



**PEMANFAATAN MAGNETOHIDRODINAMIKA SEBAGAI ENERGI
PENGGERAK (*MAGNETIC PROPULSION*)
PADA KAPAL**

SKRIPSI

Oleh

**DWI SUPUTERA ADI
NIM 111910201064**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PEMANFAATAN MAGNETOHIDRODINAMIKA SEBAGAI ENERGI
PENGGERAK (*MAGNETIC PROPULSION*)
PADA KAPAL**

SKRIPSI

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

Oleh

**DWI SUPUTERA ADI
NIM 111910201064**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Eko Budi Mardianto dan Ibu Ekaning Widji Astuty atas kasih sayang, pengorbanan dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Kakak dan adik Ika Masiiratul Mardiyah dan Luqman Bagus Trianto yang telah memberikan dorongan.
4. Enggar Rani Pratiwi terima kasih atas semangat dan doa yang telah diberikan.
5. Guru – guruku mulai SDN Sukabumi 2 Probolinggo, SMP Negeri 1 Probolinggo dan SMA Negeri 3 Probolinggo. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
6. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Bertakwalah pada Allah, maka Allah akan mengajarmu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu.”
(Qs. Al-Baqarah ayat 282)

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu.”
(Q.S Al Insyirah : 6-8)

“Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah”
(Thomas Alva Edison)

“Imajinasi lebih penting pengetahuan. Pengetahuan terbatas, sedangkan imajinasi seluas langit dan bumi.”
(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Dwi Suputera Adi

NIM : 111910201064

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pemanfaatan magnetohidrodinamika sebagai energi penggerak (*magnetic propulsion*) pada kapal" 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, 17 Desember 2015

Yang menyatakan,

Dwi Suputera Adi

NIM 111910201064

SKRIPSI

**PEMANFAATAN MAGNETOHIDRODINAMIKA SEBAGAI
ENERGI PENGGERAK (*MAGNETIC PROPULSION*)
PADA KAPAL**

Oleh

Dwi Suputera Adi
NIM 111910201064

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, ST., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*) pada Kapal” Telah diuji dan disahkan pada :

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

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

Ir. Widyono Hadi M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

Penguji I,

Penguji II,

H.R.B.Moch Gozali, S.T., M.T.
NIP 19690608 199903 1 002

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.
NIP 19710614 199702 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414 198902 1 001

Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (Magnetic Propulsion) Pada Kapal

Dwi Suputera Adi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Magnetohidrodinamika (MHD) memanfaatkan energi yang timbul akibat perpotongan medan magnet dengan arus listrik. Kapal Magnetohidrodinamika di desain dengan menggunakan gaya Lorentz yaitu dengan mengirimkan arus listrik melalui dua terminal dimana memotong medan magnet dalam air yang berisikan garam secara langsung, lalu akan timbul gaya Lorentz yang menyebabkan kapal dapat bergerak mengikuti gaya yang terjadi. Dalam pengaplikasiannya diperlukan *channel* kapal yang berfungsi sebagai tempat terjadinya perpotongan antar medan magnet dengan arus listrik. Magnet yang digunakan magnet neodymium dengan ukuran 9cm x 2,2cm x 1,5cm. Penelitian ini dilakukan empat kali pengujian dengan masing-masing pengujian memiliki tegangan yang berbeda-beda yaitu 17,30V; 19,50; 22,44; 24V. Waktu tempuh terlambat saat tegangan *channel* sebesar 17,30V dengan daya dorong 20,689W kecepatan sebesar 4,1667cm/s, sedangkan waktu tempuh tercepat saat tegangan *channel* sebesar 24V dan memiliki daya dorong sebesar 170,946W kecepatan sebesar 7,8947cm/s.

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

Utilization Magnetohydrodynamic for Driving Force (Magnetic Propulsion) at Ship

Dwi Suputera Adi

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

ABSTRACT

Magnetohydrodynamic (MHD) utilize the arising energy from the intersection of magnetic field with an electric current. Magnetohydrodynamic ship in designs using Lorentz force by sending an electric current through two terminals. Magnetohydrodynamic is designed to use Lorentz force generated by sending electric current through two terminals which cut magnetic field in salt water directly, then there will be the Lorentz force that causes the ship can move to follow the force. Required to apply befungsi ship channel as the place of intersection between a magnetic field with an electric current. Neodymium magnets are used for this research with dimension of magnet is 9cm x 2,2cm x 1.5 cm. This research was conducted four times the test with each test has a different voltage is 17,30V; 19.50; 22.44; 24V. Travel time late when the voltage channel for 17,30V with force power 20,689W velocity of ship 4,1667cm/s, while the fastest travel time when the channel voltage of 24V and force power of 170,946W velocity of ship 7,8947cm/s.

Key word: *Magnetohydrodynamic, Lorentz force, channel, neodymium magnet.*

RINGKASAN

Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*) Pada Kapal ; Dwi Suputera Adi, 111910201064; 2015: 61 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kehidupan manusia tidak bisa dipisahkan dari lingkungan sekitarnya, baik itu lingkungan alam maupun lingkungan sosial. Seiring dengan perkembangan zaman, jumlah penduduk juga terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, sehingga peningkatan akan kebutuhan energi tidak dapat dihindarkan lagi. Kita tahu bahwa saat ini, sumber energi utama yang digunakan di Indonesia adalah energi tak terbarukan yang berupa energi fosil dengan porsi terbesar berasal dari BBM. Cadangan minyak bumi di Indonesia diprediksi hanya akan bertahan hingga 2025, sementara gas alam akan habis dalam 61 tahun dan batubara dalam 148 tahun. Ironisnya, dengan fakta kelangkaan energi fosil tersebut, Indonesia justru mengalami peningkatan konsumsi energi 7% per tahun, yang dapat dikatakan sangat tinggi jika dibandingkan dengan peningkatan konsumsi rata-rata energi dunia sebanyak 2,6% per tahun. Mengingat jumlah bahan bakar fosil yang akan habis dalam kurun waktu 10 tahun dari sekarang, tidak dipungkiri lagi bahwa sistem perkapal layaran Indonesia yang menggunakan sistem propeller dengan bahan bakar solar untuk menggerakkan kapal akan mengalami kesulitan, sehingga perlu adanya suatu terobosan baru untuk penggerak alternatif sebagai pengganti dari sistem penggerak propeller menjadi energi penggerak magnet (magnetohidrodinamika).

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

Penelitian ini adalah merancang bangun *prototype* kapal magnetohidrodinamika. Dalam kapal magnetohidro (MHD) sendiri terdapat *channel* yang digunakan sebagai penggerak pada kapal. *Channel* di sini memanfaatkan gaya Lorentz dimana jika terdapat perpotongan antar medan magnet

dengan arus listrik akan timbul gaya. Gaya ini yang nantinya digunakan untuk menggerakkan kapal MHD.

Penelitian ini melakukan beberapa pengujian yaitu pengujian LCD, pengujian modul SD Shield, pengujian sensor, pengujian PWM.

Sistem pengujian kapal MHD dilakukan dengan menggunakan ukuran *channel* 9cm x 2,5cm x 3cm, ukuran magnet dengan dimensi 9cm x 2,2cm x 1,5cm, dan tegangan *channel* yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan tegangan *channel* sebesar 17,30V; 19,50V; 22,44V; 24V. Panjang lintasan yang ditempuh sepanjang 150cm menggunakan media air laut (garam).

Setelah dilakukan pengujian dapat dikatakan bahwa tegangan dan arus berbanding lurus dengan daya dorong yang dihasilkan, sedangkan waktu tempuh semakin kecil saat tegangan dan arus besar. Hal ini ditandai pada pengujian tegangan *channel* sebesar 17,30V daya dorong yang dihasilkan sebesar 20,689W dan waktu tempuh selama 36 detik, sedangkan saat tegangan *channel* sebesar 24V daya dorong yang dihasilkan sebesar 170,946W dan waktu tempuh selama 19 detik.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*) pada Kapal”. 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 Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST., 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 H.R.B Moch Gozali, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama dan Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
6. Kepada teknisi lab serta asisten lab yang telah memberikan arahan untuk proses perancangan alat pada penelitian ini serta penyusunan skripsi.
7. Kepada orang tua tercinta Bapak Eko Budi M dan Ibu Ekaning Widji A yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun moral dalam penyusunan skripsi ini.
8. Kedua saudara Ika Masiiratul Mardiyah dan Luqman Bagus Triyanto yang telah menyemangati dalam penyusunan skripsi ini.

9. Enggar Rani Pratiwi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman kontrakan Diki, Eko, Faiz, Novan, Bayu, Wawan, Ainul, Yulio yang telah mengisi kegiatan sehari-hari di kontrakan.
11. Teman-teman seperjuangan Ilham, Nofan, Galuh, Sidiq, Dharma, Rifan, Afif, Gunawan, Firzon yang telah memberikan pengalaman hidup, berbagi cerita dan ilmu, serta dukungan tidak ada bosannya selama penyusunan skripsi.
12. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2011 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Jember, 17 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Sistematika Penelitian.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Magnet	5
2.2. Medan Magnet	5
2.2.1 Kaidah Tangan Kanan.....	6
2.2.2 Kaidah Tangan Kiri.....	7
2.3. Magnetohidro.....	7
2.4. Prinsip Kerja Magnetohidrodinamika.....	8
2.5. <i>Channel</i> Kapal	9
2.6. Magnet Neodymium	11
2.7. Baterai Lipo	14
2.8. Data Logger	15
2.9. Memory Card Micro SD	16
2.10. LCD (Liquid Crystal Display)	17
2.11. Arduino Uno Atmega 328P.....	19
2.11.1 <i>Input and Output</i>	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2. Alat dan Bahan.....	21
3.3. Prosedur Penelitian	21
3.4. Diagram Alir Penelitian	23

3.5. Blok Diagram Sistem.....	24
3.6. Perancangan Sistem	25
3.7.1. Baterai	25
3.7.2. Rangkaian RTC.....	26
3.7.3. Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet.....	27
3.7.4. Rangkaian Sensor Tegangan.....	27
3.7.5. Rangkaian Sensor Arus	28
3.7.6. Rangkaian LCD.....	29
3.7. Desain Kapal.....	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Pengujian Modul.....	32
4.2. Pengujian Modul SD Shield	32
4.3. Pengujian LCD	34
4.4. Pengujian Sensor Arus.....	36
4.5. Pengujian Sensor Tegangan.....	38
4.6. Pengujian PWM.....	39
4.7. Analisa Kerapatan Medan Magnet terhadap Dimensi Magnet.....	40
4.8. Pengujian Kapal Magnetohidro	43
4.8.1. Pengujian 1. Tegangan <i>channel</i> 17,30V	43
4.8.2. Pengujian 2. Tegangan <i>channel</i> 19,50V	44
4.8.3. Pengujian 3. Tegangan <i>channel</i> 22,44V	45
4.8.4. Pengujian 4. Tegangan <i>channel</i> 24V	46
BAB 5. PENUTUP.....	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kaidah tangan kanan (Mulyono, 2009).....	6
Gambar 2.2 Kaidah tangan kiri (Mulyono, 2009).....	7
Gambar 2.3 Gaya yang bekerja pada MHD (Wikipedia, 2013).....	8
Gambar 2.4 Skema Magnetohidrodinamika (Yudha, 2013).....	8
Gambar 2.5 Skema Magnetohidrodinamika 3D (Yudha, 2013).....	9
Gambar 2.6 <i>Channel</i> Kapal (Yudha, 2013).....	9
Gambar 2.7 Struktur Kirstal Magnet (Novriati & Dedi, 2006).....	11
Gambar 2.8 Magnet Neodymium (Wikipedia, 2009).....	13
Gambar 2.9 Komponen Baterai (Gugun, 2014).....	14
Gambar 2.10 Konfigurasi pin SD adapter dan Micro SD.....	17
Gambar 2.11 LCD 16x2.....	18
Gambar 2.12 Arduino Uno.....	19
Gambar 3.1 Flow Chart Sistem.....	23
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem.....	24
Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Kapal Magnetohidrodinamika.....	25
Gambar 3.4 Baterai Lipo.....	26
Gambar 3.5 Rangkaian RTC menggunakan IC DS1307.....	27
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet.....	27
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Tegangan.....	28
Gambar 3.8 Rangkaian Sensor arus ACS712-20A-T.....	29
Gambar 3.9 Rangkaian LCD 16x2.....	30
Gambar 3.10 Desain kapal.....	31
Gambar 4.1 <i>Library</i> SD <i>Card test</i> menggunakan arduino 1.6.5.....	33
Gambar 4.2 Hasil pengujian SD Shield melalui serial monitor.....	34
Gambar 4.3 <i>Wiring</i> diagram LCD.....	34
Gambar 4.4 Program LCD pada arduino 1.6.5.....	35
Gambar 4.5 Tampilan LCD.....	35
Gambar 4.6 Sensor arus ACS712.....	36
Gambar 4.7 Grafik hubungan tegangan terhadap arus pada <i>output</i> sensor arus ACS712-20A-T.....	37
Gambar 4.8 Grafik Pengujian <i>output</i> PWM.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Neodymium	12
Tabel 2.2 Datasheet Magnet Neodymium.....	13
Tabel 4.1 Datasheet SD Shield	32
Tabel 4.2 Pengujian kelinieran antara tegangan keluaran sensor arus ACS712-20A-T dengan arus	36
Tabel 4.3 Hasil pengujian sensor arus ACS712-20A-T.....	37
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan	38
Tabel 4.5 Kalibrasi Sensor Tegangan dengan Multimeter.....	38
Tabel 4.6 Pengujian output PWM.....	39
Tabel 4.8 Dimensi magnet dan kerapatan medan magnet.....	42
Tabel 4.9 Pengujian kapal dengan tegangan channel 17,30V.....	43
Tabel 4.10 Pengujian kapal dengan tegangan channel 19,50V.....	44
Tabel 4.11 Pengujian kapal dengan tegangan channel 22,44V.....	45
Tabel 4.12 Pengujian kapal dengan tegangan channel 24V.....	46
Tabel 4.13 Pengaruh tegangan dan arus terhadap waktu tempuh dan	47

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kehidupan manusia tidak bisa dipisahkan dari lingkungan sekitarnya, baik itu lingkungan alam maupun lingkungan sosial. Seiring dengan perkembangan zaman, jumlah penduduk juga terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, sehingga peningkatan akan kebutuhan energi tidak dapat dihindarkan lagi. Kita tahu bahwa saat ini, sumber energi utama yang digunakan di Indonesia adalah energi tak terbarukan yang berupa energi fosil dengan porsi terbesar berasal dari BBM. Energi tak terbarukan ini pada akhirnya akan habis dan butuh waktu ratusan tahun untuk menghasilkannya kembali. Cadangan minyak bumi di Indonesia diprediksi hanya akan bertahan hingga 2025, sementara gas alam akan habis dalam 61 tahun dan batubara dalam 148 tahun. Ironisnya, dengan fakta kelangkaan energi fosil tersebut, Indonesia justru mengalami peningkatan konsumsi energi 7% per tahun, yang dapat dikatakan sangat tinggi jika dibandingkan dengan peningkatan konsumsi rata-rata energi dunia sebanyak 2,6% per tahun. Peningkatan konsumsi tersebut jika dibiarkan dapat memperpendek umur ketersediaan energi fosil Indonesia dan membuatnya semakin langka (Kemenperin, 2014).

Mengingat jumlah bahan bakar fosil yang akan habis dalam kurun waktu 10 tahun dari sekarang, tidak dipungkiri lagi bahwa sistem perkapal layaran Indonesia yang menggunakan sistem propeller dengan bahan bakar solar untuk menggerakkan kapal akan mengalami kesulitan, sehingga perlu adaya suatu terobosan baru untuk penggerak alternatif sebagai pengganti dari sistem penggerak propeller. Penggerak utama kapal dengan sistem propeller dapat diganti dengan penggerak medan magnet. 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 laut dapat digantikan (Agung Prayudi, 2000).

Sistem penggerak medan magnet ini bisa disebut dengan Magnetohidrodinamika (MHD). 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. Dalam menggunakan Magnetohidrodinamika (MHD) ini terdapat beberapa keuntungan diantaranya adalah, konversi efisiensi menjadi sekitar 50%, konsumsi bahan bakar akan menjadi lebih sedikit, kemampuan untuk mencapai daya maksimum akan segera tercapai saat baru dimulai, ukuran pembangkit dipertimbangkan lebih kecil dibandingkan dengan pembangkit daya yang konvensional. Biaya keseluruhan yang lebih rendah, tidak ada komponen yang berubah sehingga lebih handal. Berdasarkan uraian tersebut akan dibuat sebuah penelitian tentang **Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*) Pada Kapal.**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah diatas, dapat kita rumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana rancang bangun kapal dengan penggerak magnetohidrodinamika berbasis Arduino?
2. Bagaimana pengaruh tegangan dan arus pada kecepatan kapal?
3. Bagaimana kekuatan gaya dorong yang dihasilkan oleh kapal magnetohidrodinamika?

1.3. Batasan Masalah

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino.
2. Kapal dalam bentuk prototype.
3. Ukuran *channel* sudah ditentukan yaitu dengan ukuran 9cm x 2,5cm x 3cm.
4. Panjang lintasan sudah ditentukan yaitu sepanjang 1,5m.
5. Ukuran magnet ditentukan yaitu dengan ukuran 9cm x 2,2cm x 1,5cm.
6. Kapasitas baterai maksimum sebesar 24V.

7. Air yang digunakan adalah air laut yang didapat dari pantai puger dan tidak menghitung jumlah kadar garam.

1.4. Tujuan

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara desain kapal dengan penggerak magnetohidrodinamika berbasis Arduino.
2. Mengetahui pengaruh tegangan dan arus pada kecepatan kapal.
3. Mengetahui kekuatan gaya dorong yang dihasilkan kapal magnetohidrodinamika.

1.5. Manfaat

Dapat mengetahui dengan jelas apakah prinsip MHD layak dalam sistim kerja gerak kapal dan dapat menciptakan kapal *prototype* dalam penelitian ini guna mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan khususnya dalam perancangan dan rekayasa kapal MHD yang merupakan konsep kapal masa depan

1.6. Sistematika Penelitian

Secara garis besar penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan pustaka yang menguraikan pendapat-pendapat atau hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, landasan teori merupakan penjabaran dari tinjauan pustaka.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil pengujian dan analisa hasil pengujian.

BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani *magnítis líthos* yang berarti batu Magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki) di mana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut.

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

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

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

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

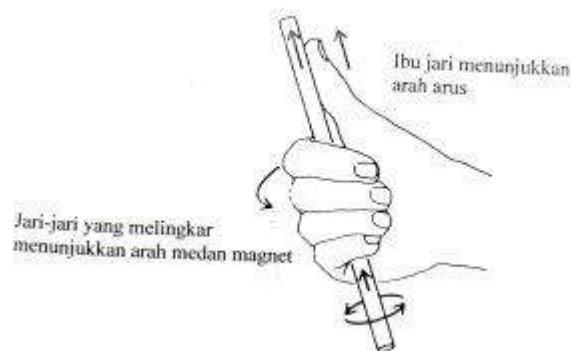
2.2. Medan Magnet

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

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

2.2.1 Kaidah Tangan Kanan

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



Gambar 2.1 Kaidah tangan kanan (Mulyono, 2009)

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

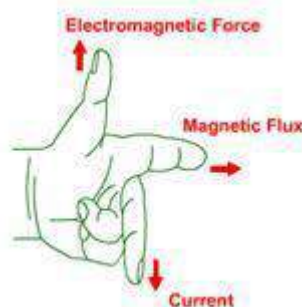
Semakin besar arus yang mengalir di dalam suatu kumparan, semakin besar kuat medannya. Begitu juga semakin banyak lilitan kawatnya, semakin banyak

dihasilkan garis gaya magnet. Perkalian antara kuat arus dan jumlah lilitan disebut dengan ampere-turns (ampere-lilitan), dikenal dengan istilah *magnetomotive force* (mmf) atau gaya gerak magnet (ggm)

2.2.2 Kaidah Tangan Kiri

Kaidah tangan kiri fleming atau aturan tangan Kiri Fleming adalah sebuah kaidah untuk menentukan arah gaya elektromagnetik / putaran kumparan pada sebuah motor listrik. Kaidah tangan kiri fleming ini diciptakan oleh John Ambrose Fleming, seorang fisikawan Inggris pada akhir abad ke-19.

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



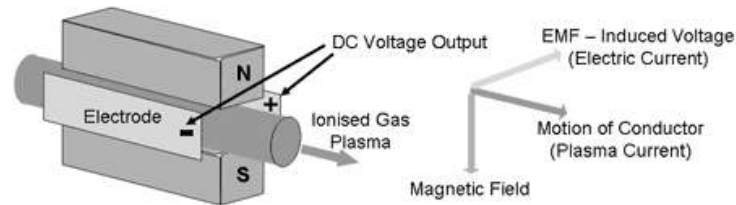
Gambar 2.2 Kaidah tangan kiri (Mulyono, 2009)

2.3. Magnetohidro

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

MHD pertama kali dipelajari oleh Faraday setelah mengetahui prinsip induksi elektromagnetik. Beliau mengetahui bahwa penghantaran yang biasanya

dalam bentuk padat (besi), dapat dipakai juga untuk fluida. MHD memiliki hubungan langsung dengan dinamika-fluida dalam ilmu hidrodinamika dan elektromagnetik dalam ilmu elektrodinamika (Rosa R.J, 1963:4)



Gambar 2.3 Gaya yang bekerja pada MHD (Wikipedia, 2013)

2.4. Prinsip Kerja Magnetohidrodinamika

Aliran (gerakan) dari plasma melaksanakan melalui medan magnet menyebabkan tegangan yang akan dihasilkan dan yang terkait arus mengalir di seluruh plasma, tegak lurus ke kedua aliran plasma dan medan magnet menurut aturan Tangan Kanan Fleming. Hukum Lorentz menggambarkan efek dari partikel

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

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

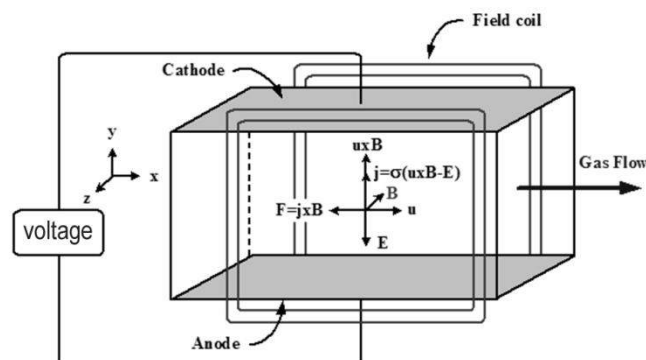
di mana :

F = gaya yang diukur dalam unit satuan newton

B = medan magnet dalam satuan tesla

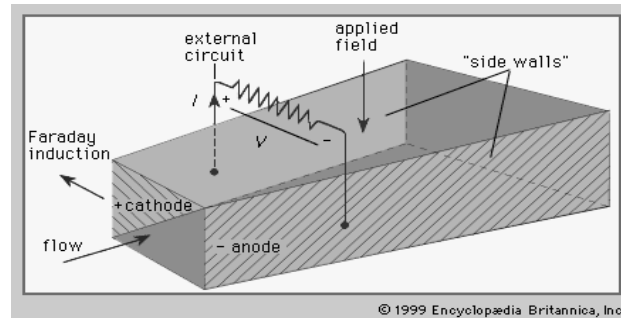
I = arus listrik dalam ampere

L = panjang *channel* satuan meter.



Gambar 2.4 Skema Magnetohidrodinamika (Yudha, 2013)

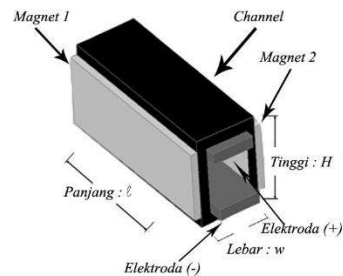
Seperti yang terlihat pada gambar bahwa sebuah plasma yang mengalir pada *channel* yang dikelilinginya terdapat sebuah kumparan yang menghasilkan medan magnet sehingga memberikan gaya pada kapal nantinya



Gambar 2.5 Skema Magnetohidrodinamika 3D (Yudha, 2013)

2.5. Channel Kapal

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



Gambar 2.6 *Channel* Kapal (Yudha, 2013)

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

Dalam *channel* MHD, dua buah magnet ditempatkan di sisi horizontal (kanan – kiri) sehingga timbul medan magnetik secara horizontal pula (kanan ke kiri), lalu sebuah plat tembaga ditempatkan di bagian atas dan bawah *channel* sehingga jika disambungkan dengan sumber DC maka akan mengalir arus secara vertikal dari bagian atas ke bawah. Medan magnet dan arus listrik yang mengalir secara berpotongan tadi menyebabkan timbul sebuah gaya Lorentz yang arahnya masuk ke dalam *channel*, hal inilah yang menyebabkan kapal MHD dapat bergerak.

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

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

(RonJ'LitcMord, 2003)

di mana:

P = Kerapatan daya listrik *channel*

j = Kerapatan arus listrik

E = Kerapatan Medan listrik

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

$$P_p = u \cdot (jxB)_x = uj_y B \dots (3)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

di mana:

P_p = Daya dorong komponen Lorentz

u = Kecepatan

j = Kerapatan arus listrik

B = Kerapatan Medan magnet

Daya dorong didapatkan dengan perumusan sebagai berikut:

$$P_d = \frac{j \cdot j}{\Sigma} + j_y u B \Delta = P - P_p \dots (4)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

di mana:

P_d = Daya dorong

P = Kerapatan daya listrik *channel*

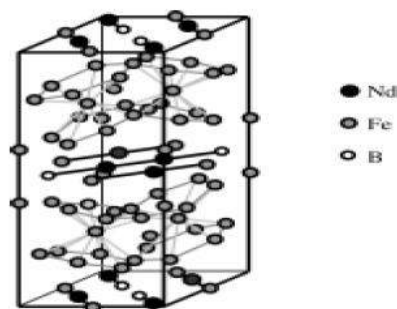
$P_p = \text{Daya dorong komponen Lorentz}$

2.6. Magnet Neodymium

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

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

Neodymium Iron Boron (NdFeB) merupakan bahan magnet permanen yang memiliki medan anisotropi dan energi produk yang sangat tinggi. Susunan atom-atom NdFeB berbentuk struktur ferromagnetik tetragonal diperlihatkan pada Gambar 2.13 sebagai berikut.



Gambar 2.7 Struktur Kristal Magnet (Novriati & Dedi, 2006)

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

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

Tabel 2.1 Sifat Fisik Neodymium

Curie Temperature (°C)	310-370
Maximum Operating Temperature (°C)	80-200
Resistivity (μ ohm.cm)	160
Hardness (Hv)	560-580
Density (g/cm^3)	7.40
Relative Recoil Permeability (μ_{rec})	1.05
Saturation Field Strength, kOe (kA/m)	30-40 (2400-3200)
Temperature Coefficient of Br (%/°C)	-0.12 ~ -.10
Temperature Coefficient of iHc (%/°C)	-0.6

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

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



Gambar 2.8 Magnet Neodymium (Wikipedia, 2009)

Dalam penelitian kali ini magnet neodymium yang digunakan memiliki panjang 3 cm, lebar 2,2 cm, dan tebal 0.5 cm dengan grade N38. Berikut ini adalah tabel datasheet neodymium dengan grade N38.

Tabel 2.2 Datasheet Magnet Neodymium

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

$$B = \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2x_1 \sqrt{4+l^2+p^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2(x_1+t) \sqrt{4(x_1+t)^2+l^2+p^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2x_2 \sqrt{4x_2^2+l^2+p^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2(x_2+t) \sqrt{4(x_2+t)^2+l^2+p^2}} \right) \right] \dots (5)$$

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

B = Medan magnet (Gauss)

Br = Magnet sisa (Gauss)

p = Panjang magnet (cm)

l = lebar magnet (cm)

t = ketebalan magnet (cm)

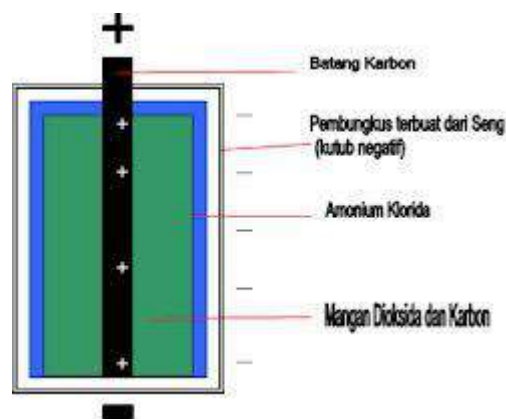
X1 = jarak medan magnet dengan magnet A (cm)

X2 = jarak medan magnet dengan magnet B (cm)

2.7. 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. Data Logger

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

dikumpulkan, sementara yang lain memiliki perangkat antarmuka lokal (keypad, LCD) dan dapat digunakan sebagai perangkat yang berdiri sendiri.

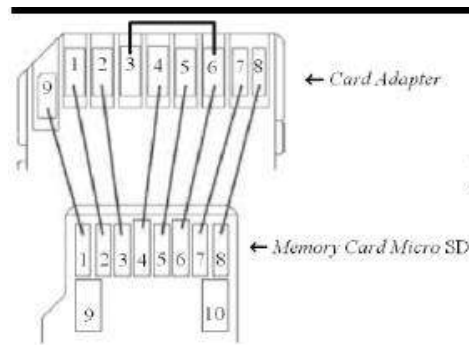
Data *logger* bervariasi antara jenis tujuan umum untuk berbagai aplikasi pengukuran untuk perangkat yang sangat spesifik untuk mengukur dalam satu lingkungan atau jenis aplikasi saja. Hal ini umum untuk jenis tujuan umum harus diprogram, namun masih banyak sebagai mesin statis dengan hanya sejumlah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

2.9. Memory Card Micro SD

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

Keluarga SD *Card* yang lain terbagi menjadi SDSC yang kapasitas maksimum resminya sekitar 2GB, meskipun beberapa ada yang sampai 4GB. SDHC (iHigh Capacity) memiliki kapasitas dari 4GB sampai 32GB. Dan SDXC (*Extended Capacity*) kapasitasnya di atas 32GB hingga maksimum 2TB. Keberagaman kapasitas seringkali membuat kebingungan karean masing-masing protokol komunikasi sedikit berbeda.

Pada pembuatan alat dalam penelitian ini, digunakan memory card micro SD dengan menggunakan sebuah adapter, maka akan dijelaskan konfigurasi pin untuk adapter dan pin memory card micro SD yang digunakan. Konfigurasi pin SD Adapter dan Memory Card Micro SD dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.10 Konfigurasi pin SD adapter dan Micro SD

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

2.10. LCD (Liquid Crystal Display)

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

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

mangambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah.

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

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

1. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
2. Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
3. Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
4. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.



Gambar 2.11 LCD 16x2

2.11. Arduino Uno Atmega 328P

Arduino Uno Atmega 328P memiliki 14 digital *input/output* pin (dimana 6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, osilator 16 MHz kristal, koneksi USB, soket listrik, *header ICSP*, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya dengan menghubungkan ke komputer dengan kabel USB atau menghidupkannya dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk memulainya. Berikut adalah gambar skema dan indeks Arduino board :



Gambar 2.12 Arduino Uno

1. *Operating voltage* 5V
2. Rekomendasi *input voltage* 7-12V
3. Batas *input voltage* 6-20V
4. Memiliki 14 buah *digital input/output*
5. Memiliki 6 buah *Analog Input*
6. *DC Current* setiap *I/O pin* sebesar 40 mA
7. *DC Current* untuk 3,3V *pin* sebesar 50 mA
8. *Flash Memory* 32 KB
9. SRAM 2 KB
10. EEPROM 1 KB
11. *Clock Speed* 16 MHz. (sumber : www.arduino.cc)

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber dayanya dipilih secara otomatis.

Pin power adalah sebagai berikut:

1. **VIN**. Tegangan *input* ke papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
2. **5V**. Pin ini mengeluarkan *output* 5V diatur dari regulator di papan. Papan dapat diaktifkan dengan daya baik dari daya DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN (7-12V). Menyediakan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V melewati regulator, dan dapat merusak papan.
3. **3V3**. 3,3 volt pasokan yang dihasilkan oleh regulator on-board. Menarik arus maksimum 50 mA.
4. **GND**. Ground pin.
5. **IOREF**. Pin ini di papan Arduino menyediakan tegangan referensi dengan yang mikrokontroler beroperasi.

2.11.1 *Input and Output*

1. **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX)**. Digunakan untuk menerima (RX) and mentransmisi (TX) TTL serial data.
2. **External Interrupts: 2 dan 3**. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interrupt pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai
3. **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11**. Menyediakan 8-bit PWM *output* dengan fungsi `analogWrite ()`.
4. **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)**. Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI library.
5. **LED: 13**. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai HIGH, LED hidup, saat pin adalah LOW maka LED mati.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*) Pada Kapal” dilaksanakan di Laboratorium Dasar Konversi Energi, Kampus Fakultas Teknik, Universitas Jember di Jl. Slamet Riyadi no.62 Patrang, Jember. Penelitian ini dilaksanakan mulai Bulan Mei 2015 hingga Bulan Desember 2015.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan adalah :

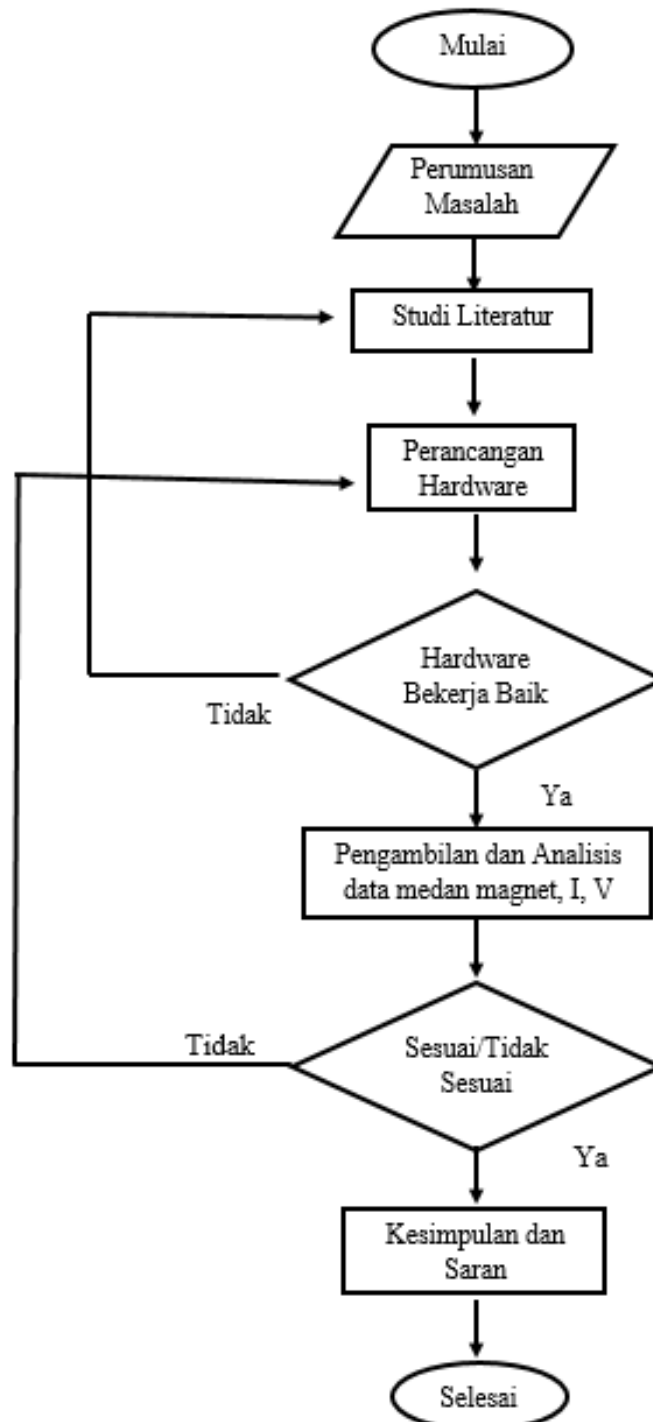
- a. Akrilik
- b. Baterai 12V 2 buah
- c. Kabel
- d. Penjapit buaya
- e. Tembaga
- f. Magnet Neodymium
- g. Cutter
- h. Lem aquarium
- i. Gergaji besi
- j. Penggaris
- k. Spidol
- l. Amplas
- m. Solder
- n. Avometer

3.3. Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan secara bertahap diuraikan sesuai langkah-langkah sebagai berikut :

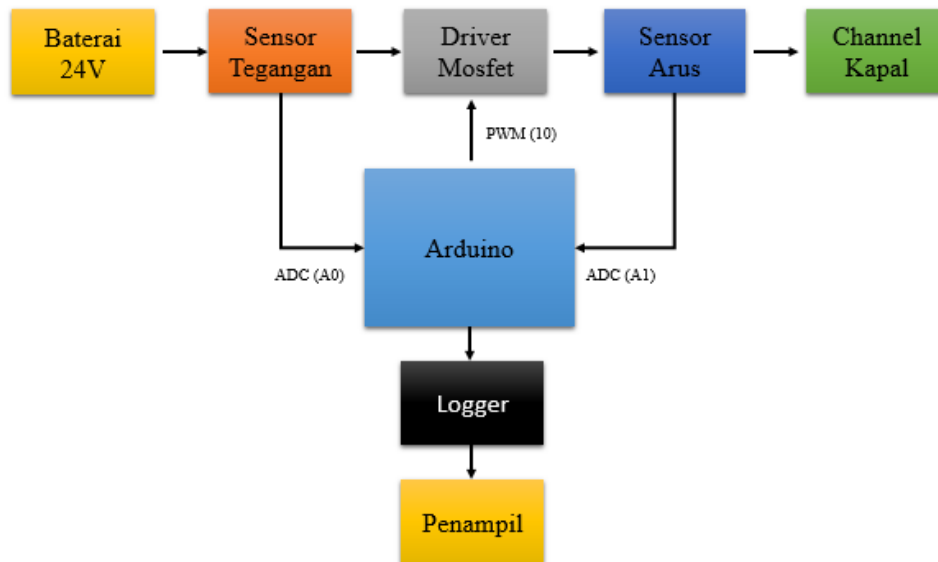
- a. Perumusan Masalah Merumuskan masalah dari beberapa masalah yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari yang berhubungan dengan magnetohidro yang akan dijadikan fokus masalah pada penelitian ini.
- b. Studi literatur terhadap objek dan penelitian
Mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang magnetohidro dan juga mempelajari tentang medan magnet sebelumnya sehingga pada penelitian kali ini kekurangan tersebut dapat diatasi.
- c. Merancang kapal MHD.
Pada tahap ini akan dilakukan beberapa hal yang meliputi:
 1. Membuat model kapal MHD beserta penempatan alat alat yang ada.
 2. Membuat pola pada akrilik yang ada dan memotongnya sesuai dengan pola yang ada dengan bantuan gergaji dan cutter.
 3. Lem sisi kapal menggunakan lem aquarium agar kapal tidak bocor.
 4. Meletakkan baterai 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 penyempurnaan ketika memiliki kekurangan.
- f. Pengambilan kesimpulan dan saran
Pengambilan kesimpulan dari semua hasil analisis data yang telah didapat berdasarkan dasar teori yang telah dijelaskan.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Flow Chart Sistem

3.5. Blok Diagram Sistem



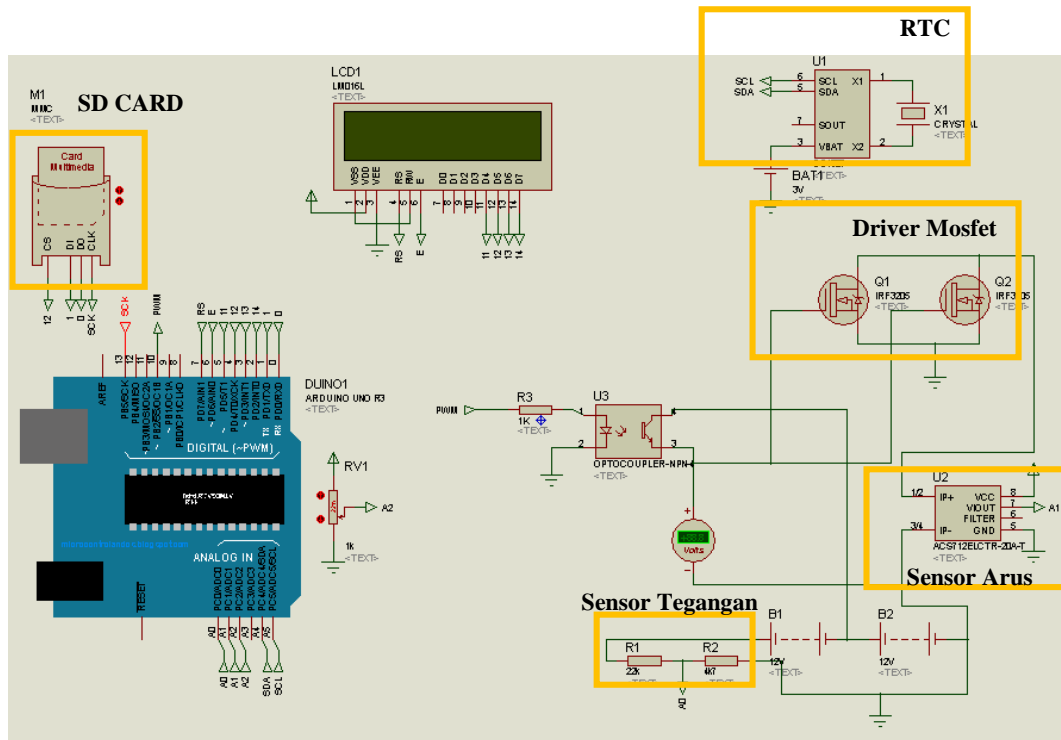
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Sistem yang diusulkan seperti pada gambar 3.2 terdiri beberapa unit yaitu baterai, sensor tegangan, driver mosfet, sensor arus, arduino, logger, penampil, 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.

3.6. Perancangan Sistem

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



Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Kapal Magnetohidrodinamika

Untuk penjelasan lebih detail mengenai bagian-bagian pada tiap rangkaian akan dijelaskan pada bagian dibawah 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.

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

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

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

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

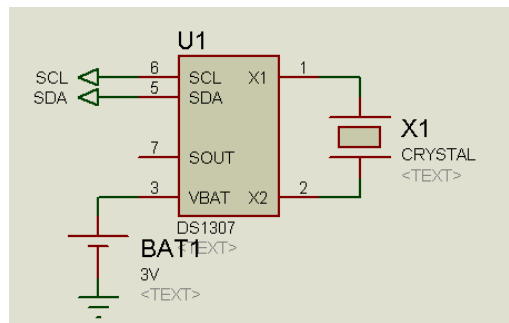


Gambar 3.4 Baterai Lipo

3.7.2. 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.

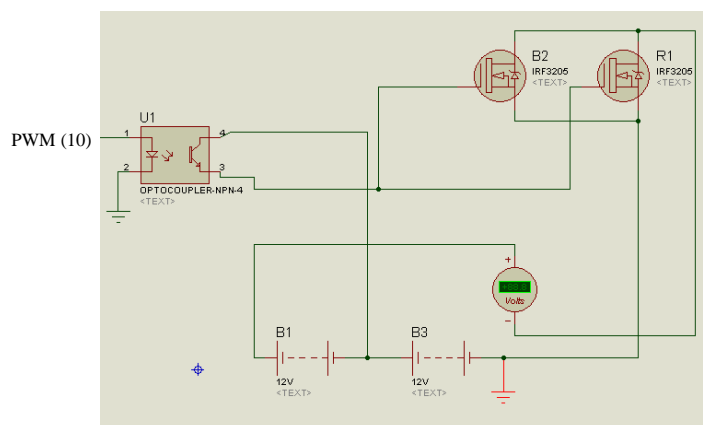


Gambar 3.5 Rangkaian RTC menggunakan IC DS1307

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.

3.7.3. Rangkaian *Driver* Mosfet

Sinyal PWM dibangkitkan dari arduino pin 10. Dalam pembuatan *driver* mosfet menggunakan mosfet IRF3205 dan optocoupler sebagai pemisah antara arduino dengan mosfet. Tujuannya untuk menghindari kerusakan pada arduino apabila terjadi tegangan balik dari dari mosfet. Mosfet IRF3205 adalah mosfet *N-Channel* dimana gate mendapat sumber tegangan dari optocoupler dengan rentang nilai 0-12V, kaki drain sebagai *output*, dan kaki source menuju ground.

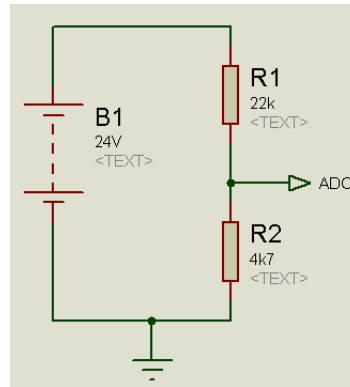


Gambar 3.6 Rangkaian *Driver* Mosfet

3.7.4. Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan dimana tegangan *input* baterai sebesar 24V akan melewati rangkaian pembagi

tegangan sehingga nilainya kurang dari 5V dan masuk menuju pin ADC arduino. Hal ini dikarenakan arduino hanya beroperasi pada rentang tegangan sebesar 0-5V. Untuk ilustrasi rangkaian sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Tegangan

Untuk perancangan sensor tegangan dengan prinsip pembagi tegangan, dapat dilihat pada perhitungan dengan menggunakan rumus pembagi tegangan. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

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

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

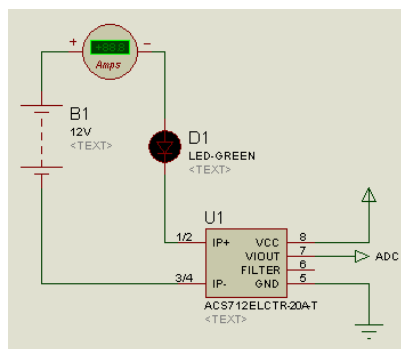
$$92400 = (24 - 4,2) \times R_2$$

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

3.7.5. Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada sistem ini menggunakan sensor arus sudah dalam bentuk *kit* dengan basis ACS712-20A-T yang kemampuannya sampai 20A. ACS712-20A-T adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus pada pengaplikasian deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan lain-lain. Sensor ini memiliki ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat *low-offset linier hall* dengan satu lintasan yang terbuat tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat

didalamnya menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Lebih tepatnya tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS *Hall IC* yang didalamnya telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Hambatan pada penghantar sensor sebesar kurang lebih $1.2 \text{ m}\Omega$ dengan daya rendah. Berikut ini adalah gambar rangkaian sensor arus ACS712-20A-T dengan kemampuan 20A.

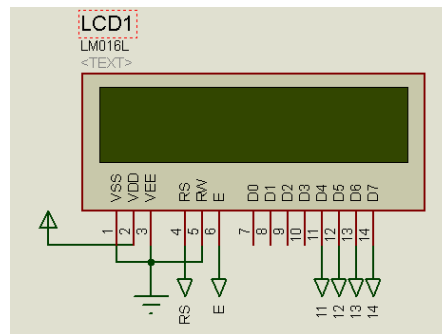


Gambar 3.8 Rangkaian Sensor arus ACS712-20A-T

Keluaran sensor arus ACS712-20A-T ini adalah berupa tegangan yang sangat kecil, dengan perubahan 100mV per setiap 1A ini merupakan referensi *data sheet*. $\text{IP}+$ dan $\text{IP}-$ sebagai masukan arus yang akan diuku. Vcc dihubungkan pada sumber 5V arduino dan GND dihubungkan ke ground. Vout sebagai keluran akan masuk menuju pin ADC arduino.

3.7.6. Rangkaian LCD

LCD berfungsi sebagai penampil informasi sistem saat bekerja. LCD (*liquid crystal display*) sendiri adalah suatu alat penampil bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem *dot matriks*. Pada perancangan ini, LCD yang digunakan adalah LCD 16×2 dan memiliki lampu latar/*backlight*.



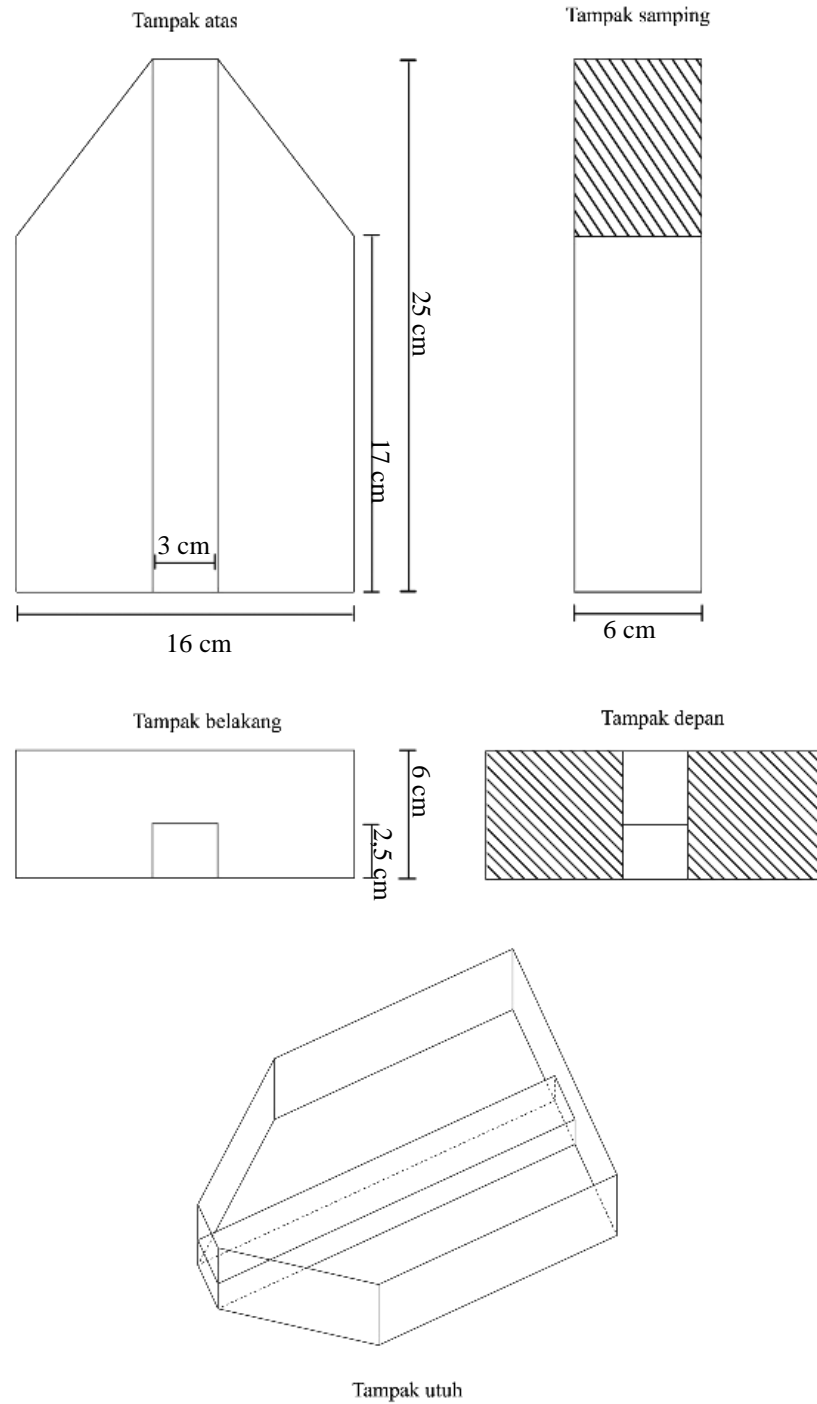
Gambar 3.9 Rangkaian LCD 16x2

Pada gambar 3.8 dapat dilihat hubungan perangkat keras dengan mikrokontroler terdiri atas 8 saluran data (D0-D7) dan kontrol yang terdiri atas *Enable* (E, *Clock*) untuk memalangkan data ke *buffer*-nya, sinyal *Read/Write* (R/W), *Register Select* (RS): RS = 0 modus komando, RS = 1 modus data, ditambah jalur catu daya: Vss (*ground*), Vdd (Vcc, +5V), dan Vee (*contrast control*). Pada umumnya, VEE ini dihubungkan ke pembagi tegangan (*potensiometer*) antara VCC dan *ground*. Karena LCD yang digunakan mempunyai *backlamp*, maka ditambahkan 2 pin yaitu pin ke-15 berfungsi untuk catu daya +5 Volt dan pin ke-16 berfungsi sebagai *ground*.

3.7.7. SD Card

SD Card disini berfungsi sebagai data logger dalam menyimpan data tegangan, arus, dan kecepatan kapal. SD Card terdapat 6 pin dari MMC/SD Card yang dihubungkan dengan modul arduino yaitu (CS), (Data in /MOSI), (GND), (VCC), (CLK) dan pin 7 (Data Out / MISO).

3.7. Desain Kapal



Gambar 3.10 Desain kapal