrasi sensor Arus



Gambar 2 Kalibrasi Sensor Tegangan



Gambar 3 Bentuk Keseluruhan badan Kapal



Gambar 4 *Channel* beserta Magnet yang telah dipasang



Gambar 5 Kolam Air Laut



Gambar 6 Rangkaian tampak atas

