

**PROTOTIPE SISTEM PENGONTROL KAPAL DAN
PENDETEKSI SEDIMEN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



Disusun Oleh :

MUHAMMAD KHOIRUN FAZA

NIM. 30601800031

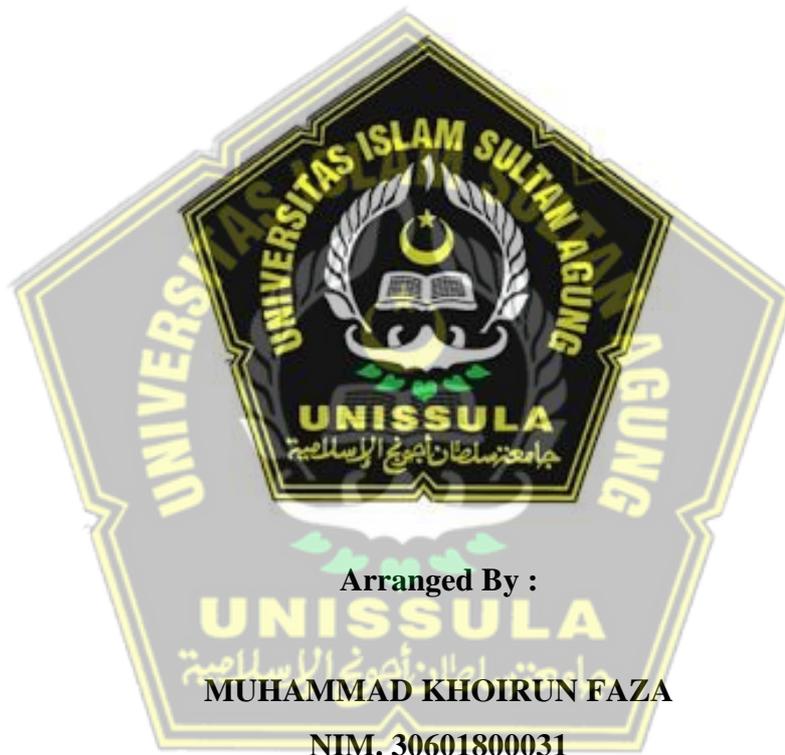
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

2023

FINAL PROJECT

***PROTOTYPE OF SHIP CONTROL SYSTEM AND SEDIMENT
DETECTION***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)
at Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial
Technology, Universitas Islam Sultan Agung*



Arranged By :

MUHAMMAD KHOIRUN FAZA

NIM. 30601800031

**MAJORING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**PROTOTIPE SISTEM PENGONTROL KAPAL DAN PENDETEKSI SEDIMEN**” ini disusun oleh:

Nama : Muhammad khoirun faza

NIM : 30601800031

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : **Rabu**

Tanggal : **16 Agustus 2023**

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dr. Hj. Sri Artini Dwi Prasetyowati,
M.Si
NIDN. 0620026501


Dr. Bustanul Arifin, ST, MT
NIDN. 0614117701

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro


Jenny Putri Hapsari, ST, MT
NIDN. 0607018501

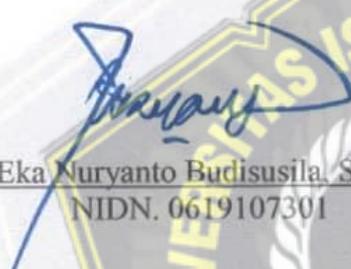
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

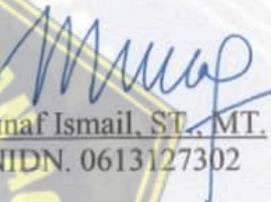
Laporan Tugas Akhir dengan judul **“PROTOTIPE SISTEM PENGONTROL KAPAL DAN PENDETEKSI SEDIMEN”** ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : *Rabu*
Tanggal : *16 Agustus 2023*

Penguji I

Penguji II


Dr. Eka Nuryanto Budisusila, ST., MT.
NIDN. 0619107301


Munaf Ismail, ST., MT.
NIDN. 0613127302

Ketua Penguji


Ir. Suryani Alifah, MT., ph.D
NIDN. 0625036901

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Khoirun Faza
NIM : 30601800031
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul **“PROTOTIPE SISTEM PENGONTROL KAPAL DAN PENDETEKSI SEDIMEN”**, adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 16 Agustus 2023

Yang Menyatakan


METERAI TEMPEL
C21D7AKX572146788
Muhammad Khoirun Faza
NIM. 306018000

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Khoirun Faza

NIM : 30601800031

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi industri

Alamat Asal : Dk. Gadingan, Ds. Grogolan RT 01/RW 02, Kec
Dukuhseti, Kab.Pati

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul: **PROTOTYPE SISTEM PENGONTROL KAPAL DAN PENDETEKSI SEDIMEN** menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 16 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Muhammad Khoirun Faza

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puja dan puji syukur yang mendalam kepada Allah subhanahu wa ta'ala, atas nikmat Iman, nikmat sehat, nikmat akal yang telah diberikan kepada saya, dan Sholawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Nabi Muhammad shallallahu alaihi wasallam yang saya harapkan Syafa'at Beliau di Yaumul Akhir kelak. Dengan terselesaikannya skripsi ini, saya mempersembahkannya kepada kedua orang tua saya, sebagai bukti rasa kasih sayang dari saya kepada mereka yang selalu memberikan dukungan. Bahwa dengan terselesainya laporan Tugas Akhir ini, saya sudah bisa memenuhi kepercayaan kedua orang tua saya selama berkuliah di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Tidak lupa juga saya persembahkan laporan Tugas Akhir ini kepada dosen pembimbing saya ibu Prof. Dr. Hj. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si dan bapak Dr. Bustanul Arifin, ST, MT serta bapak Akhmad Syakhroni, ST, M.Eng yang telah memfasilitasi saya dalam menyelesaikan tugas akhir saya. Rekan-rekan UTUKERS, BSM, Khafi and friends, dan Elektro 18 saya ucapkan banyak terima kasih atas dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir saya. Salam hormat, sayang dan cinta atas kepercayaan yang telah diberikan kepada saya, Muhammad Khoirun Faza.

MOTO

“Jikalau perahunya telah ia kayuh ketengah, ia tak boleh bersurut pulang. Meskipun bagaimana besar gelombang. Biarkan kemudi patah, biarlah layar robek. Itu lebih mulia (baginya) daripada membalik haluan pulang”(BUYA HAMKA)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat diselesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Prototipe Sistem Pengontrol Kapal Dan Pendeteksi Sedimen" dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Novi Marlyana, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UNISSULA.
2. Ibu Jeny Hapsari, S.T, M.T. selaku kepala Program Studi Teknik Elektro UNISSULA.
3. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si selaku Dosen Pembimbing Dosen Pembimbing dalam tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Bustanul Arifin, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing dalam tugas akhir ini.
5. Bapak Munaf Ismail, S.T, M.T. selaku dosen wali mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2018.
6. Orang tua, dan saudara-saudara yang telah memberikan dukungan moral dan material yang tak ternilai.
7. Teman-teman dan semua pihak yang telah memberi semangat atas pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam isi maupun bahasanya, oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca demi penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir Ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya.

Semarang, Agustus 2023



Penulis

DAFTAR ISI

PROTOTIPE SISTEM PENGONTROL KAPAL DAN PENDETEKSI SEDIMEN	i
<i>FINAL PROJECT</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
MOTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Manfaat & Tujuan Penelitian	2
1.4.Batasan masalah	2
1.5.Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1.Tinjauan Pustaka	4
2.2.Dasar Teori	7

2.2.1. Arduino Mega 2560 R3	7
2.2.2. LCD (Liquid Crystal Display)	9
2.2.3. Driver Motor BTS7960	11
2.2.4. Motor servo	13
2.2.5. Motor PG45	15
2.2.6. Motor PG28	16
2.2.7. Rotary Encoder	17
2.2.8. Adjustable Infrared Sensor Switch	18
2.2.9. Baterai Lithium Polymer (Li-Po)	19
2.2.10. Pulse Width Modulation(PWM)	20
2.2.11. Sistem Kontrol PID	21
2.2.12. Pengukuran Volume	25
2.2.13. Pengukuran Nilai <i>Error</i>	26
BAB III	27
METODE PENELITIAN	27
3.1. Deskripsi Penelitian	27
3.2. Flowchart Sistem	29
3.3. Perancangan Alat	32
3.3.1. Pengecekan kondisi kapal	32
3.3.2. Modifikasi Bodi Kapal	32
3.3.3. Pembuatan Diagram Blok Sistem Keseluruhan	34
3.3.4. Perancangan Perangkat Keras	37
3.3.5. Blok Sistem	42
3.3.6. Perancangan Software	43
3.3.7. Pengujian <i>Adjustable Infrared Sensor Switch</i> Sebelum Digunakan	55

3.4.Pengujian Alat	55
BAB IV	57
PENGUJIAN DAN ANALISA	57
4.1.Pengujian Daya Apung Kapal	57
4.2.Pengujian Adjustable Infrared Sensor Switch	58
4.2.1.Pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> pada alas berwarna terang	60
4.2.2.Pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> pada alas berwarna gelap	63
4.3.Pengujian Motor PG45	67
4.4.Pengujian Motor PG28	70
4.5.Pengujian PI Rotary Encoder	73
4.6.Pengujian Algoritma Pembacaan Jarak	82
4.6.1.Pengujian Pembacaan Tinggi Sedimen	82
4.6.2.Pengujian Pembacaan Panjang Sedimen	84
4.6.3.Pengujian Pembacaan Lebar Sedimen	86
4.7.Analisa Hasil	88
BAB V	91
PENUTUP	91
5.1.Kesimpulan	91
5.2.Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 R3	7
Tabel 2. 2 Pin pada Driver Motor BTS7960	12
Tabel 2. 3 Spesifikasi Motor Servo Hitec HS-5625MG	14
Tabel 2. 4 Spesifikasi Motor PG28	16
Tabel 4. 1 Data Pembebanan kapal	57
Tabel 4. 2 Hasil pengujian adjustable infrared sensor switch 1 pada alas berwarna terang.....	60
Tabel 4. 3 Hasil pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> 2 pada alas berwarna terang.....	61
Tabel 4. 4 Hasil pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> 3 pada alas berwarna terang.....	61
Tabel 4. 5 Hasil pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> 1 pada alas berwarna gelap	63
Tabel 4.6 Hasil pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> 2 pada alas berwarna gelap	64
Tabel 4. 7 Hasil pengujian <i>adjustable infrared sensor switch</i> 3 pada alas berwarna gelap	64
Tabel 4. 8 Hasil pengujian motor PG45.....	68
Tabel 4. 9 Hasil pengujian motor PG28.....	71
Tabel 4. 10 Hasil pengujian respon motor dengan konstanta proporsional (Kp) di dalam air.....	75
Tabel 4. 11 Hasil pengujian respon motor dengan konstanta integral (Ki) di dalam air.....	77
Tabel 4. 12 Hasil pengujian respon motor dengan konstanta derivatif (Kd) di dalam air.....	78
Tabel 4. 13 Hasil pembacaan tinggi sedimen.....	84
Tabel 4. 14 Hasil pembacaan panjang sedimen	86
Tabel 4. 15 Hasil pembacaan lebar sedimen	88
Tabel 4. 16 Hasil perhitungan volume sedimen.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Mega 2560 R3.....	7
Gambar 2. 2 Liquid Crystal Display 20 x 4	9
Gambar 2. 3 I2C.....	10
Gambar 2. 4 Driver Motor BTS7960.....	11
Gambar 2. 5 Schematic Diagram Driver Motor BTS7960	12
Gambar 2. 6 Motor Servo Hitec HS-5625MG.....	13
Gambar 2. 7 Motor PG45.....	15
Gambar 2. 8 Motor PG28.....	16
Gambar 2. 9 Konfigurasi pin motor DC PG28	17
Gambar 2. 10 Rotary Encoder.....	17
Gambar 2. 11 Adjustable Infrared Sensor Switch.....	18
Gambar 2. 12 Baterai Li-Po LPB POWER 5200 mAh 3s 12 Volt.....	19
Gambar 2. 13 sinyal pwm (pulse width modulation).....	20
Gambar 2. 14 Sistem Umpan Balik.....	21
Gambar 2. 15 Diagram Blok Kontroler Proporsional	23
Gambar 2. 16 Diagram Blok Kontroler Integral	24
Gambar 2. 17 Diagram Blok Kontroler Diferensial.....	24
Gambar 3. 1 Flowchart Alur Pembuatan Alat.....	28
Gambar 3. 2 Flowchart Alur Proses Kerja Alat.....	30
Gambar 3. 3 Flowchart Alur Proses Kerja Alat	31
Gambar 3. 4 Penopang <i>adjustable infrared sensor switch</i>	32
Gambar 3. 5 Penopang <i>adjustable infrared sensor switch</i> tampak samping	33
Gambar 3. 6 Desain kapal tampak samping.....	33
Gambar 3. 7 Desain kapal tampak depan dan belakang.....	33
Gambar 3. 8 Desain kapal tampak atas	34
Gambar 3. 9 Diagram blok.....	34
Gambar 3. 10 Board ekstensi Arduino Mega 2560.....	38
Gambar 3. 11 Wiring diagram <i>adjustable infrared sensor switch</i>	39
Gambar 3. 12 Wiring diagram driver motor PG45, motor PG28	40

Gambar 3. 13 Wiring diagram motor servo	41
Gambar 3. 14 Wiring diagram LCD I2C	42
Gambar 3. 15 Wiring diagram alat pengukur volume sedimentasi.....	42
Gambar 4. 1 Penimbangan besi pemberat pada kapal.....	58
Gambar 4. 2 Grafik PWM terhadap tegangan pada motor PG45	69
Gambar 4. 3 Duty Cycle 100% dan Nilai PWM 255	70
Gambar 4. 4 Grafik PWM terhadap tegangan pada motor PG28	72
Gambar 4. 5 Duty Cycle 50% dan Nilai PWM 127	73
Gambar 4. 6 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 0,2$, $K_i = 0$ dan $K_d = 0$	74
Gambar 4. 7 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0$ dan $K_d = 0$	76
Gambar 4. 8 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0,2$ dan $K_d = 0$...	76
Gambar 4. 9 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0,8$ dan $K_d = 0$...	78
Gambar 4. 10 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0,8$ dan $K_d = 0,2$	79
Gambar 4. 11 Tanggapan sistem terhadap aksi kontrol proporsional[22]	80
Gambar 4. 12 Grafik setelah penggunaan kontrol integral	81
Gambar 4. 13 Pengujian pengukuran tinggi.....	83
Gambar 4. 14 Dokumentasi pengujian pengukuran tinggi sedimen	83
Gambar 4. 15 Pengujian pengukuran panjang sedimen	85
Gambar 4. 16 Dokumentasi pengujian pengukuran panjang sedimen.....	85
Gambar 4. 17 Pengujian pengukuran lebar sedimen.....	87
Gambar 4. 18 Dokumentasi pengujian pengukuran lebar sedimen.....	87

ABSTRAK

Perairan di Indonesia banyak yang memiliki kejernihan air yang sangat kurang diakibatkan adanya kotoran dan lumpur yang bercampur menjadi satu dengan air. Perairan yang kotor sering kita temui di area dekat pemukiman, limbah rumah tangga yang dialirkan ke sungai membuat air terlihat kotor dan keruh. Kotoran yang terlarut di air lama kelamaan akan mengendap di dasar perairan sehingga mengakibatkan terjadinya sedimentasi.

Penelitian ini dirancang sebuah alat berupa kapal pengukur sedimen. Alat ini menggunakan *adjustable infrared sensor switch* dan *rotary encoder* sebagai acuan pengukur sedimen dengan pemroses data berupa Arduino Mega 2560. Terdapat tiga motor penggerak yang digunakan untuk mengatur pergerakan alat. Pemrograman berbasis algoritma PID berfungsi mengendalikan motor penggerak, *adjustable infrared sensor switch* berdasarkan algoritma pemrograman Arduino yang sudah dirancang supaya alat mampu mengukur volume sedimen dengan hasil yang maksimal. Hasil penelitian ini alat mampu membaca volume sedimen. Didapatkan nilai perbandingan volume sedimen antara nilai asli dan nilai hasil pengukuran alat yang implementasikan dalam bentuk persentase nilai error. Dalam 10 kali percobaan didapatkan rata-rata nilai error sebesar 4,74 %.

Kata kunci : Sedimen, P.I.D, arduino

ABSTRACT

Many waters in Indonesia have very poor water clarity due to the presence of dirt and mud mixed together with the water. We often encounter dirty waters in areas near settlements, household waste that flows into rivers makes the water look dirty and cloudy. Dirt dissolved in the water over time will settle to the bottom of the waters, causing sedimentation.

This study designed a tool in the form of a sediment measuring vessel. This tool uses an adjustable infrared sensor switch and a rotary encoder as a reference for measuring sediment with a data processor in the form of Arduino Mega 2560. There are three motors used to control the movement of the tool. Programming based on the PID algorithm functions to control the driving motor, adjustable infrared sensor switch based on the Arduino programming algorithm which has been designed so that the tool is able to measure sediment volume with maximum results. The results of this study tool is able to read the volume of sediment. The sediment volume comparison value between the original value and the measurement results of the implemented tool is obtained in the form of a percentage error value. In 10 trials, the average error value was 4.74%.

Keywords : Sediment, P.I.D, arduino

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar belakang

Wilayah pesisir merupakan pusat berbagai macam kegiatan seperti pemukiman, pertambangan, rekreasi dan sarana. Wilayah pesisir termasuk wilayah yang paling menguntungkan namun memiliki sumber daya lahan yang terbatas, sehingga memerlukan upaya konservasi lahan untuk penggunaan di masa mendatang[1]. Wilayah perairan pesisir rentan terdampak sedimentasi, sebagai contoh kawasan teluk. Sedimentasi yang terjadi di wilayah pesisir berawal dari terbawanya sedimen dari daratan yang lama-kelamaan membentuk pantai. Sedimentasi di area darat terjadi karena kebiasaan membuang limbah rumah tangga yang dialirkan ke sungai membuat air terlihat kotor dan keruh. Kotoran yang terlarut di air lama kelamaan akan mengendap di dasar perairan sehingga mengakibatkan terjadinya sedimentasi. Faktor lain yang menyebabkan sedimentasi adalah tanah yang terlarut oleh air dan adanya erosi pada bantaran sungai kemudian mengendap di dasar perairan. Kotoran dan tanah yang bercampur menjadi satu makin memperburuk keadaan perairan yang lama-kelamaan akan menyebabkan pendangkalan. Oleh karena itu diperlukan suatu alat yang mampu mendeteksi adanya sedimentasi pada suatu perairan dengan mengukur seberapa banyak dan tingginya endapan sedimentasi yang ada di bawah air. Diketuainya endapan sedimentasi yang ada bawah air, maka kedepannya dapat dilakukan suatu tindakan untuk mengatasi hal tersebut agar tidak menimbulkan hal yang tidak diinginkan.

Dengan perkembangan teknologi di era modern terutama pada bidang elektronika, sehingga memungkinkan untuk dapat membuat sebuah alat pengukur volume sedimentasi di dasar perairan. Pengukuran ini dilakukan secara otomatis oleh alat pengukur berupa kapal yang dilengkapi oleh *adjustable infrared sensor switch* dan *rotary encoder* dalam pengukuran sedimentasinya. Alat ini dibuat sedemikian rupa sehingga algoritma pada arduino mampu membuat *adjustable infrared sensor switch* dan *rotary encoder* mampu melakukan pengukuran

panjang, lebar, dan tinggi dari sedimen yang berada bawah air. Dari hasil pengukuran panjang, lebar, dan tinggi sedimen tersebut maka akan diolah dalam bentuk perhitungan sehingga mendapatkan nilai volume sedimen.

Pada penelitian ini akan disimulasikan pengukuran volume sedimen di dasar sungai dengan menggunakan prototipe kapal yang dilengkapi dengan *adjustable infrared sensor switch* dan *rotary encoder* untuk mendeteksi besaran sedimentasi serta motor servo sebagai pengontrol arah pergerakan kapal.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendeteksi dan mencari volume sedimentasi di dalam sungai menggunakan arduino dengan algoritma PID.
2. Bagaimana pengaturan penggunaan algoritma PID pada program arduino dalam mengatur kecepatan motor.

1.3.Manfaat & Tujuan Penelitian

Manfaat dan Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mencari nilai volume sedimentasi di dalam sungai menggunakan arduino dengan algoritma PID.
2. Algoritma PID mampu mengontrol kecepatan motor.

1.4.Batasan masalah

Batasan masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Arus dan kekeruhan air diabaikan dalam penelitian ini.
2. Pengujian pengukuran volume dilakukan di luar air dengan cara menggerakkan sedimen.
3. Bentuk sedimen yang akan diukur volumenya dibatasi hanya benda berbentuk balok.

4. Pengujian dan penelitian dilakukan pada kolam milik Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang, kolam depan sekretariat Mahapati, di laboratorium TE.

1.5.Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini menggunakan sistematika penulisan yang terbagi menjadi 5 bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi pembahasan tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini berisi pembahasan tentang referensi penunjang yang menjelaskan tentang teori yang digunakan sebagai acuan dalam menyusun tugas akhir berupa rumus ataupun metode serta fungsi dari komponen yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir. komponen dalam tugas akhir yang digunakan adalah mikrokontroler Arduino Mega 2560, Adjustable infrared sensor switch, motor DC, dan komponen lain sebagainya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode penelitian, langkah-langkah pemodelan yang berhubungan dengan perancangan dari alat yang dibuat pada tugas akhir, baik berupa hardware maupun software.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini berisi tentang pembahasan hasil pengujian alat yang telah dibuat serta menganalisa hasil dari pengujian alat tersebut.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil tugas akhir yang telah dibuat dan saran-saran dari pembuatan tugas akhir untuk menunjang ataupun acuan pada penelitian-penelitian kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

“Rancang Bangun Prototype Bagan Tancap Penangkapan Ikan Secara Otomatis” tugas akhir yang dibuat oleh Muhajir, Muhaimin dan Jamaluddin pada tahun 2021. Pada tugas akhir ini membahas mengenai prototipe bagan tancap penangkap ikan secara otomatis yang menggunakan Arduino UNO R3 sebagai kendalinya. Terdapat sensor ultrasonik HC-SR04, sensor load cell, sensor getaran dan limit switch. Sensor-sensor ini saling berkaitan dalam mendeteksi gerakan sinyal ikan yang ada di dalam air dengan membaca getaran yang ditimbulkan oleh gerak ikan. Motor DC pada prototipe ini digunakan sebagai pengontrol gerakan jala atau jaring. Sensor getaran dan ultrasonic mendeteksi pergerakan ikan apabila sensor sudah mendeteksi lebih dari 10 x, maka ketika sudah terpenuhi 10 x pendeteksian motor penarik jaring atau jala akan berfungsi sehingga akan menarik jaring atau jala[1].

“Pembuatan Prototipe Bagan Penangkap Ikan Otomatis Menggunakan Sensor Sonar” tugas akhir yang dibuat oleh M. Zainal Abidin pada 2015. Pada tugas akhir ini membahas mengenai prototipe penangkap ikan otomatis dibuat menggunakan mikrokontroler berupa Arduino UNO R3 berbasis ATmega 328p. Alat pada tugas akhir ini menggunakan sensor SONAR (Sound Navigation and Ranging) Iv-maxsonar ez. Sensor SONAR diletakkan pada bagian bawah kapal yang difungsikan untuk mendeteksi benda bergerak yang diasumsikan sebagai ikan yang berada di bawah air. Alat ini dilengkapi sebuah penggerak berupa motor dc yang digunakan untuk mengoperasikan jaring baik itu bergerak naik maupun turun. Motor dc akan menurunkan jaring apabila push button ditekan. Ketika kondisi jarak deteksi sudah terpenuhi, maka motor dc akan otomatis berhenti. Jaring akan naik kembali apabila sensor telah mendeteksi ikan.[2]

“Pembuatan Alat Ukur Kedalaman Air Menggunakan Sensor Sonar” tugas akhir yang dibuat oleh Citra Syefriana dan Yohandri. Membahas mengenai pembuatan alat ukur kedalaman air menggunakan sensor sonar menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Sensor yang digunakan pada prototipe ini adalah sensor JSN-SR04. Alat pada tugas akhir ini memiliki cara kerja dimana pada kondisi transmitter pada sensor JSN-SR04 mengirimkan gelombang kemudian gelombang yang dikirimkan mengenai suatu objek, maka gelombang tersebut dipantulkan kembali menuju ke receiver pada sensor JSN-SR04. Nilai kedalaman air diasumsikan sebagai jarak suatu objek yang didapat dari hasil pengolahan dari waktu yang dibutuhkan pada saat sensor memancarkan gelombang dan menerimanya kembali dikalikan cepat rambat gelombangnya[3].

“Prototipe Alat Pengukur Volume Sedimen Di Dasar Sungai Berbasis Arduino Mega 2560” tugas akhir yang dibuat oleh Junido Ardali pada tahun 2019. Membahas mengenai prototipe alat pengukur volume sedimentasi otomatis yang menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengontrolnya. Alat ini berupa prototipe kapal yang dilengkapi dengan sensor infrared yang digunakan untuk mengukur besaran volume sedimentasi dengan mengukur panjang, lebar dan tinggi sedimentasi. Pada prototipe ini terdapat 2 buah motor dc yang dilengkapi rotary encoder yang diperlukan untuk mengatur pergerakan sensor dan untuk menghitung ukuran sedimentasi dengan merepresentasikan pada putaran motor dc yang dihitung oleh rotary encoder[4].

“Kajian Distribusi Konsentrasi Sedimen Suspensi Menggunakan TSS Meter pada Sungai Brantas di Desa Pendem Kota Batu” jurnal ini dibuat oleh Dhimas Raditya Wiryamanta, Sumiadi dan Very Dermawan pada tahun 2021. Jurnal ini membahas mengenai penelitian untuk mengetahui distribusi konsentrasi sedimen suspensi untuk memperhitungkan langkah dalam pengelolaan bangunan air di sepanjang sungai. Dalam penelitiannya digunakan alat bantu portable TSS Meter dengan type Partech 740 yang mempermudah dalam mengambil sampel besaran konsentrasi sedimen suspensi pada lokasi pengujian dengan ketinggian tertentu. Dilakukan sepuluh kali pengambilan sampel data sedimen pada waktu dan hari

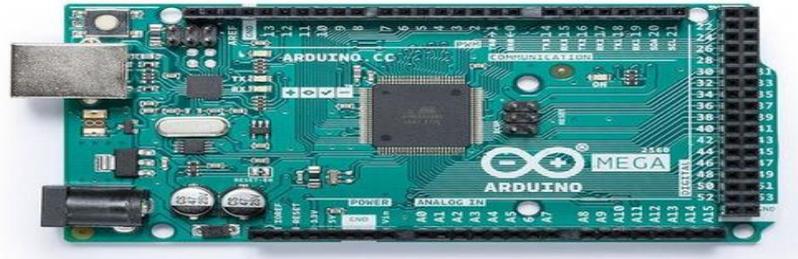
yang berbeda menggunakan alat bantu portable TSS Meter untuk mengetahui nilai distribusi konsentrasi sedimen suspensi pada setiap kedalaman aliran.[5].

“Penentuan Laju Sedimen Pada Rencana Waduk Jatibarang” jurnal ini disusun oleh Segel Ginting dan Waluyo Hatmoko. Pada penelitian ini dilakukan penentuan besarnya jumlah sedimen yang masuk di waduk Jatibarang. Penelitian ini menggunakan lima metode untuk menentukan nilai laju sedimen yang masuk ke waduk dengan acuan erosi lahan, empiris pengukuran sedimen, model statistik data pengukuran sedimen, aplikasi persamaan sedimen dan model matematis. Dari penelitian ini didapatkan hasil berupa sedimen yang masuk ke rencana Waduk Jatibarang bervariasi tergantung dari setiap metode, namun secara kuantitas menunjukkan nilai sedimen berkisar antara 20.051 sampai 80.440 ton/tahun, namun laju sedimen yang dihasilkan berdasarkan konsep model statistik data pengukuran sebesar 39.754,9 ton/tahun atau 0,76 mm/tahun lebih dapat dipercaya dibandingkan dengan konsep yang lainnya [6].

Berbeda dari penelitian di atas, pada penelitian ini dibuat alat pengukur volume sedimentasi yang bekerja secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengontrolnya. Alat dibuat dalam bentuk kapal sungguhan dengan penggerak utama berupa satu buah motor DC tipe PG45, mengukur besaran volume sedimentasi digunakan sensor infrared sebanyak tiga buah yang dipasang pada pipa yang kendalikan oleh motor DC tipe PG 28. Kemudian sebagai pengendali perubahan arah gerakan kapal digunakan motor servo, dimana pada penerapannya motor servo disetting nilai sudutnya untuk memperoleh arah gerakan kapal yang diinginkan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Arduino Mega 2560 R3



Gambar 2. 1 Arduino Mega 2560 R3

Arduino merupakan perangkat pengendali mikro single-board yang bersifat sumber terbuka, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan software-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Sumber tegangan dari Arduino Mega 2560 R3 ini dapat diambil dari sambungan langsung USB atau dapat bersumber dari power supply eksternal berupa power adaptor atau baterai.

Arduino Mega 2560 R3 beroperasi pada rentang tegangan mulai dari 6 volt sampai dengan 20 volt. Apabila nilai tegangan sumber yang diberikan kurang dari 7 volt, maka pin 5 volt pada Arduino mensuplai tegangan kurang dari 5 volt. Kondisi ini dapat membuat board Arduino bekerja tidak stabil. Dilain sisi ketika menggunakan tegangan input lebih dari 12 volt, maka akan menyebabkan regulator tegangan mengalami overheat sehingga board Arduino mengalami kerusakan. Oleh karena itu direkomendasikan tegangan input pada nilai 7 volt hingga 12 volt untuk menjaga kondisi board Arduino dalam kondisi yang sehat[4].

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560 R3

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Microcontroller	ATmega2560
2.	Operating Voltage	5V
3.	Input Voltage (recommended)	7-12V

4.	Input Voltage (limit)	6-20V
5.	Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
6.	Analog Input Pins	16
7.	DC Current per I/O Pin	20 Ma
8.	DC Current for 3.3V Pin	50 mA
9.	Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
10.	SRAM	8 KB
11.	EEPROM	4 KB
12.	Clock Speed	16 MHz
13.	LED_BUILTIN	13
14.	Length	101.52 mm
15.	Width	53.3 mm
16.	Weight	37 g

Beberapa pin Arduino Mega 2560 R3 yang memiliki fungsi khusus :

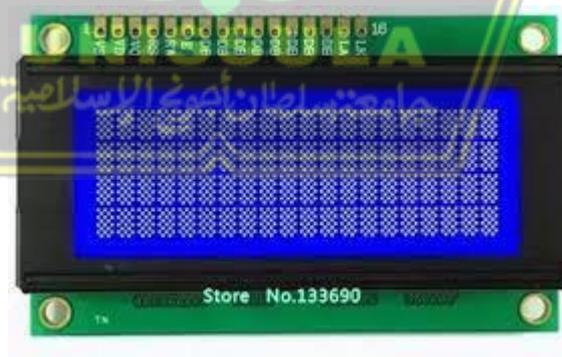
1. Serial, terdapat 4 serial yang masing-masing serial terdiri dari 2 pin. Berikut adalah siral beserta pinnya masing-masing; Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2 : pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX merupakan pin untuk menerima sedangkan TX merupakan pin transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 merupakan pin yang digunakan oleh chip USB- to-TTL ATmega16U2.
2. External Interrupts, yaitu pin 2 (untuk interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupts), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Pada Arduino Mega 2560 tersedia 6 buah pin interrupt yang digunakan untuk fungsi attachInterrupt().
3. PWM adalah pin yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi analogWrite(). Pin PWM tersedia pada pin 2 sampai dengan 13 dan pin 44 sampai dengan 46,

4. SPI yang terdapat pada pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI Library.
5. LED : Pin 13. Pada pin 13 terhubung built-in led yang dikendalikan oleh digital pin no 13.
6. TWI : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*.

Arduino Mega 2560 R3 memiliki 16 buah input analog yang masing-masing pin analognya mempunyai resolusi 10 bits (jadi bisa memiliki 1024 nilai). Secara default, pin-pin tersebut diukur dari ground ke 5V, namun bisa juga menggunakan pin AREF dengan menggunakan fungsi analog Reference(). Beberapa pin lainnya pada board ini adalah :

1. AREF. Sebagai referensi tegangan untuk input analog.
2. Reset. Hubungkan ke LOW untuk melakukan reset terhadap mikrokontroler. Sama dengan penggunaan tombol reset yang tersedia[7].

2.2.2. LCD (Liquid Crystal Display)



Gambar 2. 2 Liquid Crystal Display 20 x 4

LCD (Liquid Crystal Display) merupakan komponen elektronika yang memiliki kemampuan menampilkan suatu data dalam bentuk karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Crystal Display) dirancang dengan teknologi CMOS logic yang mampu bekerja tanpa menimbulkan cahaya tetapi

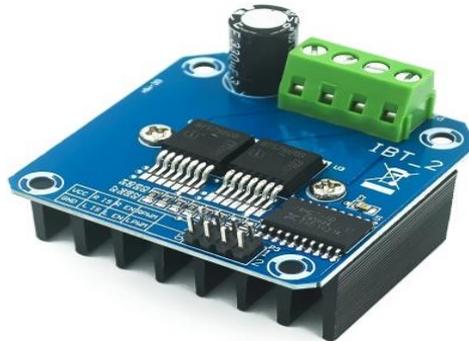
memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit[1]. LCD (Liquid Crystal Display) dilengkapi mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter yang terdapat pada LCD. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan memori dan register. LCD sudah dilengkapi dengan perangkat kontrol yang sudah menyatu dengan LCD, sehingga aturan standar yang telah disimpan tinggal diikuti dengan konfigurasi yang sudah tersedia[4].



Gambar 2. 3 I2C

LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran, tipe yang digunakan pada alat ini adalah tipe LCD 20x4 I2C. Pada LCD tipe ini terdiri dari 20 kolom dan 4 baris, sehingga mampu menampilkan 20 karakter perbarisnya. Pada umumnya LCD 20x4 ini menggunakan 16 pin sebagai kontrol, dengan ini persediaan pin pada arduino banyak terpakai dengan kata lain pemasangan LCD tipe ini boros dalam penggunaan pin. Untuk mengatasinya digunakan driver khusus berupa I2C. Komunikasi I2C (*Inter-integrated circuit*) adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C. Protokol I2C adalah suatu protokol yang didesain untuk mempermudah pengkoneksian komponen pada rangkaian LCD karena pada I2C hanya menggunakan dua jalur kabel yaitu jalur kabel SDA dan SCL ditambah VCC dan Ground. Pada kondisi normal modul LCD membutuhkan pengkabelan sehingga memakan banyak pin, pada controller setidaknya membutuhkan 6 atau 7 pin untuk mengendalikan modul LCD. Dengan menggunakan protokol I2C mampu menyederhanakan penggunaan kabel[8].

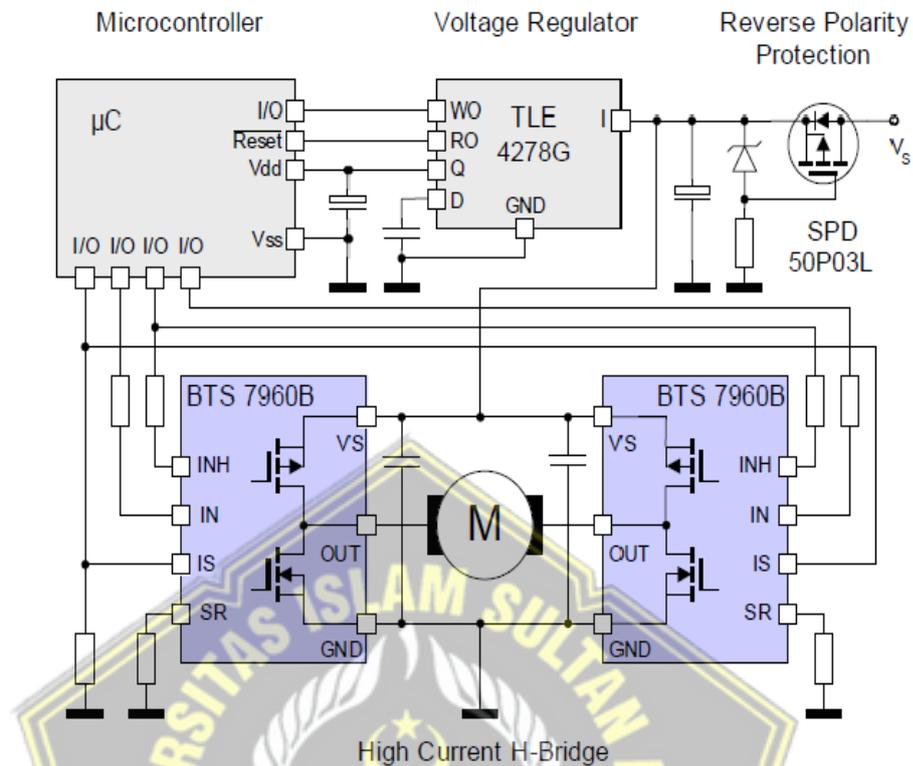
2.2.3. Driver Motor BTS7960



Gambar 2. 4 Driver Motor BTS7960

Driver motor merupakan sebuah rangkaian yang berisikan IC yang digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan motor DC. Pada driver motor inilah sumber tegangan yang masuk akan dikontrol terlebih dahulu melalui mikrokontroler kemudian dikeluarkan menuju ke motor DC melalui pin konektor sumber tegangan motor DC. Tegangan yang keluar dari driver motor ini dapat diatur melalui mikrokontroler yaitu lewat pin PWM (Pulse Width Modulator). Pin inilah yang akan mengeluarkan berapa banyak pulsa yang akan diberikan dari sumber ke bagian motor.

Dilain sisi driver motor berfungsi sebagai penguat karena tegangan dan arus keluaran mikrokontroler tidak mampu memenuhi kebutuhan tegangan dan arus motor DC. [9]. Dalam mengatur putaran motor digunakan sistem FET PWM (Pulse Width Modulation). Driver motor tipe BTS7960 ini dapat mengeluarkan arus hingga 43 A, dengan memiliki fungsi PWM. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5.5-27 V DC, sedangkan tegangan input pada kisaran tegangan 3.3-5 V DC, driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 yang tahan terhadap panas dan arus berlebihan[10].



Gambar 2. 5 Schematic Diagram Driver Motor BTS7960

Tabel 2. 2 Pin pada Driver Motor BTS7960

No	PIN	Description
1.	RPWM	<i>Forward Level or PWM signal, Active High</i>
2.	LPWM	<i>Reverse Level or PWM signal, Active High</i>
3.	R_EN	<i>Forward Drive Enable Input, Active High/ Low Disable</i>
4.	L_EN	<i>Reverse Drive Enable Input, Active High/Low Disable</i>
5.	R_IS	<i>Forward Drive, Side current alarm output</i>
6.	L_IS	<i>Reverse Drive, Side current alarm output</i>
7.	Vcc +5V	<i>Power Supply microcontroller</i>
8.	Gnd	<i>Ground Power Supply microcontroller</i>
9.	B+	<i>Positive Motor Power Supply. 6 ~ 27VDC</i>
10.	B-	<i>Negative Motor Power Supply. Ground</i>
11.	M+	<i>Motor Output +</i>
12.	M-	<i>Motor Output -</i>

2.2.4. Motor servo



Gambar 2. 6 Motor Servo Hitec HS-5625MG

Motor servo merupakan perangkat elektronika yang terdiri dari sebuah motor DC yang dilengkapi serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang terdapat pada motor DC mempunyai fungsi untuk memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo. Sedangkan adanya potensiometer difungsikan sebagai pengatur perubahan resistansi pada saat motor berputar, dengan pengaturan resistensi ini dapat digunakan sebagai penentu batas posisi putaran poros servo motor.

Terdapat dua jenis motor servo dari sistem penyaluran tegangannya yaitu motor servo AC dan DC. Motor servo AC menggunakan penyuplai tegangan AC, sedangkan motor servo DC menggunakan penyuplai tegangan DC. Disisi lain motor servo AC lebih cocok digunakan untuk mengangkat beban berat dengan penggunaan arus yang tinggi, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan motor servo DC lebih cocok digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Motor servo memiliki cara kerja Prinsip kerja dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation, PWM) melalui kabel kontrol dalam pengontrolannya. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan ke motor servo dapat menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam)[11].

Tabel 2. 3 Spesifikasi Motor Servo Hitec HS-5625MG

No	Spesifikasi	Keterangan
Performance Specifications		
1.	Operating Voltage Range (Volts DC)	4.8V ~ 6.0V
2.	Speed (Second @ 60°)	
3.	Maximum Torque Range oz. / in.	110 ~ 131
4.	Maximum Torque Range kg. / cm.	7.9 ~ 9.4
5.	Current Draw at Idle	3 mA
6.	No Load Operating Current Draw	500 mA
7.	Stall Current Draw	2,400 mA
8.	Dead Band Width	4 μ s
Physical Specifications		
1.	Dimensions (Inches)	1.59 x 0.77 x 1.48
2.	Dimensions (Metric)	40.6 x 19.8 x 37.8
3.	Weight (Ounces)	2.11
4.	Weight (Gram)	60.0
5.	Circuit Type	G1 Programmable Digital
6.	Motor Type	3 Pole Metal Brush Ferrite
7.	Gear Material	Metal
8.	Bearing Type	Dual Ball Bearing
9.	Output Shaft (type / Ømm)	Standard 24
10.	Case Material	Plastic
11.	Dust / Water Resistance	N / A
12.	Connector Gauge (AWG) / Strand Count	22 / 60

2.2.5. Motor PG45

Motor listrik merupakan suatu device yang memiliki fungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Pedoman motor listrik itu sendiri mengacu pada kaidah tangan kiri. Satu pasang magnet permanen utara – selatan menghasilkan garis medan magnet (ϕ), kawat pada penghantar di atas telapak tangan kiri ditembus garis medan magnet ϕ . Ketika kawat dialirkan arus listrik DC sebesar I searah keempat jari tangan, maka kawat mendapatkan gaya sebesar F searah ibu jari.



Gambar 2. 7 Motor PG45

Motor Planetary Gear (PG) 45 merupakan tipe motor DC brushless produksi Oriental Motor corp. Motor ini sudah dilengkapi gearbox dengan perbandingan yang bervariasi. Motor Planetary Gear (PG) 45 memiliki kecepatan maksimum 468,7 rpm. Dengan pembulatan maka kecepatan maksimum pada poros keluaran adalah 500 rpm, dengan torsi mencapai 15 kg/cm. Motor ini sering digunakan pada bagian penggerak dari sebuah robot. Untuk bekerja motor ini membutuhkan suplai tegangan sebesar 24 V. Untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor digunakan rangkaian elektronik penggerak motor (driver motor). Bentuk rangkaian elektronik penggerak motor yang digunakan adalah H-Bridge. Driver motor akan mengolah sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation, PWM) dalam mengatur kecepatan putar motor, driver motor akan mengatur tegangan yang disuplai ke motor. Besarnya nilai tegangan yang disuplai-kan ke motor akan mempengaruhi kecepatan putar motor[12].

2.2.6. Motor PG28



Gambar 2. 8 Motor PG28

Motor DC adalah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik[6]. Motor DC PG28 dipilih karena motor arus searah, dilengkapi dengan sensor encoder dan torsi cukup kuat untuk menahan beban mesin. Berikut adalah spesifikasi motor DC PG28 yang dapat dilihat di Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Motor PG28

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Torque constant	10 kg/cm
2.	Voltage	24 Vdc
3.	Max force	15 kg/cm
4.	Encoder output	700 ppr out
5.	Panjang total + as motor	110 mm
6.	Revolutions Per Minute	200 rpm

Konfigurasi PIN pada motor DC PG28 ditunjukkan pada Gambar 2.9. Berdasarkan pada Gambar 2.9 konfigurasi, dimana PIN motor DC adalah PIN nomor 1 dan nomor 2 berfungsi sebagai *power supply*, dimana PIN nomor 1 adalah PIN untuk suplai tegangan negative dan PIN nomor 2 untuk suplai tegangan positif. Apabila penyambungan sesuai maka putaran motor akan

searah jarum jam, sedangkan apabila polaritas motor ditukar maka putaran motor akan berputar sebaliknya. Kemudian PIN nomor 3 dan nomor 4 adalah suplai tegangan positif dan negatif untuk sensor encoder. PIN nomor 5 adalah keluaran data sensor A dan PIN nomor 6 adalah keluaran data sensor B yang mampu digunakan untuk membaca posisi sudut, kecepatan sudut motor dan untuk indikasi motor maju ataupun mundur[13].



Gambar 2. 9 Konfigurasi pin motor DC PG28

2.2.7. Rotary Encoder



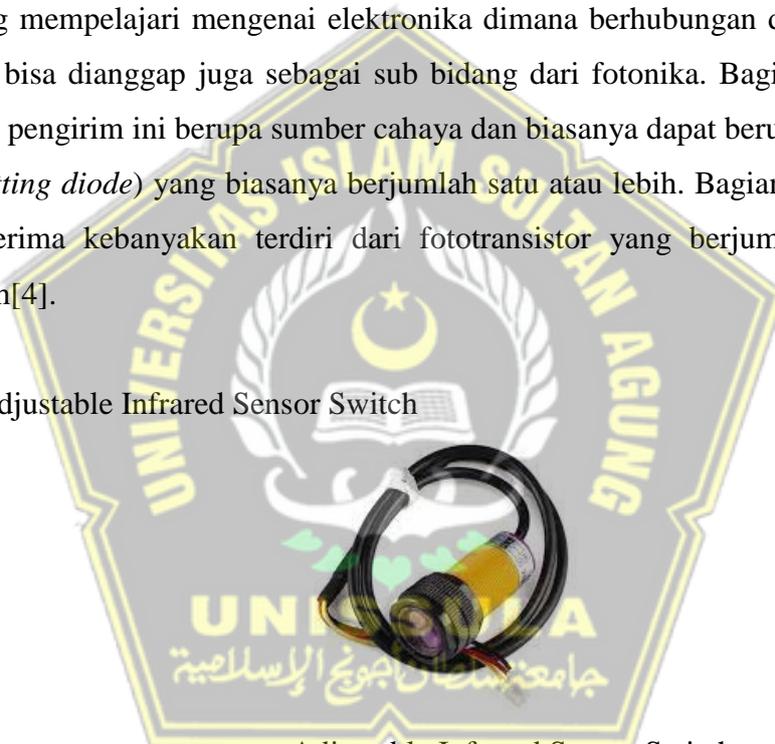
Gambar 2. 10 Rotary Encoder

Perpindahan linier atau perpindahan secara lurus dapat dihitung dan dikomunikasikan oleh alat yang berupa encoder. Sinyal yang dihasilkan oleh alat yang bernama encoder ini tidak perlu menggunakan perubah sinyal dari analog ke digital karena sinyal keluar yang dihasilkan sudah berupa data digital. Encoder dibagi menjadi dua yaitu encoder incremental dan absolut. Encoder absolut ini mencakup beberapa Teknik pendeteksian, salah satunya yaitu pendeteksian yang menggunakan optik.

Rotary encoder biasa disebut shaft encoder, adalah sebuah electro-mechanical prototipe yang digunakan untuk mengkonversi sudut posisi atau gerak dari shaft dari analog menjadi sinyal digital. Rotary encoder juga bisa disebut sebagai sensor pendeteksi posisi dan kecepatan dengan memanfaatkan perpindahan mekanik menjadi sinyal-sinyal elektrik dan mengubah sinyal tersebut menjadi sebuah data.

Encoder optic pada rotary encoder menggunakan komponen optoelektronik yaitu transmitter/receiver. Optoelektronik adalah suatu ilmu yang mempelajari mengenai elektronika dimana berhubungan dengan cahaya dan bisa dianggap juga sebagai sub bidang dari fotonika. Bagian transmitter atau pengirim ini berupa sumber cahaya dan biasanya dapat berupa LED (*light emitting diode*) yang biasanya berjumlah satu atau lebih. Bagian receiver atau penerima kebanyakan terdiri dari fototransistor yang berjumlah satu atau lebih[4].

2.2.8. Adjustable Infrared Sensor Switch



Gambar 2. 11 Adjustable Infrared Sensor Switch

Adjustable Infrared Sensor Switch adalah sensor yang memanfaatkan cahaya inframerah untuk media pendeteksian. Terdapat dua keadaan *high* dan *low* ketika sensor bekerja, sensor akan aktif apabila dalam kondisi *low*. Hal ini dapat diartikan bahwa ketika sensor mendeteksi suatu benda yang ada pada area tertentu maka sensor dalam keadaan *low*. Hasil pembacaan yang didapatkan ini tergantung dari bagaimana jarak baca sensor yang telah diatur sebelumnya.

Sensor inframerah jenis ini mirip dengan sensor inframerah yang lain, walaupun cahaya inframerah ini mempunyai Panjang gelombang yang Panjang, akan tetapi tidak mampu menembus suatu bahan yang tidak dapat melewatkan sinar atau cahaya yang terlihat. Oleh karena itu cahaya inframerah sama dengan karakteristik cahaya yang terlihat oleh mata.

Adjustable infrared sensor switch memiliki kemampuan jarak baca yang dapat diubah sesuai dengan keinginan penggunaannya. Akan tetapi ada batasan maksimal dan minimal nilai yang diberikan, yaitu pembacaan minimal sebesar 3 cm dan maksimal 80 cm. *Adjustable infrared sensor switch* membutuhkan tegangan 5 volt dan arus kurang dari 100 mA untuk bekerja, nilai ini sama dengan tegangan yang dimiliki mikrokontroler sehingga mudah untuk mengaplikasikannya bersama dengan mikrokontroler. Sensor ini memiliki 3 buah pin, masing-masing pin tersebut adalah dari Vcc, ground, dan output digital. Untuk dapat mengetahui pin yang digunakan sebagai Vcc, ground, dan output digital. Hal ini dapat dilihat pada tiga buah kabel pada *Adjustable infrared sensor switch*. Kabel yang berwarna coklat merupakan Vcc yang berarti disuplai oleh tegangan 5 volt. Untuk kabel yang berwarna biru merupakan ground. Dan yang terakhir yaitu yang berwarna hitam merupakan output digital[4].

2.2.9. Baterai Lithium Polymer (Li-Po)



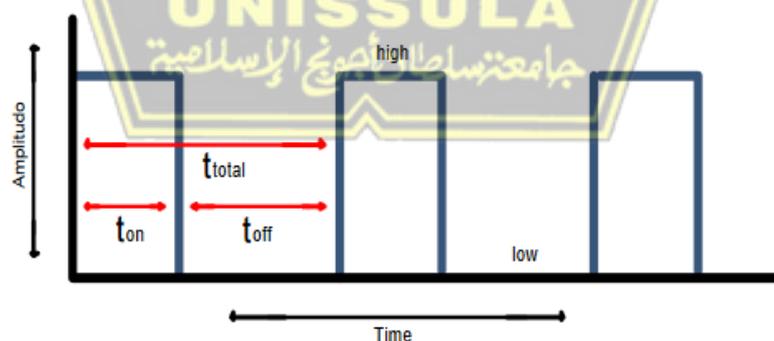
Gambar 2. 12 Baterai Li-Po LPB POWER 5200 mAh 3s 12 Volt

Baterai Li-po merupakan jenis baterai yang memiliki kesamaan dengan baterai Li-Ion, perbedaannya baterai Li-Po tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis di

antara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai LiPo, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada *charging* dan *discharging rate*. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari. Seandainya para ilmuwan dapat memecahkan masalah ini maka risiko keamanan pada baterai jenis lithium akan sangat berkurang[14].

2.2.10. Pulse Width Modulation(PWM)

PWM merupakan suatu proses perbandingan antara sinyal carrier dengan sinyal modulasi sehingga menghasilkan sinyal kotak dengan lebar pulsa yang berbeda. Lebar pulsa tersebut dapat diatur dengan duty cycle. Duty cycle merupakan persentase periode sinyal high dan periode sinyal low, persentase duty cycle akan berbanding lurus dengan tegangan rata rata yang dihasilkan. Sinyal PWM memiliki lebar pulsa yang bervariasi sesuai duty cycle. Di bawah ini gambar penjelasan sinyal PWM.



Gambar 2. 13 sinyal pwm (pulse width modulation)

t_{on} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi high atau berlogika 1. t_{off} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi low atau berlogika 0. t_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara t_{on} dengan t_{off} , biasa dikenal dengan “periode satu gelombang”.

$$t_{total} = t_{on} + t_{off} \quad (1)$$

Siklus kerja atau duty cycle sebuah gelombang didefinisikan sebagai,

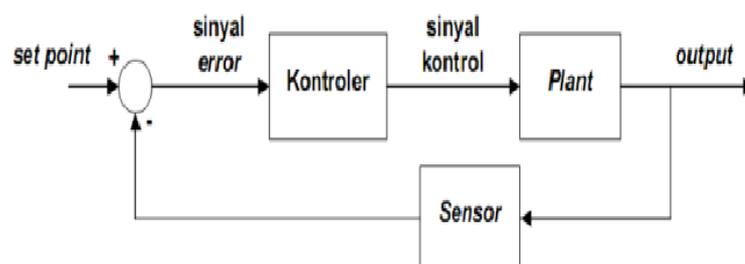
$$d = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\% \quad (2)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan duty cycle dan dapat dirumuskan sebagai berikut[15];

$$V_{out} = d \times V_{in} \quad (3)$$

2.2.11. Sistem Kontrol PID

PID (*Proportional-Integral-Derivative*) merupakan sistem controller untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya umpan balik pada sistem tersebut. Keberadaan controller dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik plant harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu subsistem, yaitu kontroler. Salah satu fungsi dari komponen kontroler adalah mereduksi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antara sinyal setting dan sinyal aktual. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol yaitu mendapatkan sinyal aktual senantiasa (diinginkan) sama dengan sinyal setting. Semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktual dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Secara umum sistem umpan balik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 14 Sistem Umpan Balik

Set point merupakan keadaan tertentu yang ingin dicapai. Sensor berfungsi mendeteksi keluaran plant dan mengkonversikannya menjadi besaran dengan

satuan yang sama seperti satuan *set point*. Keluaran sensor merupakan sinyal umpan balik (*feedback*) yang akan dikurangkan dengan *set point* menghasilkan sinyal *error*. Jika satuan dari keluaran sudah sama dengan *set point* maka blok sensor dapat dihilangkan sehingga sinyal umpan balik (*feedback*) adalah keluaran plant. Sinyal *error* diproses oleh kontroler lalu menghasilkan sinyal kontrol yang diumpangkan ke *plant*, dengan tujuan agar keluaran dari plant sama dengan *set point*, yang berarti sinyal *error* bernilai (atau mendekati) nol. Dalam metode kontrol PID, sinyal kontrol dihasilkan dengan cara memperkuat sinyal *error* (*proportional*), mengintegrasikan sinyal *error* (*integral*), dan membuatnya sebanding dengan laju perubahan sinyal *error* itu sendiri (*derivative*). Kontroler yang melakukan mekanisme tersebut disebut dengan *PID controller*. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D supaya tanggapan sinyal keluaran pada *system* terhadap masukan tertentu sesuai seperti yang diharapkan.

2.2.11.1. Kontrol Proporsional

Kontrol proporsional merupakan salah satu kontrol yang dapat merubah lamanya waktu respon menuju *steady state*. Apabila nilai K_p kecil, kontroler proporsional hanya mampu melakukan koreksi kesalahan yang kecil, sehingga akan menghasilkan respon sistem yang lambat. Kalau nilai K_p dinaikkan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan mantabnya. Namun jika nilai K_p diperbesar sehingga mencapai harga yang berlebihan, akan mengakibatkan sistem bekerja tidak stabil, atau respon sistem akan berosilasi [16]. Pada kontroler dengan kontrol proporsional, hubungan antara keluaran dari kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah:

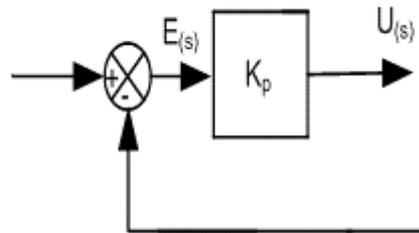
$$m(t) = K_p e(t) \quad (4)$$

atau, dalam besaran transformasi *Laplace*,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \quad (5)$$

dimana K_p adalah kepekaan proporsional atau penguatan. Bagaimanapun wujud mekanisme yang sebenarnya dan ataupun bentuk daya

penggeraknya, kontroler proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur.



Gambar 2. 15 Diagram Blok Kontroler Proporsional

2.2.11.2. Kontrol Integral

Pada kontroler integral, harga keluaran kontroler $m(t)$ diubah dengan laju yang sebanding dengan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$.

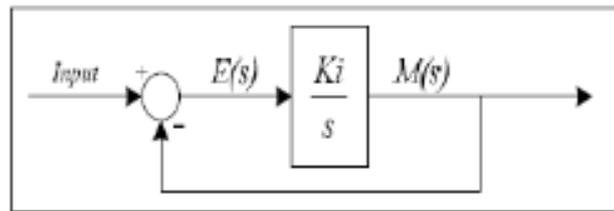
$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i e(t) \quad (6)$$

Dengan K_i adalah konstanta integral. Jika harga $e(t)$ diduakalikan, maka harga $m(t)$ berubah dengan laju perubahan menjadi dua kali semula. Jika kesalahan penggerak nol, maka harga $m(t)$ tetaplah stasioner. Aksi kontrol integral sering juga disebut kontrol reset yang digunakan untuk menghilangkan *error steady state*.

Kontrol ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan keadaan tunak (offset) yang ditimbulkan oleh kontrol *proportional*, yaitu dengan cara mengintegalkan nilai *error* atau dengan kata lain menjumlahkan nilai *error* mulai dari *error* pertama hingga *error* ke- n ($\sum_0^n e_n$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *error* yang sebelumnya hingga *error* yang sekarang. Penerapan pada sistem adalah :

$$I = K_I * (error + lastErrorI); \quad (7)$$

$$lastErrorI = error.. \quad (8)$$



Gambar 2. 16 Diagram Blok Kontroler Integral

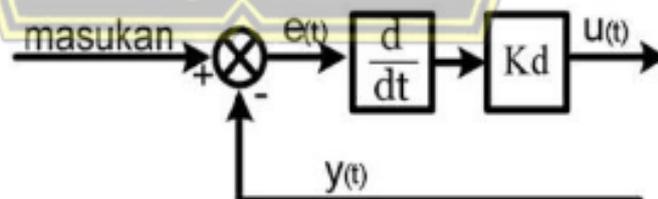
2.2.11.3. Kontrol Diferensial

Kontroler diferensial ini digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respons transien pada sebuah sistem kontrol dengan cara memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol serta mengurangi *phase lag* penguatan tersebut. Kontroler diferensial tidak dapat mengeluarkan output bila tidak ada perubahan input, selain itu kontroler diferensial ini tidak dapat digunakan pada proses yang mengandung noise.

Hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak $e(t)$ adalah :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = Kd \quad (9)$$

Kd merupakan konstanta diferensial yang digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respons transien dari sebuah sistem serta dapat meredam osilasi.



Gambar 2. 17 Diagram Blok Kontroler Diferensial

Kontrol ini bertujuan sebagai pengendali laju karena output kontroler sebanding dengan laju dari perubahan sinyal *error*, kontrol diferensial juga sering disebut sebagai fungsi turunan sehingga dapat

disimpulkan bahwa *error* yang sekarang dikurangi *error* yang sebelumnya. Penerapan pada sistem adalah [12]:

$$D = Kd * (error - lastErrorD); \quad (10)$$

$$lastErrorD = error \quad (11)$$

2.2.12. Pengukuran Volume

Dalam melakukan pengukuran sedimentasi digunakan persamaan seperti pada persamaan 10 dengan memproses beberapa parameter berupa nilai panjang, lebar dan tinggi. Untuk mencari nilai tinggi memakai sistem perhitungan oleh *rotary encoder* yang sudah disetting pada program arduino. Selanjutnya untuk mencari panjang dan lebar memakai perhitungan jarak seperti pada persamaan 9.

$$Kecepatan (v) = \frac{Jarak (s)}{Waktu (t)} \quad (12)$$

Dari persamaan 9 dimana dalam mencari kecepatan harus diketahui terlebih dahulu nilai jarak dan waktu. Namun berbeda dalam penerapannya pada alat ini nilai yang dicari adalah jarak, untuk itu diperlukan nilai kecepatan dan waktu untuk mendapatkan nilai jarak. Hal ini membuat formula rumusnya berubah seperti yang tercantum pada persamaan 13[17].

$$Jarak (s) = Kecepatan (v) \times Waktu (t) \quad (13)$$

Keterangan :

v = kecepatan yang didapat ketika alat bergerak pada saat sensor mendeteksi halangan(cm/detik).

t = Waktu yang ditempuh ketika sensor mendeteksi halangan (detik).

s = Jarak tempuh ketika sensor mendeteksi halangan dari perhitungan perkalian kecepatan dikali waktu (cm).

Untuk mendapatkan volume dapat dihitung menggunakan persamaan 14 berikut ini:

$$V = p * l * t \quad (14)$$

Keterangan :

V = Volume sedimen (cm³).

p = Panjang sedimen (cm).

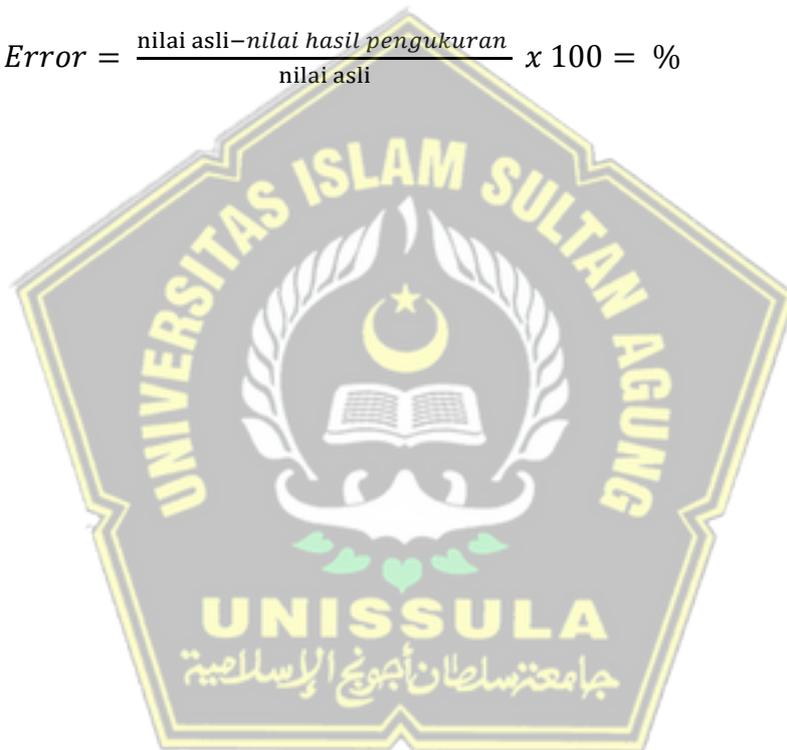
l = Lebar sedimen (cm).

t = Tinggi sedimen (cm)[18].

2.2.13. Pengukuran Nilai *Error*

Nilai *error* merupakan persentase kesamaan nilai asli dengan nilai hasil pengukuran. Dalam perumusannya terdapat nilai asli dikurangi dengan nilai pembacaan sensor kemudian dibagi dengan nilai asli dan hasilnya dikalikan dengan 100[19].

$$Error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai hasil pengukuran}}{\text{nilai asli}} \times 100 = \% \quad (15)$$



BAB III

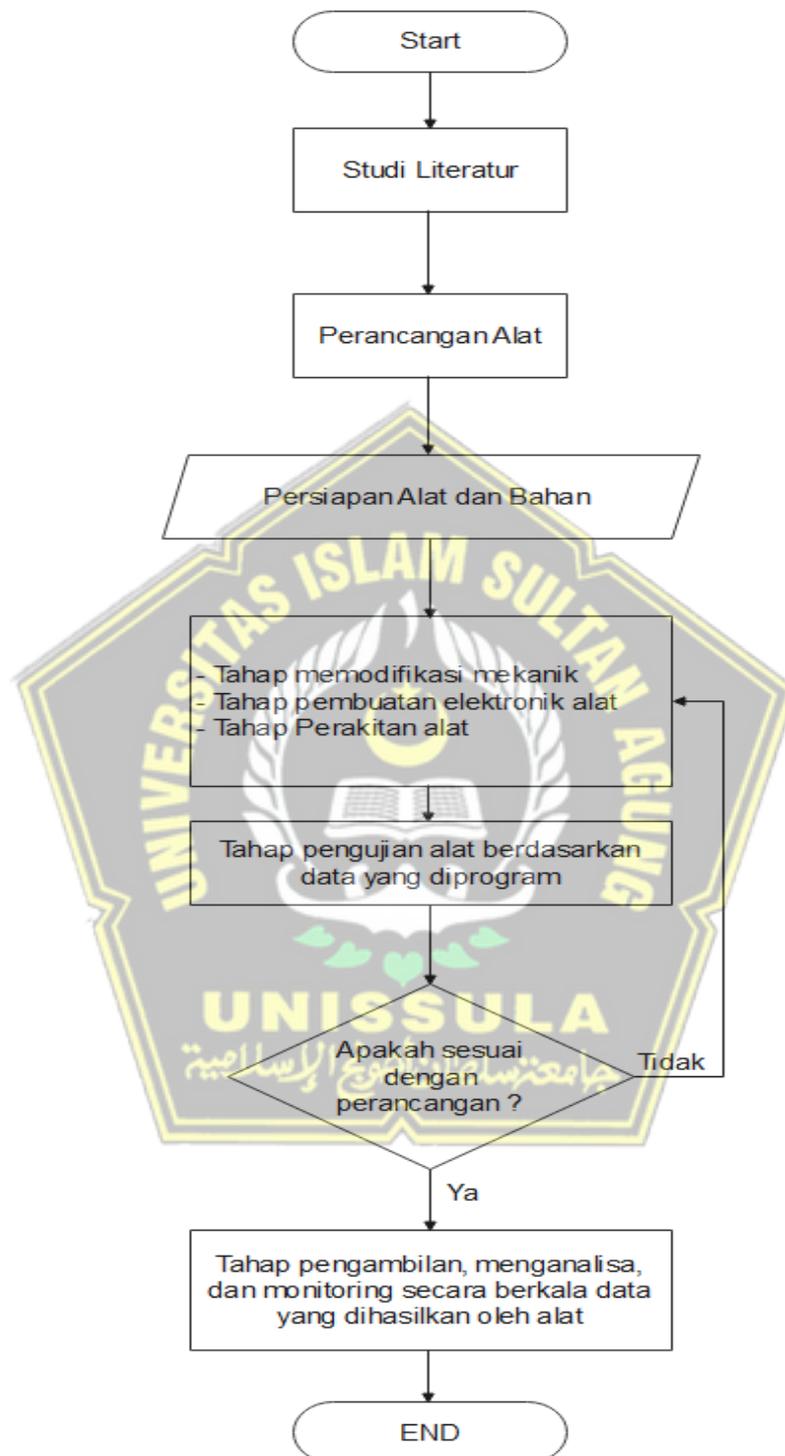
METODE PENELITIAN

3.1. Deskripsi Penelitian

Penelitian diawali dengan studi literatur guna mempelajari teori - teori yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini. Jurnal, laporan tugas akhir, buku, e-book berupa hardcopy maupun berupa softcopy dari internet yang digunakan sebagai rujukan dalam pembuatan alat ini. Setelah mendapat acuan rujukan dari jurnal dan lain sebagainya dilakukan perancangan alat berupa desain kapal, layout elektronika alat dan rencana modifikasi alat.

Selesai perancangan dilanjutkan pengadaan bahan dan alat yang menunjang pembuatan alat. Ketika bentuk fisik kapal sudah jadi dapat dilanjutkan tahap modifikasi alat, tahap pembuatan elektronika alat dan tahap perakitan alat. Tahap modifikasi alat berupa penyesuaian bodi dan penambahan fitur pada kapal yang nantinya digunakan sebagai penunjang dalam mengukur volume sedimentasi. Tahap pembuatan elektronika alat berupa perakitan komponen elektronika yang digunakan pada alat ini. Tahap perakitan alat, melakukan penggabungan antar blok sistem elektronika (bagian input, proses dan output) dan pemasangan rangkaian elektronika dan fitur-fitur tambahan ke bodi kapal.

Berikutnya pengujian alat berdasarkan data yang diprogram, dimana alat akan diuji apakah sudah mampu bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Alat akan dijalankan di aquarium untuk menguji performanya, sedangkan untuk pengujian di kolam dilakukan untuk mengetahui kinerja alat ketika nanti berada di sungai. Apabila hasilnya tidak sesuai maka akan dilakukan evaluasi pada elektronik kapal, program maupun fitur-fitur lainnya pada kapal. Namun apabila sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan, maka dilanjutkan pengambilan, menganalisa, monitoring secara berkala data yang dihasilkan oleh alat.



Gambar 3. 1 Flowchart Alur Pembuatan Alat

3.2. Flowchart Sistem

Keterangan :

1. Motor belakang = Motor PG45
2. Motor depan = Motor PG28
3. Sensor tengah = *adjustable infrared sensor switch* bagian tengah
4. Sensor kiri = *adjustable infrared sensor switch* bagian kiri
5. Sensor kanan = *adjustable infrared sensor switch* bagian kanan

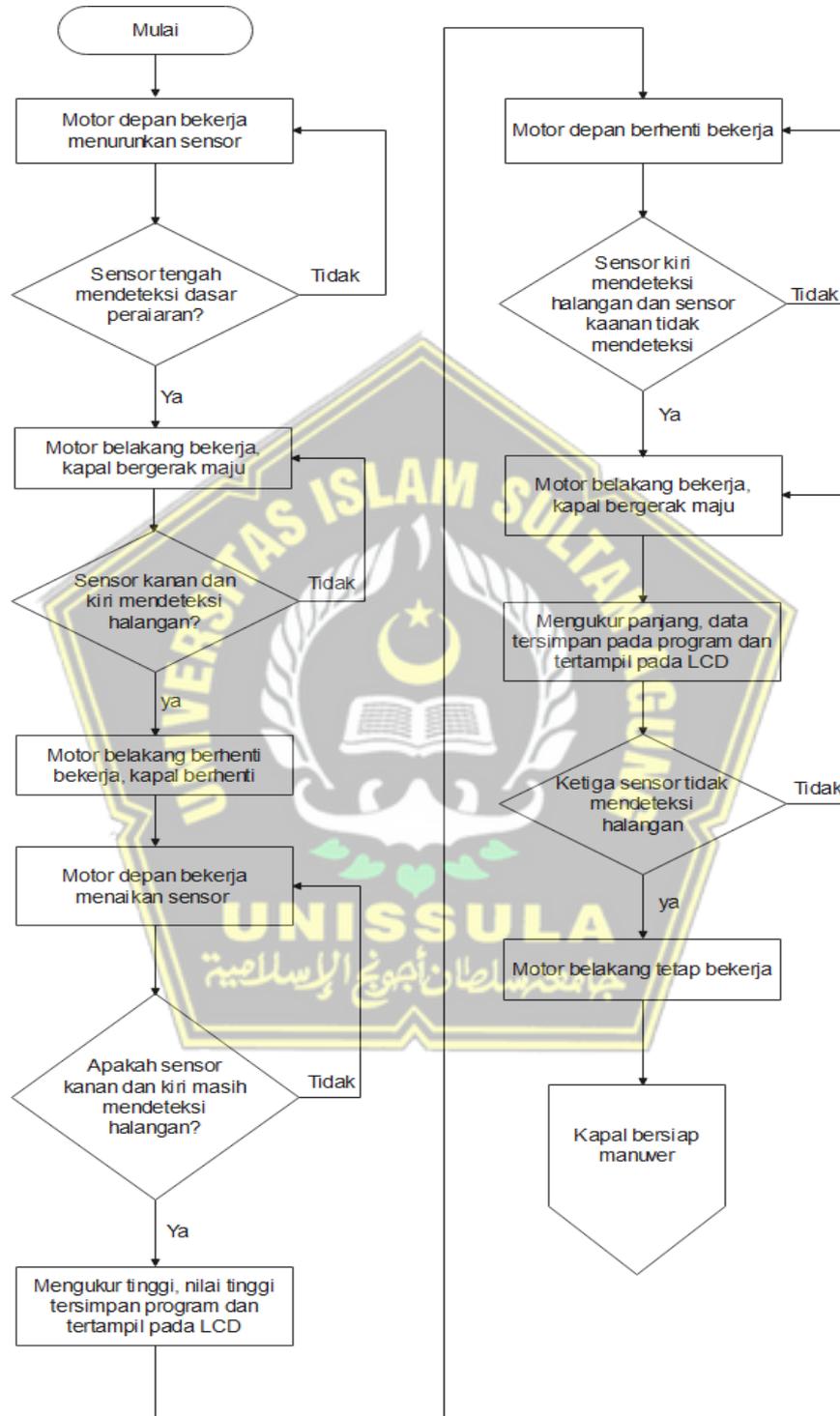
Saklar pada alat dinyalakan sistem bekerja, motor depan bekerja menurunkan sensor sampai sensor tengah mendeteksi halangan. Setelah sensor tengah mendeteksi motor belakang bekerja dan membuat kapal bergerak bergerak maju. Kapal akan tetap berjalan ketika sensor kanan dan kiri tidak mendeteksi halangan. Barulah ketika sensor kanan dan kiri mendeteksi halangan motor belakang berhenti bekerja sehingga membuat kapal berhenti. Motor depan bekerja menaikkan sensor, sistem mulai menghitung tinggi sedimen. Data nilai tinggi sedimentasi tersimpan pada program dan tertampil pada LCD.

Setelah mendapatkan nilai tinggi alat akan mencari nilai panjang, motor depan bekerja menaikkan sensor sampai menyisakan hanya sensor kiri yang mendeteksi halangan. Motor belakang bekerja sehingga membuat kapal bergerak maju, sensor tengah mendeteksi halangan dan mulai mengukur panjang sedimen. Data tersimpan pada program dan tertampil pada LCD.

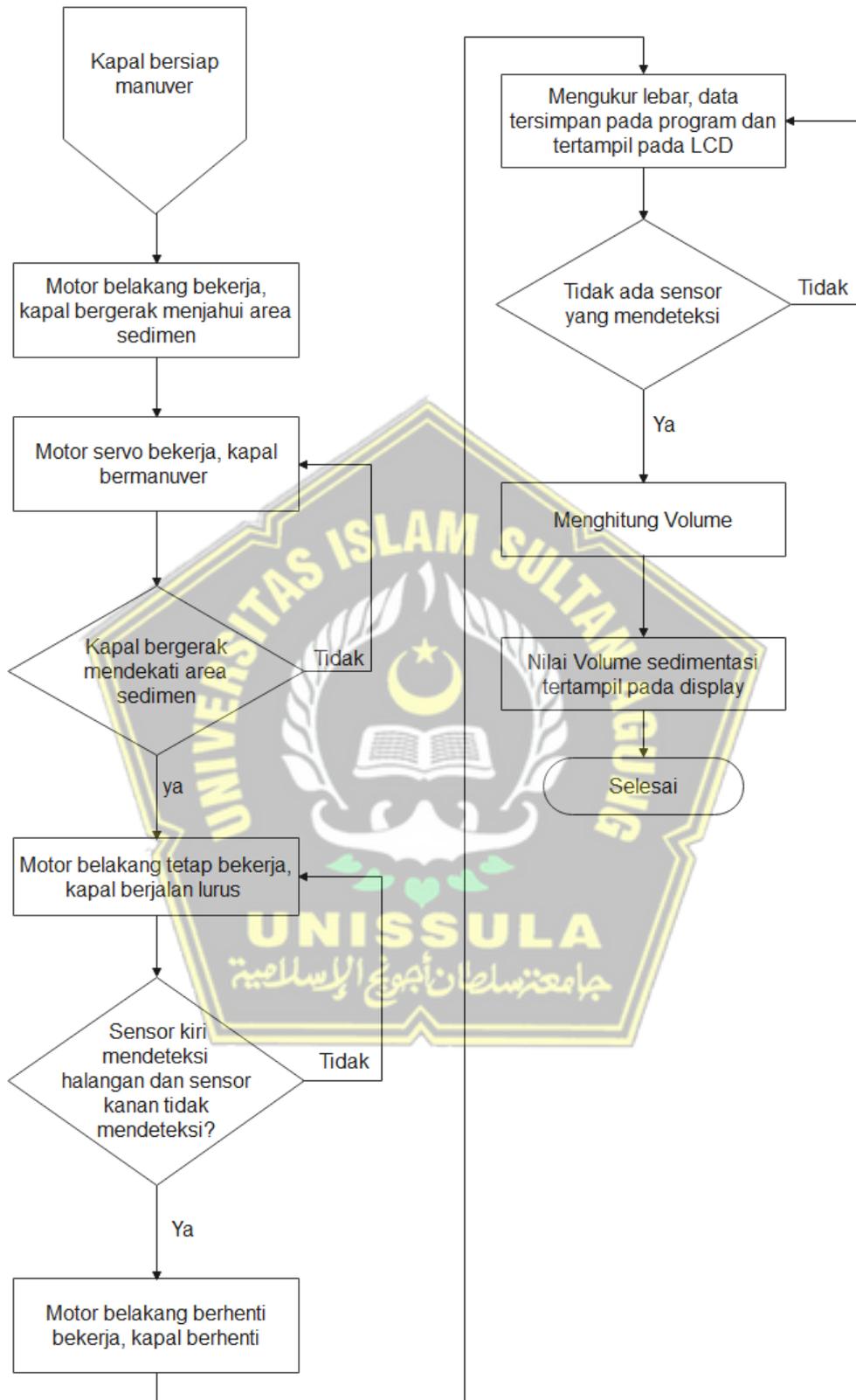
Kapal akan terus berjalan walau semua sensor tidak mendeteksi halangan, motor servo bekerja dengan setingan nilai sudut tertentu dan membuat kapal bermanuver menjauhi area sedimen. Dengan kondisi motor belakang masih bekerja dan kapal berjalan lurus bergerak mendekati area sedimen. Selang beberapa saat sensor kiri mendeteksi halangan. Dengan kondisi motor belakang masih bekerja dan sensor tengah mendeteksi kapal mengukur lebar sedimen. Data tersimpan pada program dan tertampil pada LCD.

Setelah ketiga nilai parameter terpenuhi yaitu berupa nilai tinggi, panjang dan lebar sedimen maka dilakukan perhitungan volume sedimen. Setelah nilai volume

sediment didapatkan, maka akan ditampilkan pada display. Setelah semua sistem telah terlaksana maka sistem akan berhenti.



Gambar 3. 2 Flowchart Alur Proses Kerja Alat



Gambar 3. 3 Flowchart Alur Proses Kerja Alat

3.3. Perancangan Alat

Perancangan alat ini, terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input, terdapat adjustable infrared sensor switch, tombol, dan rotary encoder. Bagian pemroses datanya adalah Arduino Mega 2560. Kemudian bagian outputnya terdiri dari LCD, motor driver BTS7960, motor PG28, dan motor PG45. Perancangan diagram blok ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pembuatan alat. Pembuatan alat ini meliputi tahapan - tahapan sebagai berikut :

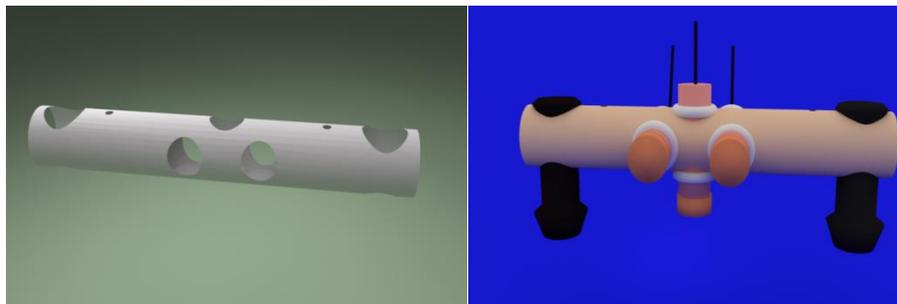
3.3.1. Pengecekan kondisi kapal

Melakukan pengecekan pada kapal untuk mengetahui kestabilan kapal ketika mengapung di permukaan air. Pengujian dilakukan dengan menambahkan beban muatan berupa batu bata yang disusun pada bagian dalam lambung kapal. Kapal akan mengapung stabil ketika beban yang diberikan sudah sesuai beratnya. Pengujian dilakukan di kolam milik Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam pengujian ini juga dapat diketahui bocor tidaknya sebuah kapal.

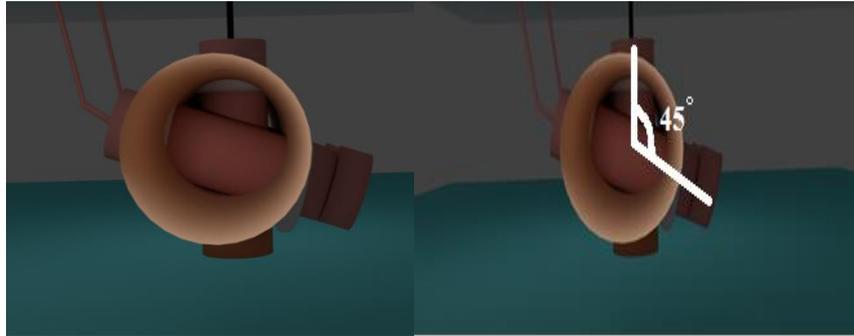
3.3.2. Modifikasi Bodi Kapal

Modifikasi mekanik kapal meliputi penyesuaian bodi dan penambahan fitur pada kapal supaya mampu digunakan untuk menempatkan perangkat elektronika yang nantinya digunakan sebagai penunjang dalam mengukur volume sedimentasi. Kapal yang dibeli perlu dimodifikasi supaya mampu menyesuaikan dengan sistem kerja yang diinginkan ketika melakukan pengukuran volume sedimentasi. Dalam pembuatan alat terdapat tahapan - tahapan dalam memodifikasi kapal sebagai berikut:

1. Pembuatan bagian penopang *adjustable infrared sensor switch*



Gambar 3. 4 Penopang *adjustable infrared sensor switch*



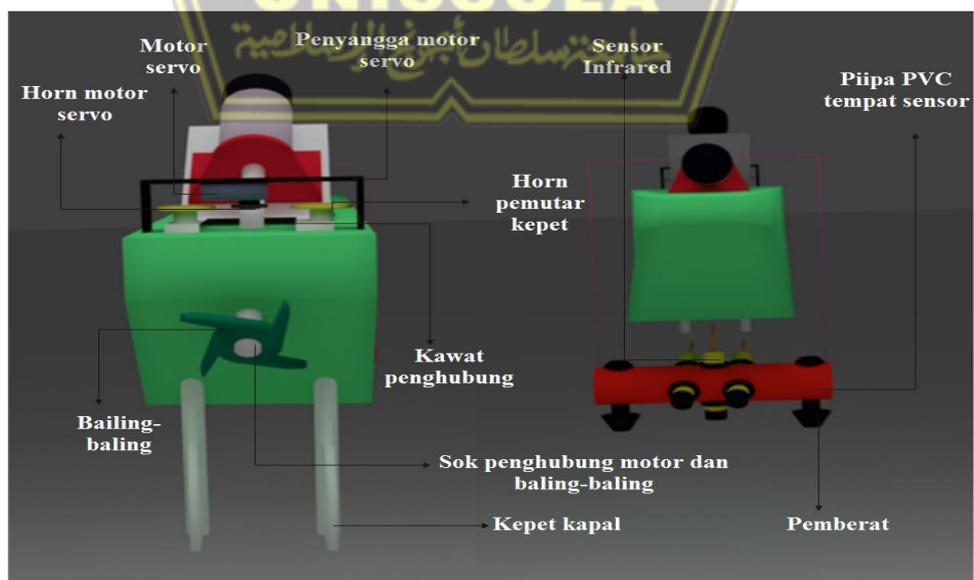
Gambar 3. 5 Penopang *adjustable infrared sensor switch* tampak samping

2. Penambahan fitur pelengkap

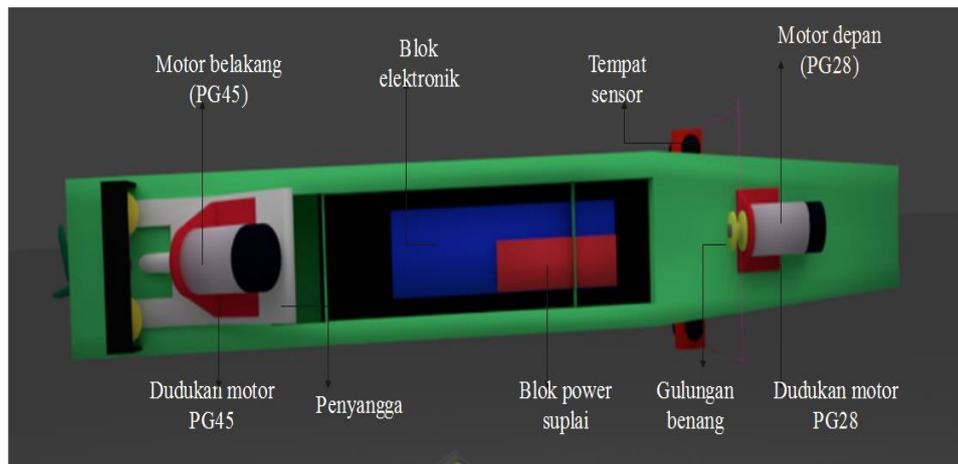
Menambahkan dukungan, plat penyangga, baling-baling dan lain sebagainya seperti berikut:



Gambar 3. 6 Desain kapal tampak samping

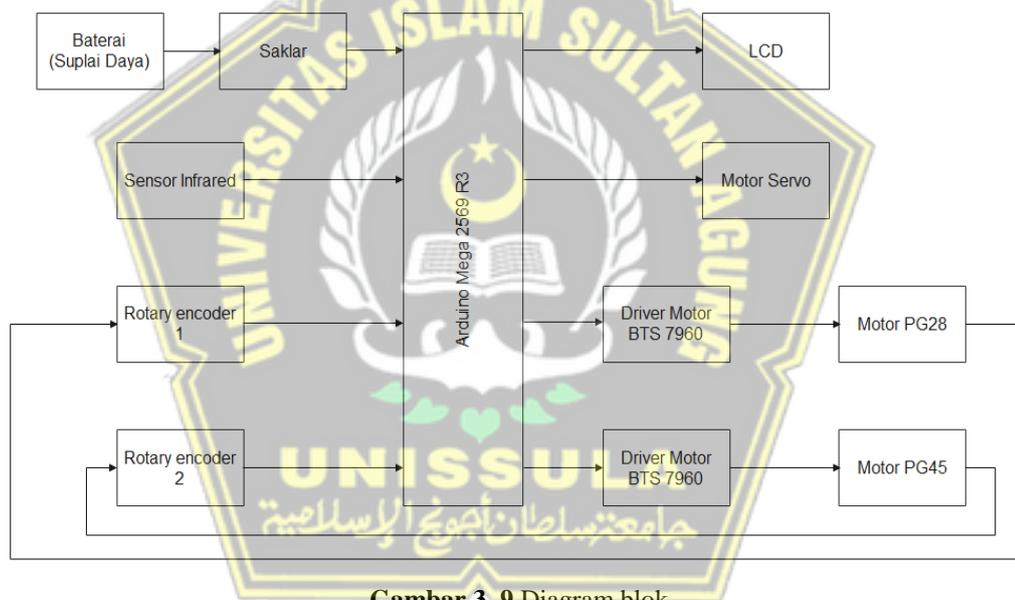


Gambar 3. 7 Desain kapal tampak depan dan belakang



Gambar 3. 8 Desain kapal tampak atas

3.3.3. Pembuatan Diagram Blok Sistem Keseluruhan



Gambar 3. 9 Diagram blok

Pada gambar 3.9 ditunjukkan blok diagram dari rancangan alat tugas akhir. Perancangan alat ini, terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses, dan output. Pada bagian input terdapat suplai daya yang mensuplai tegangan ke komponen-komponen elektronika yang terpasang pada alat. Pada suplai daya digunakan tiga buah baterai lipo dengan nilai tegangan 12 volt, dimana dalam pemasangannya dua dari tiga buah baterai dipasang secara paralel. Sumber tegangan yang disediakan memiliki dua varian yaitu pada nilai tegangan 12 volt dan 24 volt.

Pada bagian input terdapat *adjustable infrared sensor switch* yang memiliki fungsi sebagai pendeteksi halangan berupa adanya sedimentasi. Terdapat tiga buah *adjustable infrared sensor switch* yang digunakan dalam pengukuran volume sedimentasi. *Adjustable infrared sensor switch* ditempatkan pada pipa dengan pemasangan yang sejajar, dimana dua sensor menghadap menyerong ke bawah dan satu sensor menghadap lurus ke bawah. Bagian pipa ini diletakan di bawah kapal dengan dilengkapi tali sebagai media penghubung ketika pipa dinaik turunkan. Selain itu terdapat sensor rotary encoder yang terpasang dalam internal motor PG28 dan motor PG45. Rotary encoder merupakan sensor pendeteksi posisi dan kecepatan dengan memanfaatkan perpindahan mekanik menjadi sinyal-sinyal elektrik dan mengubah sinyal tersebut menjadi sebuah data. Pada penerapannya di alat ini rotary encoder mendeteksi perpindahan mekanik dari motor PG28 dan motor PG45. Perpindahan mekanik dari kedua motor tersebut berupa menjadi sinyal-sinyal elektrik dan mengubah sinyal tersebut menjadi sebuah data. Data yang dihasilkan inilah yang dikonversikan menjadi nilai per satuan sentimeter.

Bagian proses berupa mikrokontroler jenis Arduino Mega 2560. semua informasi atau data hasil dari pembacaan sensor akan diproses oleh mikrokontroler. Tahap proses merupakan tahap terpenting karena dalam tahap ini hasil pembacaan sensor akan diolah sehingga menghasilkan output yang sesuai. Pada *adjustable infrared sensor switch* menggunakan pin digital pada mikrokontroler Arduino Mega 2560. Masing-masing *adjustable infrared sensor switch* terhubung pada pin digital. dimana *adjustable infrared sensor switch* kiri terhubung pada pin digital no 23, *adjustable infrared sensor switch* tengah terhubung pada pin digital no 25 dan *adjustable infrared sensor switch* kanan terhubung pada pin digital no 27. Pada *adjustable infrared sensor switch* memancarkan sinar infrared yang merambat melalui media udara maupun air, kemudian laju perambatan cahaya yang dipancarkan dipantulkan kembali menuju receiver sensor ketika ada halangan. Hal ini karena cahaya infrared tidak dapat menembus suatu bahan tertentu yang tidak bisa ditembusnya seperti batu berwarna gelap, kayu dan lain sebagainya. Sensor ini akan aktif apabila

dalam kondisi low. Atau dapat diartikan bahwa ketika sensor mendeteksi suatu benda yang ada pada areanya maka sensor akan dalam keadaan low. Begitu sebaliknya ketika sensor tidak mendeteksi suatu benda maka sensor akan dalam keadaan high. Kondisi tersebut nantinya digunakan sebagai logika pada program yang menghasilkan sebuah tindakan yang berbeda tergantung kondisi terhadap output.

Rotary encoder digunakan untuk menghitung jarak yang ditempuh alat ketika mengukur ketinggian volume sedimentasi. Rotary encoder mendeteksi posisi dan kecepatan poros motor ketika berputar dengan memanfaatkan perpindahan mekanik menjadi sinyal-sinyal elektrik dan mengubah sinyal tersebut menjadi sebuah data. Pada penerapannya di alat ini rotary encoder mendeteksi perpindahan mekanik dari motor PG28. konfigurasi PIN rotary encoder adalah pin VCC dan pin GND adalah *power supply* positif dan *power supply* negatif rotary encoder. Pin A adalah keluaran data sensor A dan pin B adalah keluaran data sensor B yang dapat digunakan membaca posisi sudut, kecepatan sudut motor dan untuk indikasi motor maju dan motor mundur. Rotary encoder menggunakan pin interrupt pada mikrokontroler Arduino Mega 2560, dimana pin A rotary encoder terhubung pada pin Interrupt no 2 dan 18 Arduino Mega 2560 sedangkan pin B rotary encoder terhubung pada pin Interrupt no 3 dan 19 Arduino Mega 2560. Board Arduino Mega 2650 memiliki pin interrupt eksternal yang terbatas yang terdapat pada pin 2,3,18,19,20 dan 21.

Kemudian bagian output terdiri dari LCD I2C, driver motor BTS7960, motor PG 45, motor PG28 dan motor Servo. Setelah informasi atau data hasil dari pembacaan sensor telah diproses oleh mikrokontroler, mikrokontroler akan mengeksekusi perintah untuk menjalankan output. LCD I2C menampilkan informasi berupa nilai tinggi sedimentasi, panjang sedimentasi, lebar sedimentasi dan volume sedimentasi. Driver motor BTS7960 digunakan sebagai penguat karena tegangan dan arus keluaran mikrokontroler tidak mampu memenuhi kebutuhan tegangan dan arus motor DC. Untuk mengatur putaran motor digunakan sistem FET PWM (Pulse Width Modulation). Dalam

penggunaannya digunakan dua buah driver motor BTS7960 yang digunakan untuk mengontrol motor dc yang masing-masing terhubung pada motor PG28 dan motor PG45. Dalam mengontrol arah putaran motor digunakan pin R_PWM dan L_PWM pada Driver motor BTS7960. Pin R_PWM dan L_PWM pada Driver motor BTS7960 yang terhubung pada motor PG28 menggunakan pin nomor 7 dan pin nomor 6 arduino. Kemudian pada Driver motor BTS7960 yang terhubung pada motor PG45 menggunakan pin nomor 11 arduino untuk pin R_PWM dan pin nomor 10 arduino untuk pin L_PWM. Motor PG45 digunakan sebagai penggerak utama alat ini yang terpasang pada bagian belakang dengan tersambung pada baling-baling. Motor PG28 digunakan sebagai pengontrol pergerakan *adjustable infrared sensor switch* yang terpasang pada bagian depan alat.

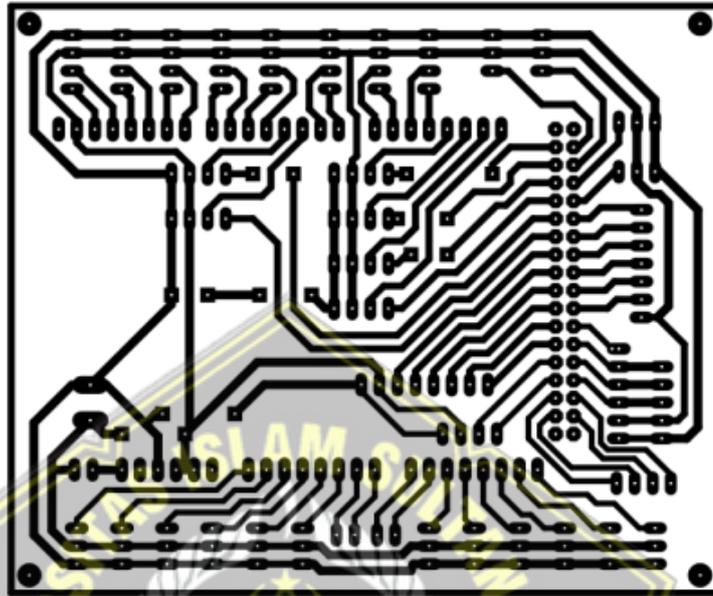
Terdapat motor Servo yang digunakan sebagai pengontrol pergerakan kapal. Motor servo bekerja dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation, PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Motor servo diletakkan dibagian belakang bersebelahan dengan motor PG45, motor servo mengontrol pergerakan kapal dengan menggerakkan dua buah kepet yang dipasang secara paralel. Perancangan diagram blok ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pembuatan alat[20].

3.3.4. Perancangan Perangkat Keras

1. Perancangan Board Ekstensi Arduino

Board ekstensi Arduino pada alat ini digunakan untuk menambah jangkauan dari pin digital, analog, maupun vcc dan ground yang ada di Arduino. Rangkaian ini disesuaikan supaya mampu digunakan untuk beberapa macam koneksi komponen elektronik. Tersedia socket untuk sensor yang keluaran berupa nilai analog. Tersedia juga socket untuk sensor yang keluaran berupa nilai digital akan dimasukkan ke bagian pin digital. Dalam satu socket terdiri dari 2 pin, vcc dan ground. Terdapat socket untuk pin serial yang digunakan sebagai komunikasi antar board Arduino menggunakan pin tx dan rx. Board

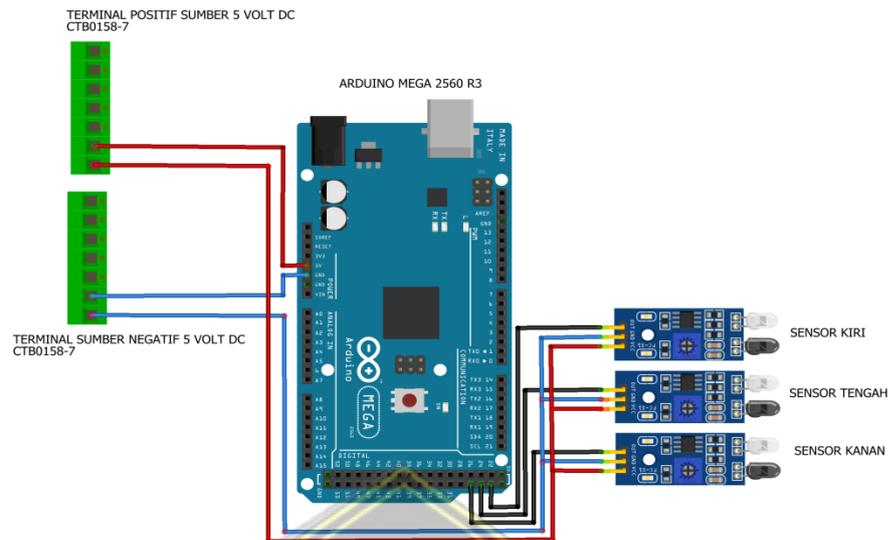
ekstensi ini juga menyediakan pin yang difungsikan khusus untuk terhubung ke bagian LCD I2c 20x4.



Gambar 3. 10 Board ekstensi Arduino Mega 2560

2. Perancangan *Adjustable Infrared Sensor Switch*

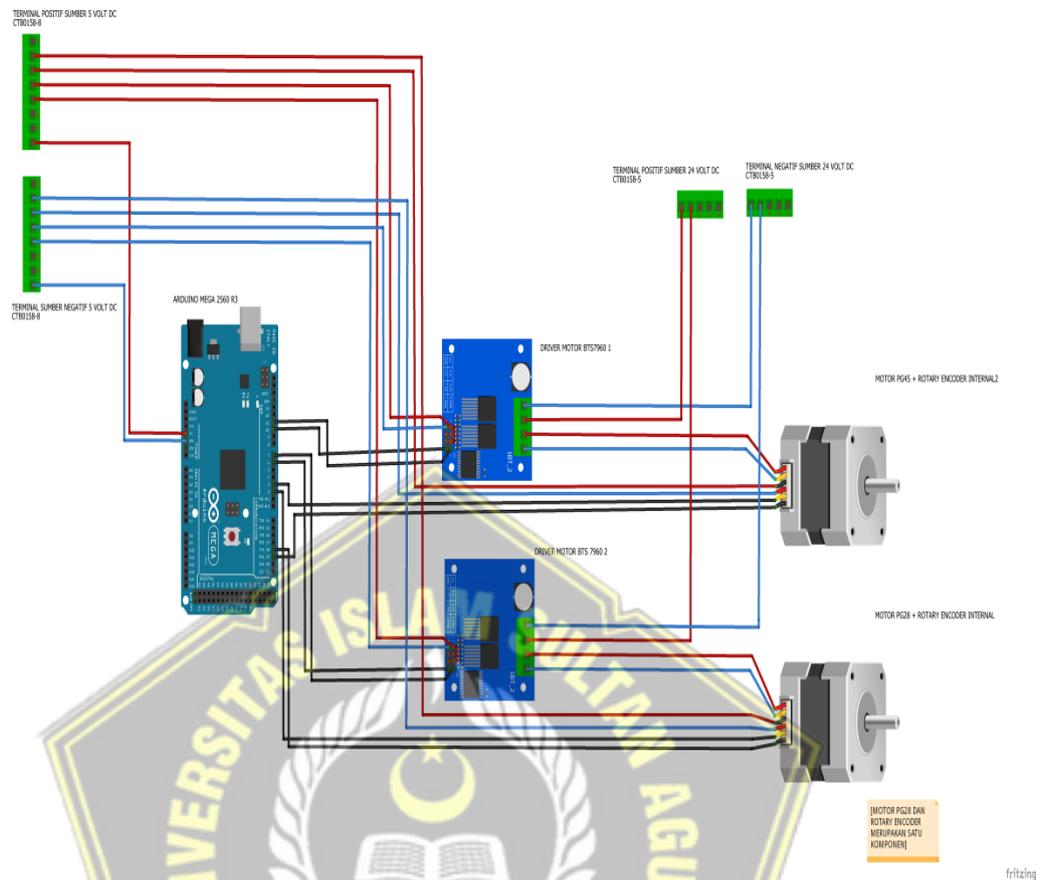
Adjustable infrared sensor switch digunakan untuk mendeteksi sedimen berupa pembacaan halangan pada jarak tertentu sesuai dengan perencanaan. *Adjustable infrared sensor switch* mendeteksi halangan pada jarak yang telah diatur sebelumnya, setelah *Adjustable infrared sensor switch* mendeteksi halangan data input akan dikirimkan menuju ke Arduino kemudian diolah sebagai input LOW(0). Dan apabila *Adjustable infrared sensor switch* tidak mendeteksi apapun pada jarak yang telah diatur maka input sensor yang diterima oleh Arduino adalah input HIGH(1). Untuk pin yang digunakan pada adjustable infrared sensor switch ini adalah pin 23, pin 25, dan pin 27. Gambar 3.11 menunjukkan *wiring diagram* dari adjustable infrared sensor switch menuju pin Arduino.



Gambar 3. 11 Wiring diagram *adjustable infrared sensor switch*

3. Perancangan Driver Motor Penggerak

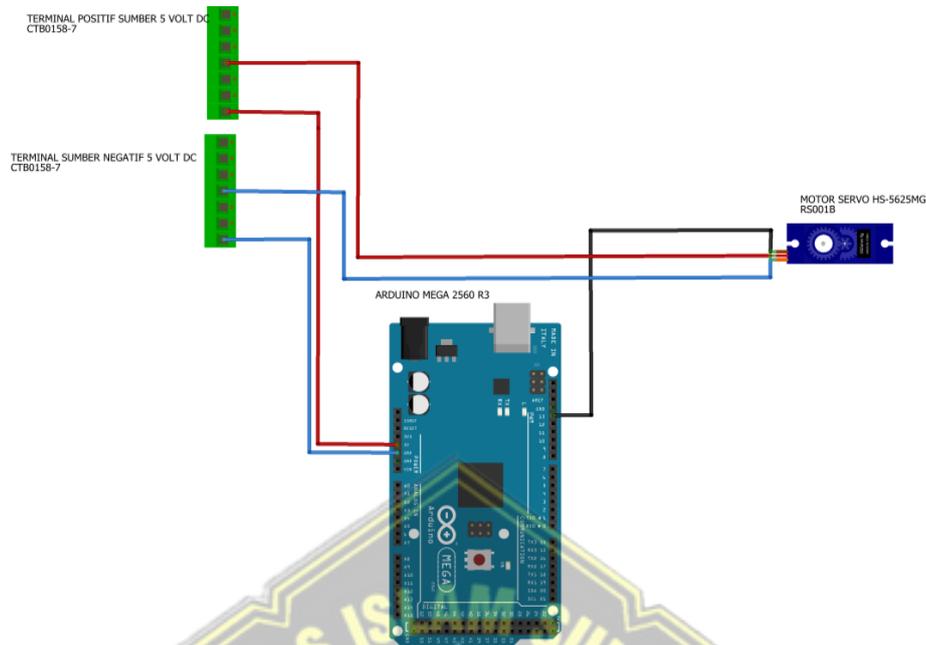
Driver motor yang digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan motor depan (PG28) dan motor belakang (PG45) yaitu driver motor BTS7960. Pin R_PWM dan L_PWM pada Driver motor BTS7960 yang terhubung pada motor PG28 menggunakan pin nomor 7 dan pin nomor 6 arduino. Kemudian pada Driver motor BTS7960 yang terhubung pada motor PG45 menggunakan pin nomor 11 arduino untuk pin R_PWM dan pin nomor 10 arduino untuk pin L_PWM. Pada kedua motor sudah terdapat rotary encoder yang terpasang pada bagian belakang motor. Rotary encoder pada motor PG28 terhubung dengan pin Arduino nomor 2 dan 18, sedangkan untuk rotary encoder pada motor PG45 terhubung dengan pin Arduino nomor 3 dan 19. Gambar 3.12 menunjukkan *wiring diagram* dari driver motor PG28 dan motor PG45.



Gambar 3. 12 Wiring diagram driver motor PG45, motor PG28

4. Perancangan Motor Servo

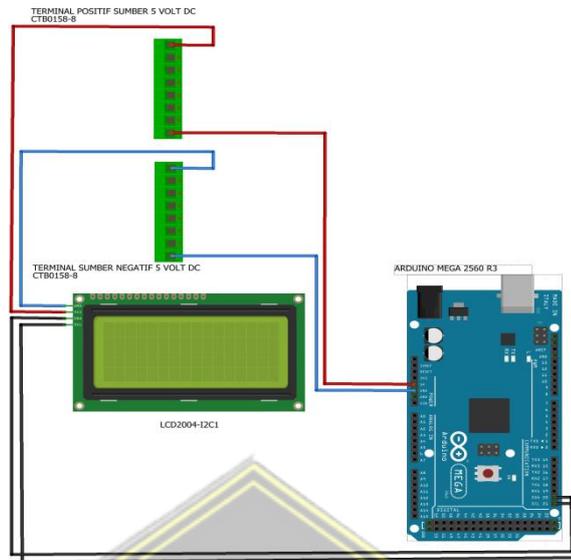
Motor Servo digunakan sebagai pengontrol pergerakan kapal, motor servo terhubung pada pin 13 Arduino. Motor servo bekerja dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation, PWM) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Gambar 3.13 menunjukkan *wiring diagram* dari motor servo.



Gambar 3. 13 Wiring diagram motor servo

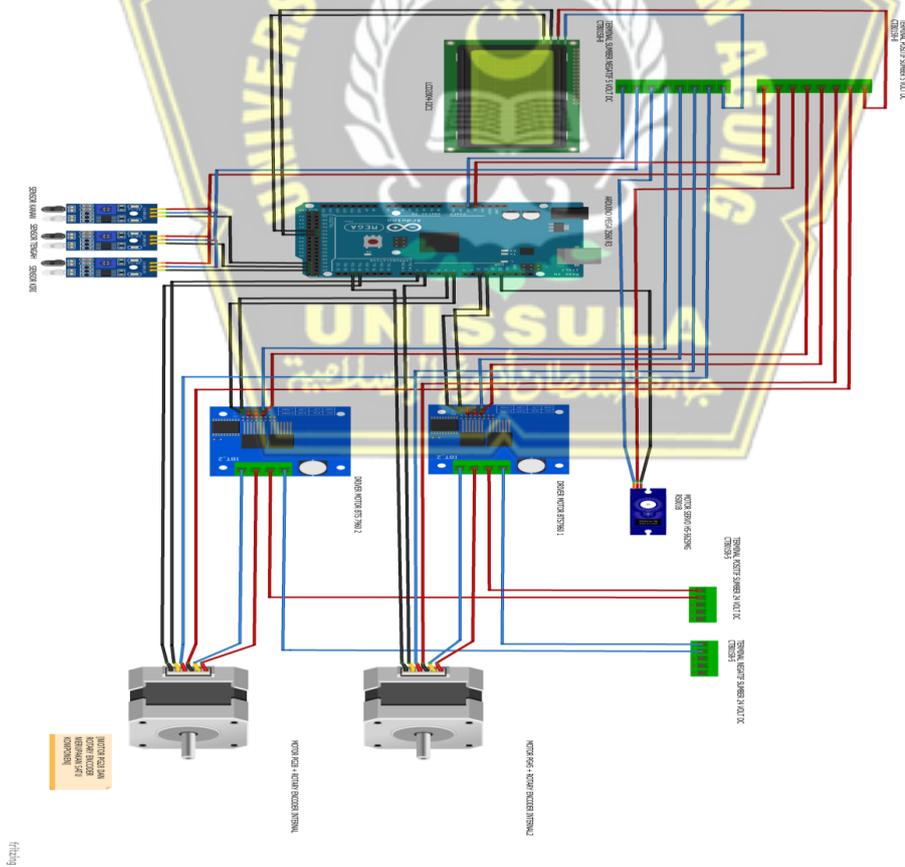
5. Perancangan LCD

Liquid crystal display (LCD) ini digunakan sebagai penampil data, karakter, dan huruf. Data yang nanti akan muncul pada LCD ini adalah data hasil pembacaan nilai panjang, lebar, dan tinggi serta hasil perhitungan yaitu volume. LCD yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah tipe LCD 20x4 I2C. Penggunaan tipe LCD 20x4 I2C dimaksudkan supaya mampu menampilkan data yang dapat ditampilkan berjumlah 4 baris dan 20 kolom saja. Dengan penambahan I2C mampu menghemat kebutuhan kabel karena hanya membutuhkan dua jalur kabel (SDA dan SCL) ditambah VCC dan Ground. LCD ini terhubung pada masing-masing pin pada Arduino yaitu pin 20, dan pin 21. Gambar 3.14 menunjukkan *wiring diagram* LCD dengan pin Arduino.



Gambar 3. 14 Wiring diagram LCD I2C

3.3.5. Blok Sistem



Gambar 3. 15 Wiring diagram alat pengukur volume sedimentasi

3.3.6. Perancangan Software

Memasukan *program arduino* beserta pemrograman PID ke hardware hingga menjadi kapal pendeteksi sedimentasi:

a. Program *Adjustable Infrared Sensor Switch*

Program *Adjustable Infrared Sensor Switch* ini dirancang untuk mengolah data hasil dari pembacaan *adjustable infrared sensor switch*. Ketika *adjustable infrared sensor switch* mendeteksi keberadaan sebuah halangan pada jarak tertentu dengan nilai yang sudah disetting, maka akan bernilai 0 atau kondisi LOW. Sebaliknya apabila *adjustable infrared sensor switch* tidak mendeteksi sebuah halangan pada jarak yang telah diatur, maka akan bernilai 1 atau HIGH.

Pengkondisian ini digunakan untuk acuan pendeteksian sedimen.

```
#define sensor_ki 27
#define sensor_ka 25
#define sensor_mid 23

void setup()
{
  pinMode(sensor_mid, INPUT);
  pinMode(sensor_ka, INPUT);
  pinMode(sensor_ki, INPUT);
}

bool sensorki()
{
  if(digitalRead(sensor_ki) == 0)
  {
    return true;
  }
  else
  {
    return false;
  }
}

bool sensorka()
{
  if(digitalRead(sensor_ka) == 0)
  {
    return true;
  }
}
```

```

else
{
return false;
}
}

bool sensormid()
{
if(digitalRead(sensor_mid) == 0)
{
return true;
}
else
{
return false;
}
}

```

b. Program motor penggerak

Program ini digunakan untuk mengontrol perputaran motor depan atau motor yang digunakan untuk menurunkan dan menaikkan sensor yang terdapat di bawah prototipe dan motor belakang atau yang digunakan untuk penggerak. Dengan putaran motor ke kanan yang berlawanan arah dengan jarum jam dan putaran motor ke kiri yang searah jarum jam.

```

#define motor_dpn1 6 //pin motor depan 1
#define motor_dpn2 7 //pin motor depan 2
#define motor_blk1 11 //pin motor belakang 1
#define motor_blk2 10 //pin motor belakang 2

pinMode(motor_dpn1, OUTPUT);
pinMode(motor_dpn2, OUTPUT);
pinMode(motor_blk1,OUTPUT);
pinMode(motor_blk2,OUTPUT);

void motor(int D)
{
if (D > 0)
{
analogWrite(motor_dpn1, D);
digitalWrite(motor_dpn2, LOW);
}
else if (D < 0)

```

```

    {
        analogWrite(motor_dpn1, 255+D);
        digitalWrite(motor_dpn2, HIGH);
    }
else
    {
        digitalWrite(motor_dpn1, LOW);
        digitalWrite(motor_dpn2, LOW);
    }
}

void motor2 (int B)
{
    if (B > 0)
    {
        analogWrite(motor_blk1,B);
        digitalWrite(motor_blk2,LOW);
    }
else if (B < 0)
    {
        analogWrite(motor_blk1,255+B);
        digitalWrite(motor_blk2,HIGH);
    }
else
    {
        digitalWrite(motor_blk1,LOW);
        digitalWrite(motor_blk2,LOW);
    }
}

```

c. Pemrograman PID

Program ini digunakan untuk mengontrol kecepatan motor penggerak, dengan pengaturan algoritma PID pergerakan motor dapat diawasi dengan kecepatan yang konstan supaya pengukuran volume sedimen lebih akurat.

```

float Kp = 1.2;
float Ki = 0.6;
float Kd = 0;
float pwmD;
float pwmB;
float rpmD, rpmB, errorD, errorB, errorID, errorIB,
    errorD1, errorB1;
int pulse;
float deltaTime;

```

```

float now;
float lastTime;
long millisSebelum;
int detik;
int Gear1 = 52, PPR1 = 7;

void RPM()
{
    now=millis();
    deltaTime=now-lastTime;
    if(deltaTime>=50)
    {
        rpmD=(pulse*60.0*1000.0)/(Gear1*PPR1*deltaTime);
        pulse=0;
        lastTime=now;
    }
    if(millis() > millisSebelum + 1000)
    {
        detik++;
        millisSebelum = millis();
    }
}

void runMotor(int D)
{
    errorD = D - rpmD;
    errorID += errorD;
    pwmD = (Kp * errorD) + (Ki * (errorID)) + (Kd *
        (errorD - errorD1));
    errorD1 = errorD;
    if(pwmD > 255)
    {
        pwmD = 255;
    }
    if(pwmD < -255)
    {
        pwmD = -255;
    }
    motor(pwmD);
}

void runMotor1(int B)
{
    errorB = B - rpmB;
    errorIB += errorB;
}

```

```

    pwmB = (Kp * errorB) + (Ki * (errorIB)) + (Kd *
        (errorB - errorB1));
    errorB1 = errorB;
    if(pwmB > 255)
    {
        pwmB = 255;
    }
    if(pwmB < -255)
    {
        pwmB = -255;
    }
    motor2(pwmB);
}

```

d. Program mengukur tinggi sedimen

Program ini diseting untuk mampu mengukur ketinggian sedimen, dengan acuan dari kondisi *adjustable infrared sensor switch* bagian kanan dan kiri. *Adjustable infrared sensor switch* kanan dan kiri mengontrol pergerakan motor depan ketika menaikan sensor. Pada saat motor depan menaikan *adjustable infrared sensor switch*, sensor rotary encoder internal motor depan membaca perpindahan roda gigi dan di implementasikan dalam bentuk pulsa. Jumlah pulsa yang didapat dalam satu putaran motor depan(PG28) sebesar 965 pulsa, sedangkan penggulung benang memiliki diameter luar 2 cm dan diameter dalam 1,2 cm. Nilai diameter penggulung benang diambil rata-ratanya yaitu sebesar 1,6 cm. Selanjutnya nilai rata-rata diameter akan diolah menjadi nilai keliling dengan rumus keliling lingkaran = $\phi \times d$. Didapatkan nilai keliling lingkaran sebesar 5,02 cm yang kemudian diolah untuk mengetahui jarak yang didapat dalam sekali putar dengan membagi nilai keliling gulungan benang dengan nilai pulsa per putaran, sehingga didapatkan hasil 0,0052 cm per pulsa. Nilai jarak yang didapat dalam sekali putar menjadi acuan untuk mendapat jarak per 1 cm, dimana nilai 1 cm dibagi nilai jarak yang didapat dalam sekali putar. Dari perhitungan tersebut didapatkan pulsa dalam setiap 1 cm atau dapat diartikan untuk mendapatkan pembacaan jarak 1 cm membutuhkan pulsa sebanyak 192,30 pulsa. Kemudian nilai diameter dan keliling lingkaran digunakan untuk mencari nilai tinggi dengan perhitungan tinggi :

kelilingLingkaran x counter/pulsaPeraRotasi. Setelah hasil perhitungan tinggi didapatkan, nilai tinggi ditambah jarak deteksi minimum *adjustable infrared sensor switch* bagian tengah (lastTinggi = tinggi + 6).

```
volatile long temp, counter = 0;
const float phi = 3.14;
const float d = 1.6;
const int pulsePerRotasi = 965;
float kelilingLingkaran = 0;
float tinggi = 0;
float lastTinggi= 0;

void mengukur_tinggi()
{
  if(counter != temp )
  {
    temp = counter;
  }
  kelilingLingkaran = phi*d;
  tinggi = kelilingLingkaran * counter/pulsePerRotasi;
  lastTinggi = tinggi + 6;
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print(lastTinggi);
  Serial.print("lastTinggi ");
  Serial.println(lastTinggi);
  delay(100);
}
```

e. Program mengukur panjang sedimen

Program ini disetting untuk mampu mengukur panjang sedimen, dengan acuan dari kondisi *adjustable infrared sensor switch* bagian tengah. *Adjustable infrared sensor switch* bagian tengah mengontrol perhitungan rotary encoder untuk menghitung kecepatan. Pada saat kapal bergerak dan sensor mulai mendeteksi, rotary encoder internal motor belakang membaca perpindahan roda gigi dan diimplementasikan dalam bentuk pulsa. Nilai pulas nantinya akan diolah menjadi rpm dengan perhitungan sebagai berikut $rpm = \frac{pulse * 60.0 * 1000.0}{Gear * PPR * \Delta Time}$. Nilai rpm digunakan untuk mencari nilai kecepatan dengan perhitungan $kecepatan = rpm * 2 * \pi * r / 60$. Didapatkan nilai panjang dari perhitungan jarak = kecepatan dikali waktu dengan acuan waktu = detik seperti rumus berikut jarak = kecepatan * detik.

```

int pulse;
float deltaTime;
float now;
float lastTime;
float kecepatan;
float jarak;
float panjang;
float lastPanjang;
int Gear = 19.2, PPR = 200;
float phi1 = 3.14;
float r = 0.75;
long millisSebelum;
int detik;
float pembagiCM = 10;

void mengukur_panjang()
{
  if(sensormid())
  {
    now=millis();
    deltaTime=now-lastTime;
    if(deltaTime>=50)
    {
      rpmB=(pulse*60.0*1000.0)/(Gear*PPR*deltaTime);
      pulse=0;
      lastTime=now;
      kecepatan = rpmB * 2 * phi * r/60;
      jarak = kecepatan * detik;
      lastPanjang = jarak/pembagiCM;
      panjang = lastPanjang;
      lcd.setCursor(8,1);
      lcd.print(panjang);
      Serial.print("panjang ");
      Serial.println(panjang);
    }
    if(millis() > millisSebelum + 1000)
    {
      detik++;
      millisSebelum = millis();
    }
  }
}

```

f. Program mengukur lebar sedimen

Program ini disetting untuk mampu mengukur lebar sedimen, dengan acuan dari kondisi *adjustable infrared sensor switch* bagian tengah. *Adjustable infrared sensor switch* bagian tengah mengontrol perhitungan rotary encoder untuk menghitung kecepatan. Pada saat kapal bergerak dan sensor mulai mendeteksi, rotary encoder internal motor belakang membaca perpindahan roda gigi dan diimplementasikan dalam bentuk pulsa. Dalam perhitungannya sama dengan program pengukuran panjang sedimentasi.

```

int pulse;
float deltaTime;
float now;
float lastTime;
float kecepatan;
float jarak;
float jarak1;
int Gear1 = 52, PPR1 = 7;
float phi1 = 3.14;
float r = 0.75;
long millisSebelum;
int detik;
float lebar;
float lastLebar;
float pembagiCM = 10;

void mengukur_lebar()
{
  if(sensormid())
  {
    now=millis();
    deltaTime=now-lastTime;
    if(deltaTime>=50)
    {
      rpmB=(pulse*60.0*1000.0)/(Gear*PPR*deltaTime);
      pulse=0;
      lastTime=now;
      kecepatan = rpmB * 2 * phi * r/60;
      jarak1 = kecepatan * detik;
      lastjarak = jarak1 - jarak;
      lastLebar= lastjarak/pembagiCM;
      lebar = lastLebar;
      lcd.setCursor(8,1);
      lcd.print(lebar);
      Serial.print("lebar ");
    }
  }
}

```

```

        Serial.println(lebar);
    }
    if(millis() > millisSebelum + 1000)
    {
        detik++;
        millisSebelum = millis();
    }
}
}

```

g. Program perhitungan volume

Program ini disetting untuk mampu menghitung volume sedimentasi dari hasil pengukuran tinggi, panjang dan lebar.

```

float volume;

void perhitungan_volume()
{
    volume = lastPanjang*tinggi*lebar;
    lcd.setCursor(7,3);
    lcd.print(volume);
    Serial.println("volume ");
    Serial.println(volume);
}

```

h. Program penampilan data

Program ini disetting untuk mampu menampilkan data nilai tinggi, panjang lebar dan volume sedimentasi ke LCD I2C.

```

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

```

```

void setup()
{
    //tampilan nilai tinggi
    Serial.begin (9600);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("tinggi : ");
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print("  cm");

    //tampilan nilai panjang
    lcd.setCursor(0,1);

```

```
lcd.print("panjang: ");
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print("  cm");

//tampilan nilai lebar
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("lebar  : ");
lcd.setCursor(12,2);
lcd.print("  cm");

//tampilan nilai volume
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("volume : ");
lcd.setCursor(12,3);
lcd.print("  cm3");
}

void mengukur_tinggi()
{
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print(tinggi);
  Serial.print("tinggi ");
  Serial.println(tinggi);
  delay(100);
}

void mengukur_panjang()
{
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print(panjang);
  Serial.print("panjang ");
  Serial.println(panjang);
}

void mengukur_lebar()
{
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print(lebar);
  Serial.print("lebar ");
  Serial.println(lebar);
}

void perhitungan_volume()
{
  lcd.setCursor(7,3);
```

```

    lcd.print(volume);
    Serial.println("volume ");
    Serial.println(volume);
}

```

i. Program sistem utama

Program ini disetting untuk mampu bekerja sesuai dengan flowchart sistem yang sudah dibuat.

```

#include <Servo.h>
Servo myservo;
int pos = 0;

void loop()
{
    if(!sensormid())//menurunkan sensor
    {
        if((flagmaju == 1)&&(flaglebar == 1))
        {
            motor2(0);
            motor(35);
            flagmaju = 0;
            flaglebar = 0;
        }
    }
    if(sensormid())// kapal maju
    {
        if((flagmaju == 0)&&(flaglebar == 0)||flagmanuver
== 1)
        {
            motor2(150);
            motor(0);
            flagmaju = 1;
            flaglebar = 1;
            flagmanuver = 0;
        }
    }

    if(sensorki()&&sensorka())
    {
        runMotor(-5);
        motor2(0);
        mengukur_tinggi();
    }
}

```

```

if(sensoraki()&&!sensoraka())
{
  motor(0);
  runMotor1(50);
  mengukur_panjang();
}

if(!sensormid()&&!sensoraka()&&!sensoraki())
{
  if((flagmaju == 1)&&(flaglebar ==1)&& (flagmanuver
== 0))
  {
    motor2(100);
    delay(500);
    for(pos=0; pos <=60; pos += 1)
    {
      myservo.write(pos);
      delay(20);
    }
    delay(6000);
    for(pos = 60; pos >=0; pos -= 1)
    {
      myservo.write(pos);
      delay(15);
    }
    flagmaju = 0;
    flaglebar = 0;
    flagmanuver = 1;
  }
}

if(sensoraka()&&!sensoraki())
{
  if(flagmanuver == 1)
  {
    runMotor1(40);
    mengukur_lebar();
    flagmanuver = 0;
  }
}

if(!sensoraka()&&!sensoraki()&&!sensormid())
{
  if((flagmaju == 0)&&(flaglebar == 0)&&
(flagmanuver == 0))

```

```

    {
      perhitungan_volume();
      motor2(0);
      motor(0);
      flagmaju = 1;
      flaglebar = 1;
      flagmanuver = 1;
    }
  }
}

```

3.3.7. Pengujian *Adjustable Infrared Sensor Switch* Sebelum Digunakan

Pengujian *adjustable infrared sensor switch* dilakukan untuk mengetahui kemampuan pendeteksiannya. Pada penerapannya *adjustable infrared sensor switch* disetting pada kemampuan maksimum deteksi objek paling dekat. *Adjustable infrared sensor switch* akan diuji di dalam air dan di luar air untuk mendapatkan jarak maksimum sensor mampu mendeteksi objek.

3.4. Pengujian Alat

Pengujian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian daya apung kapal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kapal mampu terapung sempurna atau tidak. Kapal dikatakan terapung sempurna apabila pada semua sisi dalam keadaan seimbang. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa batangan besi berukuran panjang +- 10 cm pada lambung kapal. Untuk jumlah pemberiannya disesuaikan keadaan apung kapal tersebut.

2. Pengujian nilai algoritma PID

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai proporsional dan integral yang digunakan untuk menentukan rpm pada motor PG28 yang digunakan untuk memutar tali yang digunakan untuk menaik-turunkan sensor inframerah yang berada di bawah alat.

3. Pengujian sensor

Langkah awal pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa peka sensor untuk mendeteksi kedalaman air. Kemudian melakukan pengujian keakuratan sensor dalam mengukur kedalaman. Sensor yang digunakan dalam pengujian adalah sensor *Adjustable Infrared Sensor Switch*. *Adjustable Infrared Sensor Switch* disetting jarak deteksinya pada kondisi minimum kemampuan ukurnya dengan memutar skala pada bagian belakang sensor ke arah berlawanan jarum jam. Pengujian dilakukan di luar air dan di dalam air dengan alas berwarna gelap dan terang. Setelah pengujian akan dilakukan penerapan ke prototipe. Dalam proses pengukuran sedimentasi sensor akan dinaik turunkan dengan bantuan 1 buah motor PG28 yang disertai rotary encoder. Rotary encoder digunakan untuk menghitung ukuran sedimentasi dengan menghitung putaran.

4. Pengujian motor penggerak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keluaran tegangan driver motor pada motor penggerak yaitu motor pg45 dan motor pg28. Nantinya keluaran tegangan dari driver motor masing-masing motor penggerak digunakan sebagai acuan penyaluran tegangan.

5. Pengujian keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Diharapkan alat mampu mengukur volume sedimentasi.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1. Pengujian Daya Apung Kapal

Pengujian daya apung dilakukan untuk mengetahui posisi kapal ketika di air apakah miring, tenggelam ataupun seimbang. Dalam pengujiannya dilakukan di kolam berukuran 1 m x 2 m. Tahapan yang dilakukan dalam melakukan pengujian daya apung kapal adalah sebagai berikut:

1. Menempatkan kapal pada kolam berukuran milik Fakultas Teknik.
2. Melihat reaksi kapal saat mengapung, apakah sudah seimbang atau tidak.
3. Apabila belum seimbang kapal perlu menambahkan beban berupa potongan besi pejal dengan panjang ± 10 cm yang disusun di lambung kapal.
4. Apabila sudah seimbang dilakukan penimbangan berat total besi yang dimasukkan ke lambung kapal menggunakan timbangan.
5. Mencatat berat besi yang telah dimasukkan pada lambung kapal.

Tabel 4. 1 Data Pembebanan kapal

No	Berat (Kg)	Kondisi Kapal
1.	0,5	Tidak seimbang
2.	1,5	Tidak seimbang
3.	2,5	Miring
4.	3,5	Tidak seimbang
5.	4,5	Sedikit miring
6.	5,5	Stabil, tetapi masih ada kemiringan
7.	6,5	Stabil
8.	7,5	Melebihi garis maksimum tenggelamnya lambung kapal
9.	8,5	Melebihi garis maksimum tenggelamnya lambung kapal, dikhawatirkan air mudah masuk ke dalam kapal.
10.	9,5	Terlalu tenggelam



Gambar 4. 1 Penimbangan besi pemberat pada kapal

Pada pengujian ini didapatkan hasil berat beban yang ditambahkan senilai 6,5 kg dengan kondisi yang stabil seperti yang tercantum pada Tabel 4.1 Data Pembebanan kapal, sedangkan pada Gambar 4.1 ditampilkan dokumentasi penimbangan berat besi pejal yang digunakan untuk pembebanan kapal.

4.2. Pengujian Adjustable Infrared Sensor Switch

Pengujian *adjustable infrared sensor switch* dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan cara kerja dari *adjustable infrared sensor switch*. Dalam penerapan pada alat ini pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah *adjustable infrared sensor switch* dapat bekerja secara baik atau tidak ketika berada di dalam air dan di daratan. Pengujian dilakukan pada media aquarium dengan alas gelap dan terang. Alas warna terang berupa keramik warna putih, sedangkan alas gelap berupa papan berwarna hitam. Terdapat tiga buah *adjustable infrared sensor switch* yang digunakan untuk mendeteksi sedimen yang berada di dasar air. Tiga buah *adjustable infrared sensor switch* tersebut dipasang seperti Gambar 3.4 Penopang *adjustable infrared sensor switch* dan Gambar 3.5 Penopang *adjustable infrared sensor switch* tampak samping. *Adjustable infrared sensor switch* 1 diletakkan menghadap ke arah bawah. *Adjustable infrared sensor switch* bagian tengah digunakan untuk mendeteksi dasar dan sedimen. Kemudian *adjustable infrared sensor switch* 2 dan 3 diletakkan 45° terhadap *adjustable infrared sensor switch* 1 dibagian kanan dan kiri *adjustable infrared sensor switch* 1. *Adjustable infrared sensor switch* ini digunakan untuk mendeteksi adanya sedimen yang ada

di depan. Tahapan yang dilakukan dalam melakukan pengujian *adjustable infrared sensor switch* adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan komponen pendukung seperti Arduino Mega 2560, Laptop, aquarium dan tiga buah *adjustable infrared sensor switch*.
2. Menghubungkan pin VCC *adjustable infrared sensor switch* ke sumber 5 volt pada board Arduino Mega 2560.
3. Menghubungkan pin GND *adjustable infrared sensor switch* ke GND pada board Arduino Mega 2560.
4. Menghubungkan pin data *adjustable infrared sensor switch* dengan salah satu pin digital Arduino Mega 2560.
5. Membuat program untuk pengaturan *adjustable infrared sensor switch* dan juga untuk mempermudah monitoring.
6. Mengatur jarak deteksi *adjustable infrared sensor switch* pada maksimum jarak deteksi terdekat dengan memutar baut pada bagian belakang *adjustable infrared sensor switch*.
7. Mengisi aquarium dengan air bersih dengan ketinggian yang diinginkan.
8. Melakukan pengukuran jarak deteksi di daratan dengan bantuan penggaris sebagai acuan ukuran cm.
9. Mengamati *adjustable infrared sensor switch* yang terdapat di dalam air, mencatat hasil jarak deteksinya.
10. Melakukan pengukuran jarak deteksi di dalam air dengan bantuan penggaris yang dimasukan di dalam aquarium sebagai acuan ukuran cm, memasukan *adjustable infrared sensor switch* ke dalam akuarium yang berisi air.
11. Mengamati *adjustable infrared sensor switch* yang terdapat di dalam air, mencatat hasil jarak deteksinya.
12. Melakukan kembali langkah 2 sampai 11 untuk ketiga *adjustable infrared sensor switch*.
13. Menambahkan tanah pada air untuk mendapatkan kekeruhan air sesuai dengan yang diinginkan.

14. Melakukan pengukuran jarak deteksi di dalam air keruh dengan bantuan penggaris yang dimasukkan di dalam aquarium sebagai acuan ukuran cm, memasukan adjustable infrared sensor switch ke dalam akuarium yang berisi air.
15. Mengamati adjustable infrared sensor switch yang terdapat di dalam air keruh, mencatat hasil jarak deteksinya.
16. Melakukan kembali langkah 14 sampai 15 untuk ketiga *adjustable infrared sensor switch*.
17. Melakukan kembali langkah 2 sampai 16 untuk ketiga adjustable infrared sensor switch dengan mengganti dasaran alas akuarium menjadi gelap.
18. Mengamati respon adjustable infrared sensor switch, mencatat hasil jarak deteksinya.

4.2.1. Pengujian *adjustable infrared sensor switch* pada alas berwarna terang

- a. Pengujian *adjustable infrared sensor switch* 1

Tabel 4. 2 Hasil pengujian adjustable infrared sensor switch 1 pada alas berwarna terang

No	Pengukuran <i>adjustable infrared sensor switch</i> 1		
	Di darat (cm)	Pada air bening (cm)	Pada air keruh (cm)
1	14,4	9,8	0
2	13,6	10	0
3	13	10,4	0
4	14	11,3	0
5	13,8	10,9	0
6	14,1	10,4	0
7	14	10,4	0
8	13,9	10,8	0
9	14,2	10,3	0
10	14,5	10,9	0
Rata-rata (cm)	13,95	10,52	0

b. Pengujian *adjustable infrared sensor switch 2***Tabel 4. 3** Hasil pengujian *adjustable infrared sensor switch 2* pada alas berwarna terang

No	Pengukuran <i>adjustable infrared sensor switch 2</i>		
	Di darat (cm)	Pada air bening (cm)	Pada air keruh (cm)
1	14,2	10,7	0
2	14,5	10,4	0
3	14,9	10,3	0
4	14,7	10,8	0
5	14,6	11,1	0
6	14,7	10,3	0
7	14,2	10,6	0
8	14,8	11,7	0
9	15	9,9	0
10	14,7	10,4	0
Rata-rata (cm)	14,63	10,62	0

c. Pengujian *adjustable infrared sensor switch 3***Tabel 4. 4** Hasil pengujian *adjustable infrared sensor switch 3* pada alas berwarna terang

No	Pengukuran <i>adjustable infrared sensor switch 3</i>		
	Di darat (cm)	Pada air bening (cm)	Pada air keruh (cm)
1	13,5	11,3	1,1
2	13,9	10,7	1,7
3	14,1	10,5	1,9
4	14	9,9	1,7
5	14,4	10	1,2
6	14,5	9,9	1,3
7	13,9	10,1	1,6
8	14,3	9,8	1,4
9	14,6	9,9	1,3
10	14,7	9,7	1,6
Rata-rata (cm)	14,19	10,18	1,48

Pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.4 tercantum hasil pengujian pembacaan jarak pembacaan *adjustable infrared sensor switch* terhadap halangan. Pengujian dilakukan di darat, di air bening dan di air keruh dengan dasaran pengukuran berwarna putih. Jarak pembacaan *adjustable infrared sensor switch* diatur pada pembacaan minimum kemampuannya. Masing-masing *adjustable infrared sensor switch* diuji coba sebanyak 10 kali pengukuran. *Adjustable infrared sensor switch* akan merespon ketika mendeteksi halangan berupa nyalanya lampu LED pada bagian belakang bodi *adjustable infrared sensor switch* dan mengirimkan sinyal data ke Arduino Mega 2560 bernilai LOW. *Adjustable infrared sensor switch* tetap bekerja selama halangan masih berada di area deteksinya. Berbeda ketika halangan berada diluar area, lampu LED pada *adjustable infrared sensor switch* mati dan sinyal data yang diberikan pada Arduino Mega 2560 berubah menjadi HIGH.

Dari 10 percobaan *adjustable infrared sensor switch* 1 yang dilakukan di darat, di air bening dan di air keruh dengan dasaran berwarna terang didapatkan hasil jarak pembacaan yang berbeda. Pada pengujian di darat didapatkan pembacaan terjauh senilai 14,5 cm dan jarak pembacaan terdekat senilai 13 cm. Kemudian pada pengujian di air bening didapatkan hasil jarak pembacaan terjauh senilai 11,3 cm dan jarak pembacaan terdekat senilai 9,8 cm. Sedangkan pada pengujian di air keruh sensor tidak mampu mendeteksi halangan. Dengan percobaan yang sama namun dengan *adjustable infrared sensor switch* yang berbeda yaitu *adjustable infrared sensor switch* 2 didapatkan hasil jarak pembacaan terjauh senilai 15 cm dan jarak pembacaan terdekat senilai 14,2 cm pada pengujian di darat. Pada pengujian di air bening didapatkan jarak pembacaan terjauh senilai 11,7 cm dan jarak pembacaan terdekat senilai 9,9 cm. Sama dengan pengujian pada *adjustable infrared sensor switch* 1, pengujian di air keruh sensor tidak mampu mendeteksi halangan. Dilanjutkan pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* berikutnya yaitu *adjustable infrared sensor switch* 3 didapatkan hasil jarak pembacaan terjauh senilai 14,7 cm dan jarak pembacaan terdekat

senilai 13,5 cm pada pengujian di darat. Dilanjutkan pada pengujian di air bening didapatkan jarak pembacaan terjauh senilai 11,3 cm dan jarak pembacaan terdekat senilai 9,7 cm. Berbeda dengan *adjustable infrared sensor switch 1* dan *adjustable infrared sensor switch 2*, pada pengujian di air keruh *adjustable infrared sensor switch 3* mampu mendeteksi halangan pada jarak pembacaan terjauh senilai 1,9 cm dan pembacaan terdekat senilai 1,1 cm. Pada kondisi pengujian di air keruh hanya *adjustable infrared sensor switch 3* yang mampu mendeteksi hal ini bisa terjadi karena adanya partikel sampah yang terdeteksi. Pada kondisi dilapangan *adjustable infrared sensor switch* susah mendeteksi objek.

Warna alas mempengaruhi besar intensitas pencahayaannya apabila menggunakan alas berwarna gelap maka intensitas pencahayaan semakin kecil. Sebaliknya apabila menggunakan warna alas berwarna terang, maka intensitas pencahayaannya semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan cahaya dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang diserap dan dipantulkan oleh masing masing warna.

4.2.2. Pengujian *adjustable infrared sensor switch* pada alas berwarna gelap

a. Pengujian *adjustable infrared sensor switch 1*

Tabel 4. 5 Hasil pengujian *adjustable infrared sensor switch 1* pada alas berwarna gelap

No	Pengukuran <i>adjustable infrared sensor switch 1</i>		
	Di darat (cm)	Pada air bening (cm)	Pada air keruh (cm)
1	5,5	0	0
2	6,6	0	0
3	6,1	0	0
4	7,1	0	0
5	6,8	0	0
6	7,5	0	0
7	6,9	0	0
8	7,3	0	0
9	7,1	0	0
10	6,8	0	0
Rata – Rata (cm)	6,77	0	0

b. Pengujian *adjustable infrared sensor switch 2***Tabel 4.6** Hasil pengujian *adjustable infrared sensor switch 2* pada alas berwarna gelap

No	pengukuran <i>adjustable infrared sensor switch 2</i>		
	Di darat (cm)	Pada air bening (cm)	Pada air keruh (cm)
1	5,2	0	2
2	5,4	0	2,4
3	5,6	0	1,8
4	5,3	0	2,1
5	6	0	1,5
6	5,8	0	1,8
7	5,4	0	1,9
8	5,3	0	1,8
9	5,7	0	2
10	5,4	0	1,9
Rata – rata (cm)	5,51	0	1,92

c. Pengujian *adjustable infrared sensor switch 3***Tabel 4.7** Hasil pengujian *adjustable infrared sensor switch 3* pada alas berwarna gelap

No	pengukuran <i>adjustable infrared sensor switch 3</i>		
	Di darat (cm)	Pada air bening (cm)	Pada air keruh (cm)
1	5,5	0	0,9
2	6,6	0	1,1
3	6,1	0	1,6
4	7,1	0	1
5	6,8	0	0,7
6	7,5	0	0,8
7	6,9	0	1,1
8	7,3	0	0,6
9	7,1	0	0,9
10	6,8	0	1,1
Rata – rata (cm)	6,77	0	0,98

Pada Tabel 4.5 sampai Tabel 4.7 tercantum tercantum hasil pengujian pembacaan jarak pembacaan *adjustable infrared sensor switch* terhadap halangan. Pengujian dilakukan di darat, di air bening dan di air keruh dengan dasaran pengukuran berwarna putih. Dari 10 percobaan *adjustable infrared sensor switch* 1 yang dilakukan di darat, di air bening dan di air keruh dengan dasaran berwarna terang didapatkan hasil jarak pembacaan yang berbeda. Pada pengujian di darat didapatkan terjauh adalah 7,5 cm dan jarak pembacaan terdekat 5,5 cm. Kemudian pada pengujian di air bening dan di air keruh sensor tidak dapat mendeteksi. Dengan percobaan yang sama namun dengan *adjustable infrared sensor switch* yang berbeda yaitu *adjustable infrared sensor switch* 2 didapatkan hasil jarak pembacaan terjauh adalah 6 cm dan jarak pembacaan terdekat 5,2 cm pada pengujian di darat. Pada pengujian di air bening *adjustable infrared sensor switch* 2 tidak mampu mendeteksi. Sedangkan pada pengujian di air keruh *adjustable infrared sensor switch* 3 mampu mendeteksi halangan pada jarak pembacaan terjauh adalah 2,4 cm dan pembacaan terdekat adalah 1,5 cm. Dilanjutkan pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* berikutnya yaitu *adjustable infrared sensor switch* 3 didapatkan hasil jarak pembacaan terjauh adalah 7,5 cm dan jarak pembacaan terdekat 5,5 cm pada pengujian di darat. Sama halnya pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* 2 di air bening *adjustable infrared sensor switch* 3 tidak mampu mendeteksi. Terakhir pada pengujian di air keruh *adjustable infrared sensor switch* 3 mampu mendeteksi halangan pada jarak pembacaan terjauh adalah 1,6 cm dan pembacaan terdekat adalah 0,6 cm. Pada kondisi pengujian di air keruh *adjustable infrared sensor switch* 2 dan *adjustable infrared sensor switch* 3 yang mampu mendeteksi hal ini bisa terjadi karena adanya partikel sampah yang terdeteksi. Pada kondisi dilapangan *adjustable infrared sensor switch* susah mendeteksi objek.

Pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* pada air bening dengan alas berwarna gelap, ketiga *adjustable infrared sensor switch* tidak dapat mendeteksi. Hal ini karena warna alas mempengaruhi besar intensitas pencahayaannya apabila menggunakan alas berwarna gelap maka intensitas pencahayaan semakin kecil. Sebaliknya apabila menggunakan warna alas

berwarna terang, maka intensitas pencahayaannya semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan cahaya dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang diserap dan dipantulkan oleh masing masing warna[21].

4.2.3. Penentuan nilai seting jarak pembacaan *adjustable infrared sensor switch*

Didapatkan hasil pengujian *adjustable infrared sensor switch* 1 pada alas berwarna terang yang ditampilkan pada tabel 4.1 dimana ditampilkan nilai jarak pembacaan rata-rata 13,95 cm untuk pembacaan di darat, 10,52 cm untuk pembacaan di air bening, dan untuk pembacaan di air keruh sensor tidak mampu membaca. Selanjutnya pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* 2 pada alas berwarna terang yang ditampilkan pada tabel 4.2 didapatkan nilai jarak pembacaan rata-rata 14,63 cm untuk pembacaan di darat, 10,62 cm untuk pembacaan di air bening, sedangkan pada pembacaan di air keruh sensor tidak mampu membaca. Pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* 3 pada alas berwarna terang yang ditampilkan pada tabel 4.3 didapatkan nilai jarak pembacaan rata-rata 14,19 cm untuk pembacaan di darat, 10,18 cm untuk pembacaan di air bening, dan 1,8 cm untuk pembacaan di air keruh.

Dilanjutkan pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* pada alas berwarna gelap pada saat pengujian *adjustable infrared sensor switch* 1 didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel 4.4 dimana ditampilkan nilai jarak pembacaan rata-rata 6,77 cm untuk pembacaan di darat, untuk pembacaan di air bening dan di air keruh sensor tidak mampu membaca. Selanjutnya pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* 2 didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel 4.5 dimana ditampilkan nilai jarak pembacaan rata-rata 5,51 cm untuk pembacaan di darat, untuk pembacaan di air bening sensor tidak mampu membaca, dan 1,92 cm untuk pembacaan di air keruh. Yang terakhir pada pengujian *adjustable infrared sensor switch* 3 didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel 4.6 dimana ditampilkan nilai jarak pembacaan rata-rata 5,51 cm untuk pembacaan di darat, untuk pembacaan di air bening sensor tidak mampu membaca, dan 0,98 cm untuk pembacaan di air keruh.

Terdapat perbedaan pembacaan pada pembacaan jarak dari ketiga *adjustable infrared sensor switch* baik di pengukuran pada alas berwarna terang maupun gelap, sehingga perlu disetting pada nilai tertentu kemampuan jarak pembacaan supaya mempermudah alat dalam melakukan pengukuran volume sedimentasi. Jarak pembacaan pada masing-masing *adjustable infrared sensor switch* diatur pada jarak pembacaan senilai 6 cm. Penyetingan dilakukan pada semua jenis pembacaan, terutama penyetingan pada pengujian di air. Hal ini karena nantinya ketiga *adjustable infrared sensor switch* digunakan di dalam air.

4.3. Pengujian Motor PG45

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana motor PG45 bagian belakang ini beroperasi. Motor PG45 ini digunakan untuk menggerakkan alat. dibutuhkan putaran yang sesuai supaya alat bergerak tidak terlalu cepat. Tahapan yang dilakukan pada pengujian motor PG45 adalah sebagai berikut:

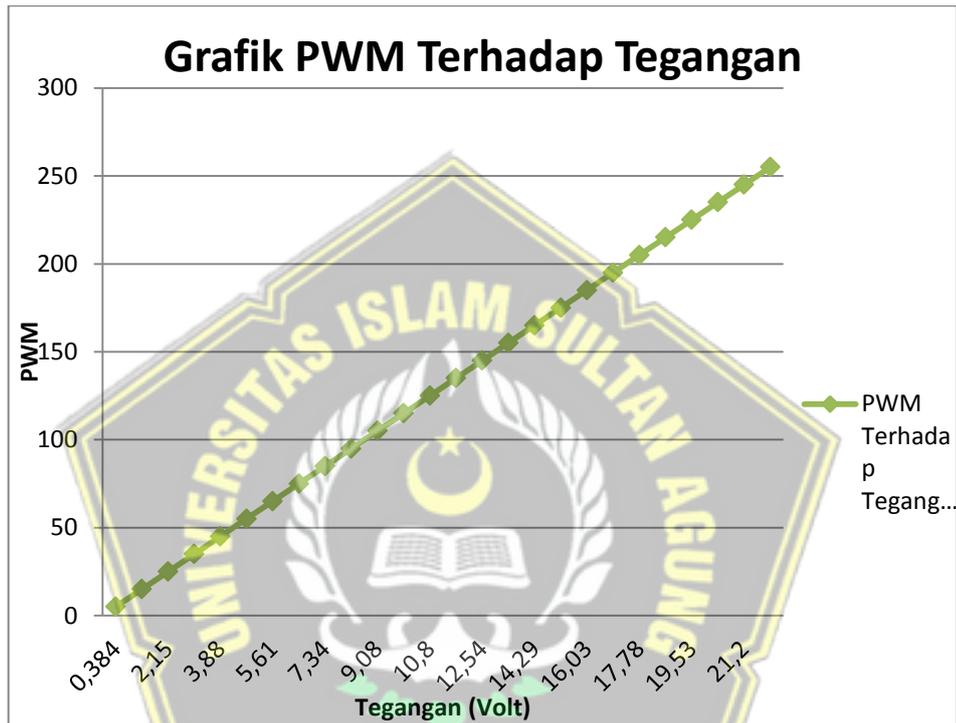
1. Menghubungkan driver motor BTS7960 ke sumber tegangan (baterai lipo 12 volt 3 cell).
2. Menghubungkan pin digital arduino nomor 11 ke pin R_PWM driver motor BTS7960.
3. Menghubungkan pin digital arduino nomor 10 ke pin L_PWM driver motor BTS7960.
4. Menyeting nilai PWM pada program arduino dengan nilai yang sudah ditetapkan.
5. Memasukkan program kendali motor PG45 pada Arduino.
6. Menjalankan sistem pengontrol motor PG45.
7. Mengamati pergerakan motor.
8. Mengukur tegangan driver motor BTS760 pada kedua output yang masuk ke motor PG45.
9. Mencatat hasil pengukuran yang tertampil pada alat ukur.
10. Mengulangi langkah 2 sampai 7 dengan nilai PWM yang berbeda-beda dengan nilai PWM berkelipatan 10 dari nilai PWM 5 sampai dengan 255.

Tabel 4. 8 Hasil pengujian motor PG45

No	Pulse Width Modulation (PWM)	Tegangan (Volt)
1.	5	0,384
2.	15	1,071
3.	25	2,15
4.	35	3,2
5.	45	3,88
7.	55	4,75
8.	65	5,61
9.	75	6,48
10.	85	7,34
11.	95	8,21
12.	105	9,08
13.	115	9,94
14.	125	10,8
15.	135	11,67
16.	145	12,54
17.	155	13,42
18.	165	14,29
19.	175	15,16
20.	185	16,03
21.	195	16,9
22.	205	17,78
23.	215	18,66
24.	225	19,53
25.	235	20,4
26.	245	21,2
27.	255	22,1

Terdapat perbandingan nilai PWM terhadap nilai keluaran tegangan dari Driver BTS7960 pada saat dilakukan pengujian motor PG45, terlihat pada Tabel

4.8 Hasil pengujian motor PG45 perubahan nilai tegangan pada saat nilai pwm naik. Nilai tegangan naik seiring naiknya nilai pwm yang diberikan. Nilai tegangan terendah terjadi ketika diberikan nilai pwm 5 yaitu sebesar 0,384 volt dan nilai tegangan tertinggi terjadi ketika diberikan nilai pwm 255 yaitu sebesar 22,1 volt.



Gambar 4. 2 Grafik PWM terhadap tegangan pada motor PG45

Tegangan yang keluar dari driver motor BTS7960 tersebut diatur melalui pulsa pwm yang diberikan dengan menyetting nilainya pada program arduino yang diberikan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560. Apabila pwm yang dikeluarkan kecil, maka tegangan yang keluar dari driver motor juga kecil. sebaliknya, apabila pulsa pwm yang dikeluarkan besar, maka tegangan yang keluar dari driver motor juga akan besar. Besar kecilnya tegangan berpengaruh pada putaran motor. Semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin kencang putaran motornya dan sebaliknya semakin kecil tegangan yang diberikan maka semakin pelan putaran motornya. Besarnya tegangan yang disuplai dibatasi oleh maksimal input tegangan yang diberikan oleh sumber.

Pengkonversian nilai PWM menjadi tegangan dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$d = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

Kemudian untuk menghitung tegangan keluaran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut;

$$V_{out} = d \times V_{in}$$

Sebagai sampel pada duty cycle 100% dari PWM dengan tegangan input 22,2 volt,



Gambar 4. 3 Duty Cycle 100% dan Nilai PWM 255

$$d = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

$$d = \frac{100}{(100 + 0)} \times 100\% = 1$$

Tegangan yang dihasilkan,

$$V_{out} = d \times V_{in}$$

$$V_{out} = 1 \times 22,2 = 22,2 \text{ Volt}$$

4.4. Pengujian Motor PG28

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana motor PG28 bagian belakang ini beroperasi. Motor PG28 ini digunakan untuk menggerakkan alat. dibutuhkan putaran yang sesuai supaya alat bergerak tidak terlalu cepat. Tahapan yang dilakukan pada pengujian motor PG28 adalah sebagai berikut:

1. Menghubungkan driver motor BTS9760 ke sumber tegangan (baterai lipo 12 volt 3 cell).
2. Menghubungkan pin digital arduino nomor 7 ke pin R_PWM driver motor BTS9760.
3. Menghubungkan pin digital arduino nomor 6 ke pin L_PWM driver motor BTS9760

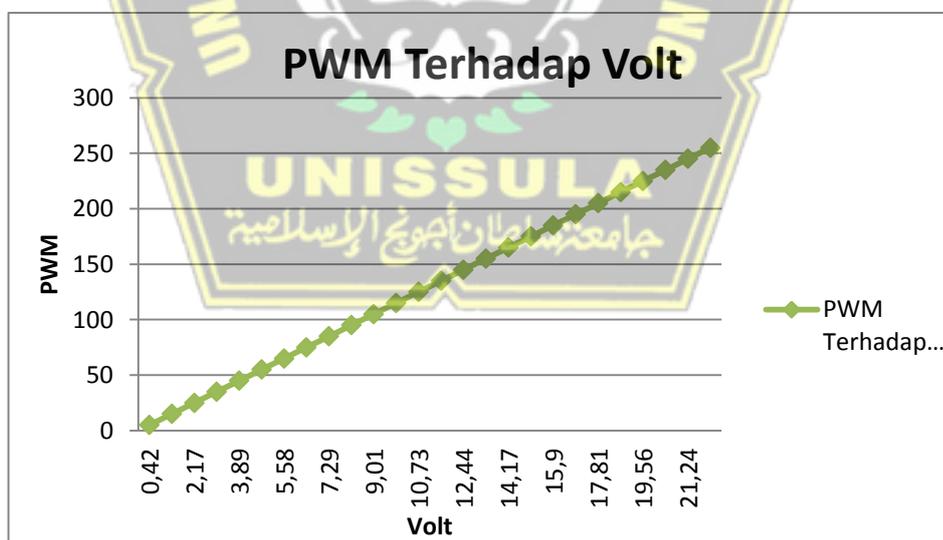
4. Menyeting nilai PWM pada program arduino dengan nilai yang sudah ditetapkan.
5. Memasukkan program kendali motor PG28 pada Arduino.
6. Menjalankan sistem pengontrol motor PG28.
7. Mengamati pergerakan motor.
8. Mengukur tegangan driver motor BTS9760 pada kedua output yang masuk ke motor PG28.
9. Mencatat hasil pengukuran yang tertampil pada alat ukur.
10. Mengulangi langkah 2 sampai 7 dengan nilai PWM yang berbeda-beda dengan nilai PWM berkelipatan 10 dari nilai PWM 5 sampai dengan 255.

Tabel 4. 9 Hasil pengujian motor PG28

No	Pulse Width Modulation (PWM)	Tegangan (Volt)
1.	5	0,42
2.	15	1,3
3.	25	2,17
4.	35	3,03
5.	45	3,89
7.	55	4,73
8.	65	5,58
9.	75	6,44
10.	85	7,29
11.	95	8,15
12.	105	9,01
13.	115	9,86
14.	125	10,73
15.	135	11,58
16.	145	12,44
17.	155	13,31
18.	165	14,17
19.	175	15,04

20.	185	15,90
21.	195	16,76
22.	205	17,81
23.	215	18,68
24.	225	19,56
25.	235	20,43
26.	245	21,24
27.	255	22,05

Pada Tabel 4.9 terlihat perbandingan terhadap pengujian motor PG45 berupa nilai PWM terhadap nilai tegangan yang keluar dari output Driver BTS7960. Dari data tersebut terlihat perubahan nilai tegangan yang cukup banyak pada saat nilai pwm naik. Nilai tegangan naik seiring naiknya nilai pwm yang diberikan. Nilai tegangan terendah terjadi ketika diberikan nilai pwm 5 yaitu sebesar 0,42 volt dan nilai tegangan tertinggi terjadi ketika diberikan nilai pwm 255 yaitu sebesar 22,05 volt.



Gambar 4. 4 Grafik PWM terhadap tegangan pada motor PG28

Sama dengan pengujian motor PG45 pada pengujian motor PG28 tegangan yang keluar dari driver motor BTS7960 tersebut diatur melalui pulsa pwm yang diberikan dengan menyetting nilainya pada program arduino yang diberikan ke mikrokontroler Arduino Mega 2560. Apabila pwm yang dikeluarkan

kecil, maka tegangan yang keluar dari driver motor juga kecil. sebaliknya, apabila pulsa pwm yang dikeluarkan besar, maka tegangan yang keluar dari driver motor juga akan besar. Besar kecilnya tegangan berpengaruh pada putaran motor. Semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin kencang putaran motornya dan sebaliknya semakin kecil tegangan yang diberikan maka semakin pelan putaran motornya. Besarnya tegangan yang disuplaikan dibatasi oleh maksimal input tegangan yang diberikan oleh sumber.

Pengkonversian nilai PWM menjadi tegangan dapat dilakukan dengan persamaan berikut :

$$d = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

Kemudian untuk menghitung tegangan keluaran dapat dihitung menggunakan persamaan berikut;

$$V_{out} = d \times V_{in}$$

Sebagai sampel pada duty cycle 50% dari PWM dengan tegangan input 22,2 volt,



Gambar 4. 5 Duty Cycle 50% dan Nilai PWM 127

$$d = \frac{t_{on}}{(t_{on} + t_{off})} \times 100\%$$

$$d = \frac{50}{(50 + 50)} \times 100\% = 0,5$$

Tegangan yang dihasilkan,

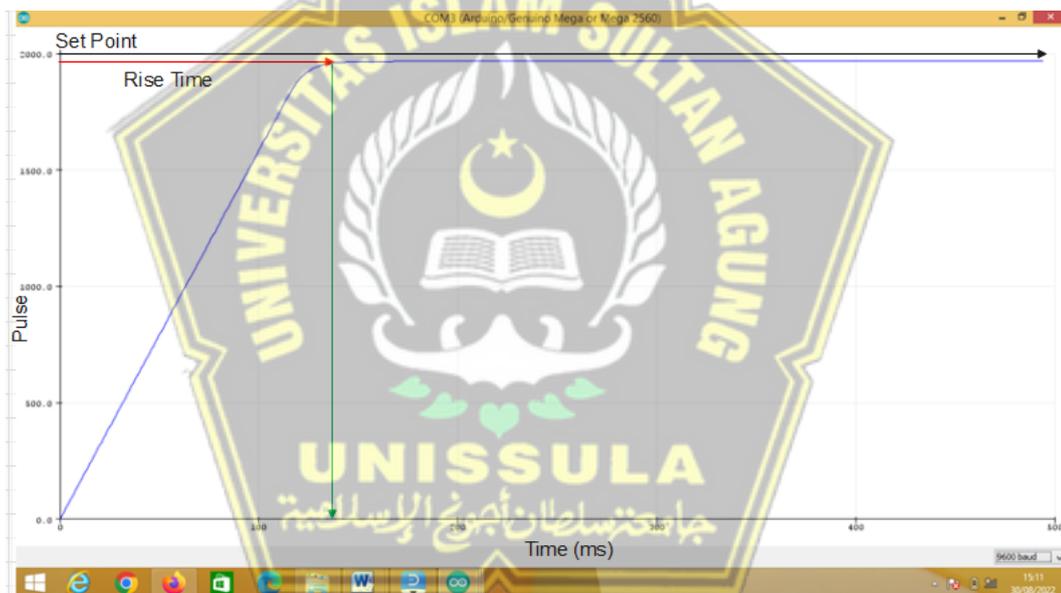
$$V_{out} = d \times V_{in}$$

$$V_{out} = 0,5 \times 22,2 = 11,1 \text{ Volt}$$

4.5. Pengujian PI Rotary Encoder

Pengujian PI rotary encoder ini dilakukan untuk menentukan nilai proporsional dan integral yang digunakan untuk menentukan rpm pada motor motor penggerak (PG45) dan motor PG28 yang digunakan untuk memutar tali yang digunakan untuk menaik-turunkan sensor inframerah yang berada di bawah

alat. Langkah awal, dilakukan penentuan nilai konstanta proporsional sebagai pengaturan kecepatan respon dari motor ketika menuju ke nilai *set point*. Nilai *set point* berupa setingan nilai pulsa yang dikeluarkan rotary encoder yang sudah dicantumkan pada program arduino. *Set point* ini menjadi acuan respon motor ketika nilai PI diberikan pada program arduino, ketika *set point* sudah tercapai maka motor akan berhenti. *Set point* disetting pada nilai 2000 dengan percobaan yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan memasukan nilai konstanta proporsional berkelipatan 0,2 dari nilai 0,2 sampai 2. Untuk pengujian nilai konstanta proporsional motor menuju *set point* dipilih nilai yang pada pengujian mampu menuju *set point* dengan selisih nilai puncak paling sedikit dengan nilai *set point* dan dengan *rise time* paling cepat.



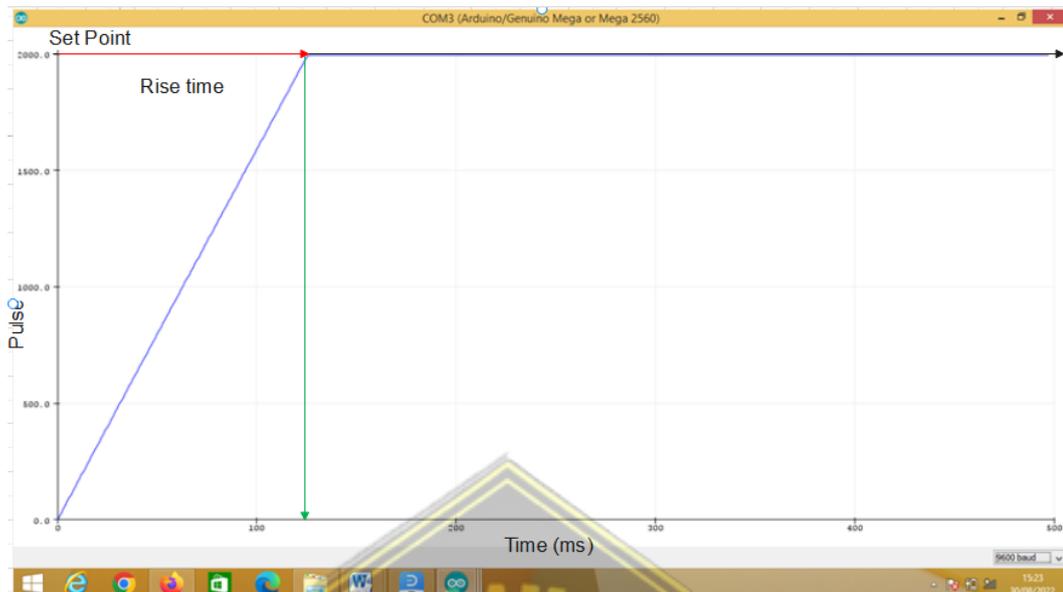
Gambar 4. 6 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 0,2$, $K_i = 0$ dan $K_d = 0$

Sebagai sampel pengujian pada nilai konstanta proporsional (K_p) 0,2, sistem tidak mampu menjangkau *set point* dengan selisih 50 digit dari nilai *set point* seperti yang tertampil pada Gambar 4.6 dan tercantum pada Tabel 4.10. Motor berhenti berputar sebelum mencapai nilai *set point*. Berikut merupakan tabel hasil pengujian respon pulsa motor dengan konstanta proporsional (K_p).

Tabel 4. 10 Hasil pengujian respon motor dengan konstanta proporsional (K_p) di dalam air

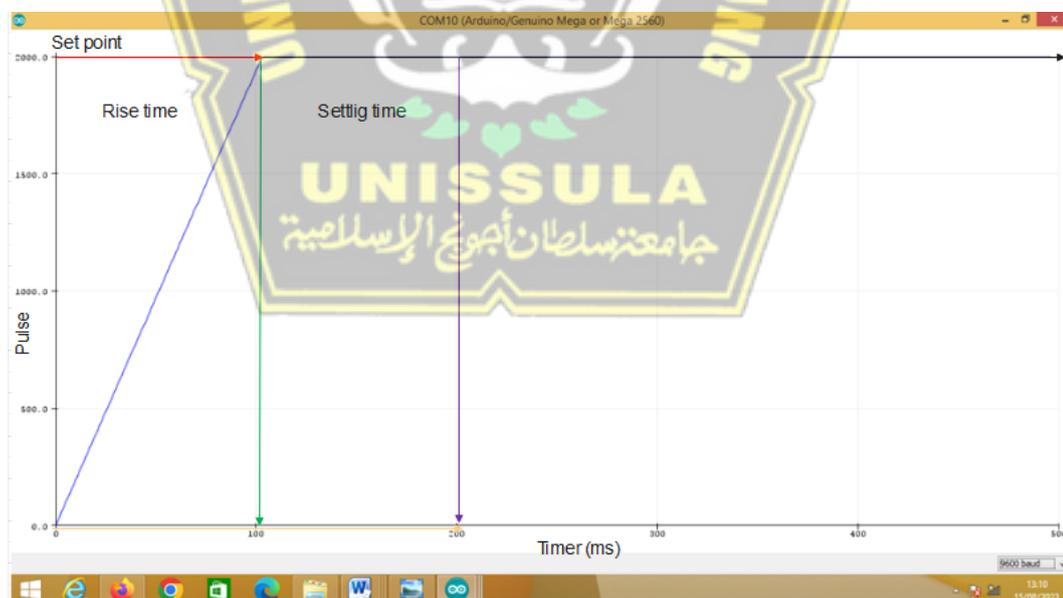
No	P			Selisih dari set point	Rise Time
	K_p	K_i	K_d		
1.	0,2	0	0	50	144,6 ms
2.	0,4	0	0	25	140,1 ms
3.	0,6	0	0	15	141,1 ms
4.	0,8	0	0	10	133,7 ms
5.	1	0	0	0	137,0 ms
6.	1,2	0	0	0	125,6 ms
7.	1,4	0	0	0	129,1 ms
8.	1,6	0	0	0	135,3 ms
9.	1,8	0	0	0	134,3 ms
10.	2	0	0	0	132,5 ms

Setelah dilakukan pengujian nilai konstanta proporsional, didapatkan hasil nilai konstanta proporsional senilai 1,4 yang digunakan pada prototipe dengan respon pembacaan pulsa oleh encoder pada motor. Sistem mampu menjangkau *set point* tanpa selisih dengan nilai rise time 129,1 ms seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.7. Nilai konstanta proporsional senilai 1,4 lebih baik dibandingkan menggunakan $K_p > 1,4$ ataupun $K_p < 1,4$. Karena pada saat nilai $K_p < 1,4$ sebagian besar respon sistem tidak mampu menuju *set point*, terdapat selisih dengan nilai *set point* pada pengujian konstanta proporsional bernilai 0,2 sampai 0,8 hanya pada pengujian nilai konstanta bernilai 1 yang mampu mencapai *set point*. Kemudian pada nilai $K_p < 1,4$ nilai *rise time* yang dicapai relatif lebih lama dibandingkan nilai konstanta proporsional bernilai 1,4. Dan apabila menggunakan nilai $K_p > 1,4$ nilai *rise time* yang dicapai relatif lebih lama dibandingkan nilai konstanta proporsional bernilai 1,4 walaupun tidak terdapat selisih dengan nilai *set point*.



Gambar 4. 7 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0$ dan $K_d = 0$

Setelah didapatkan nilai konstanta proporsional selanjutnya dilakukan penentuan nilai konstanta integral atau K_i untuk menstabilkan respon sistem untuk menuju nilai *set point*. Sebagai sampel pengujian pada nilai konstanta proporsional (K_p) bernilai 1,4 dan konstanta integral (K_i) bernilai 0,2.



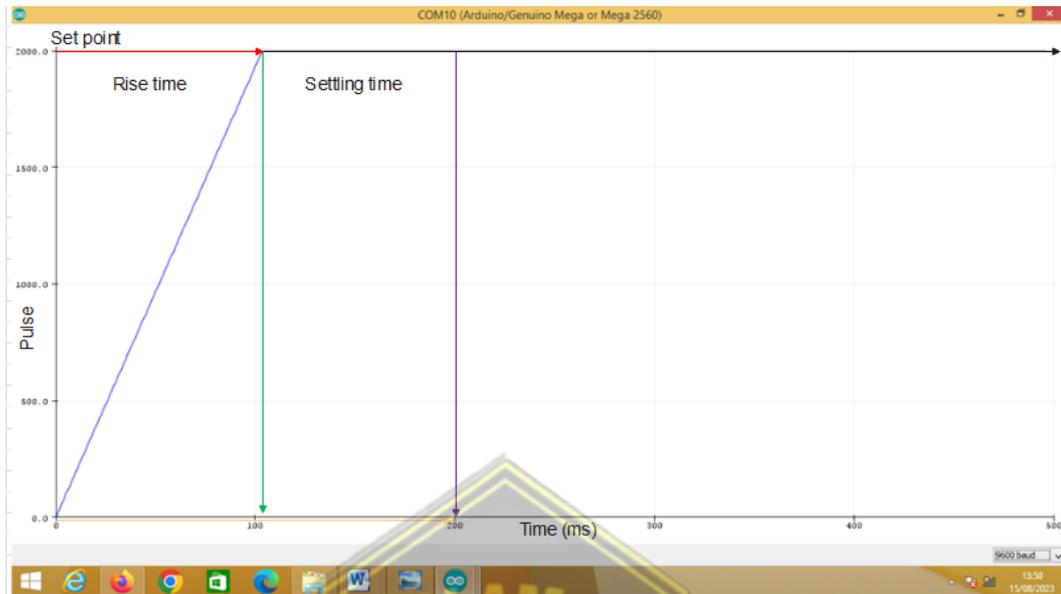
Gambar 4. 8 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0,2$ dan $K_d = 0$

Berikut merupakan tabel hasil pengujian respon pulsa motor dengan konstanta integral (K_i).

Tabel 4. 11 Hasil pengujian respon motor dengan konstanta integral (Ki) di dalam air

No	P			Settling Time	Error Steady State (%)
	Kp	Ki	Kd		
1.	1,4	0,2	0	233,2 ms	0
2.	1,4	0,4	0	236,4 ms	0
3.	1,4	0,6	0	234,5 ms	0
4.	1,4	0,8	0	232,6 ms	0
5.	1,4	1	0	235,2 ms	0
6.	1,4	1,2	0	234,5 ms	0
7.	1,4	1,4	0	233,2 ms	0
8.	1,4	1,6	0	235,0 ms	0
9.	1,4	1,8	0	236,5 ms	0
10.	1,4	2	0	234,0 ms	0

Setelah dilakukan pengujian nilai konstanta integral dengan 10 kali percobaan, didapatkan nilai konstanta integral (Ki) sebesar 0,8 karena hasil yang ditunjukkan lebih optimal dibandingkan menggunakan nilai $K_i < 0,8$ ataupun $K_i > 0,8$. Pada pengujian nilai Ki bernilai 0,8 didapatkan nilai *settling time* senilai 232,6 ms dengan *error steady state* 0 % seperti yang terlihat pada Gambar 4.9. Ketika menggunakan Ki kurang dari 0,8 nilai *settling time* yang dicapai relatif lebih besar dibandingkan pada saat diberi nilai Ki senilai 0,8. Sebagai sampel pada pengujian dengan nilai Ki bernilai 0,2 *settling time* dicapai dalam waktu 233,2 ms dengan *error steady state* 0 % seperti yang terlihat pada Gambar 4.8. Dan sama halnya ketika menggunakan nilai Ki kurang dari 0,8, pada saat pengujian menggunakan nilai Ki lebih dari 0,8 nilai *settling time* yang dicapai relatif lebih besar dibandingkan pada saat diberi nilai Ki senilai 0,8. Dari seluruh pengujian nilai konstanta integral (Ki) tidak didapatkan nilai *error steady state*, semua pengujian nilai Ki mampu mencapai *set point*.

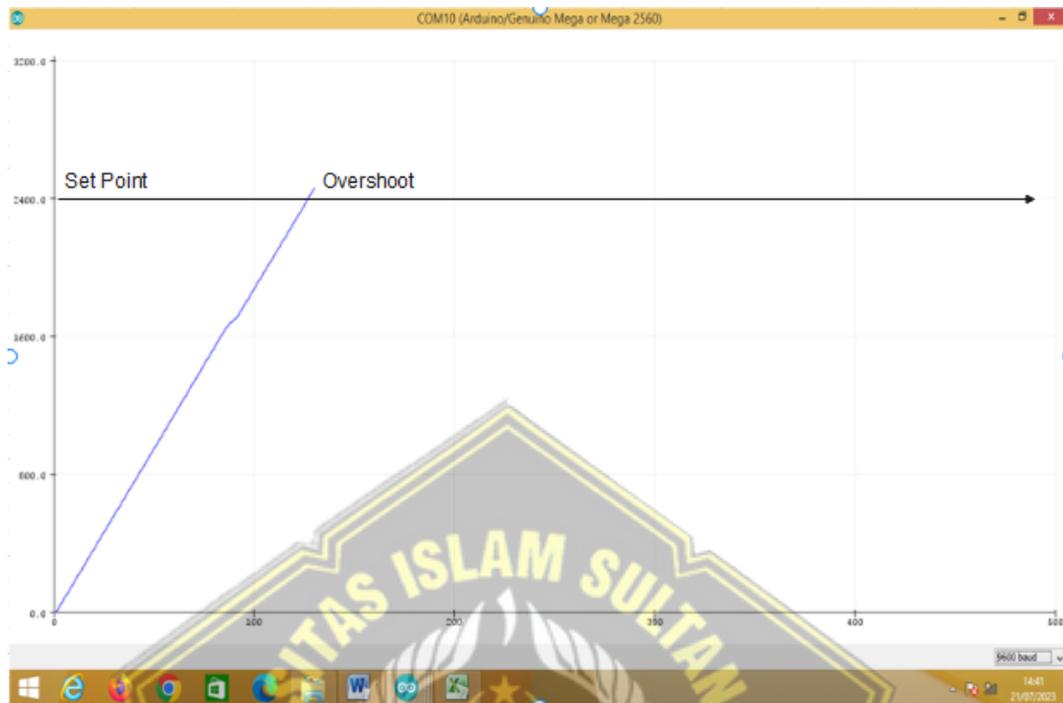


Gambar 4. 9 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0,8$ dan $K_d = 0$

Jadi setelah dilakukan dua pengujian nilai konstanta proporsional dan konstanta integral tersebut, diambil nilai K_p sebesar 1,4 dan K_i sebesar 0,8. Kemudian dilanjutkan pengujian penggunaan konstanta derivatif (K_d). Didapatkan hasil pengujian respon pulsa motor dengan konstanta derivatif (K_d) yang tercantum pada tabel 4.12.

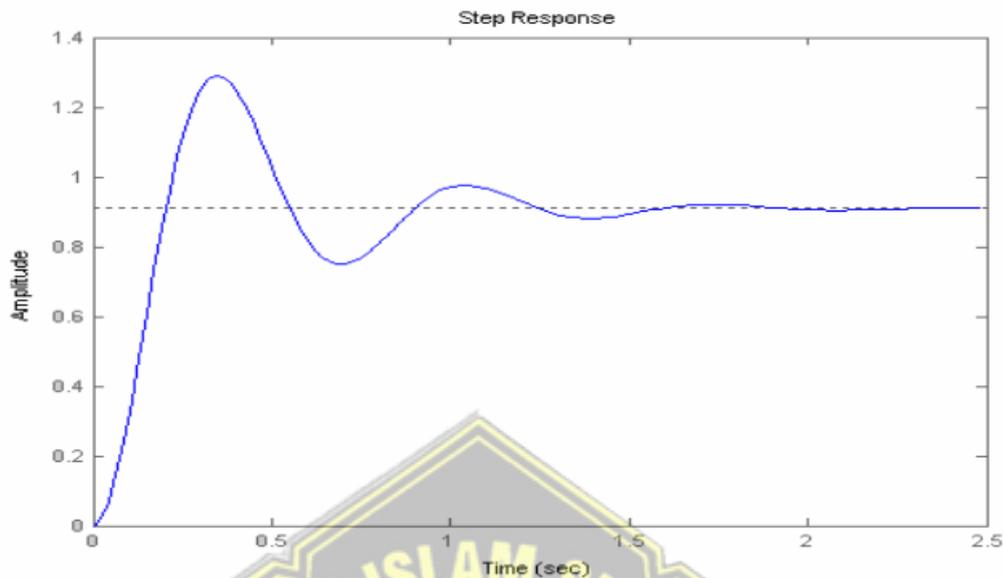
Tabel 4. 12 Hasil pengujian respon motor dengan konstanta derivatif (K_d) di dalam air

No	PID			Keterangan
	K_p	K_i	K_d	
1.	1,2	0,6	0,2	Melampaui nilai <i>set point</i>
2.	1,2	0,6	0,4	Melampaui nilai <i>set point</i>
3.	1,2	0,6	0,6	Melampaui nilai <i>set point</i>
4.	1,2	0,6	0,8	Melampaui nilai <i>set point</i>
5.	1,2	0,6	1	Melampaui nilai <i>set point</i>
6.	1,2	0,6	1,2	Melampaui nilai <i>set point</i>
7.	1,2	0,6	1,4	Melampaui nilai <i>set point</i>
8.	1,2	0,6	1,6	Melampaui nilai <i>set point</i>
9.	1,2	0,6	1,8	Melampaui nilai <i>set point</i>
10.	1,2	0,6	2	Melampaui nilai <i>set point</i>



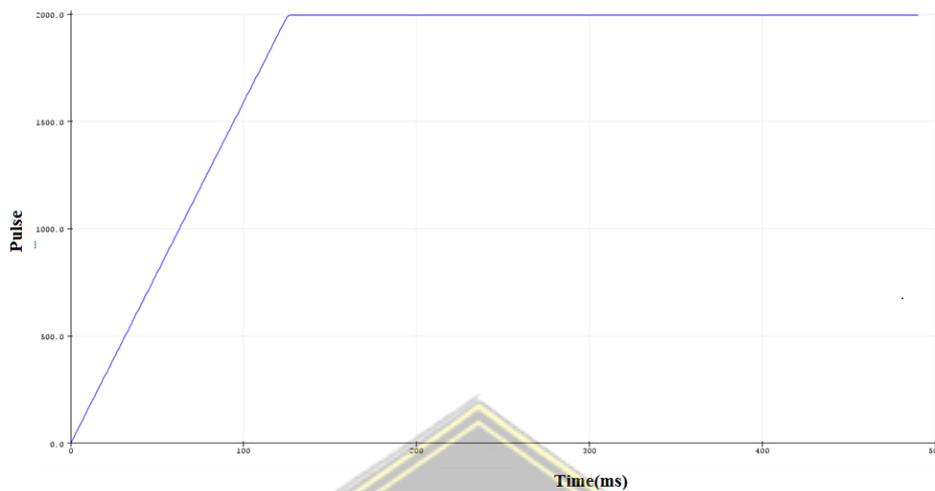
Gambar 4. 10 Grafik respon motor dengan nilai $K_p = 1,4$, $K_i = 0,8$ dan $K_d = 0,2$

Pada pengujian ini didapatkan hasil dari 10 kali percobaan didapatkan hasil respon berupa melampaui nilai *set point* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.10 sebagai gambar sampel grafik respon penambahan nilai K_d . Tidak digunakannya nilai konstanta derivatif karena ketika diberikan konstanta derivatif (K_d) nilai *set point* terlampaui. Namun pada program tetap diikutsertakan dengan memberikan nilai 0 pada settingan nilainya.



Gambar 4. 11 Tanggapan sistem terhadap aksi kontrol proporsional[22]

Kontrol PI digunakan untuk mengontrol kecepatan putaran motor depan dan belakang. Kontrol proporsional difungsikan untuk merubah lamanya waktu respon menuju *steady state*. Terlihat pada Gambar 4.11 sistem mampu mencapai nilai *set point* pada waktu sebelum 0,5 detik, namun terdapat overshoot dan osilasi. Sedangkan pada saat mencapai kondisi *steady state* membutuhkan waktu 2,5 detik. Pada penerapannya kontrol proporsional digunakan untuk mengontrol dan mengolah pulsa dari pembacaan *rotary encoder* baik pada motor belakang maupun motor depan. Kontrol proporsional mengoreksi pembacaan pulsa D dan B dalam bentuk $errorD$ dan $errorB$.



Gambar 4. 12 Grafik setelah penggunaan kontrol integral

Kemudian ditambahkan kontrol integral untuk mengurangi kesalahan yang ditimbulkan oleh kontrol proporsional. Terlihat pada Gambar 4.12 overshoot sudah tidak terjadi lagi dan osilasi berkurang. Penambahan sistem mampu mencapai nilai set point pada waktu 120 mili detik, namun terdapat overshoot dan osilasi. Sedangkan pada saat mencapai kondisi sateady state membutuhkan waktu 130 mili detik. Pada Kontrol integral mengatur nilai kesalahan pembacaan errorD dan errorB. Penggunaan Kontrol diferensial yang semestinya mampu memperbaiki atau mempercepat respons transien dari sebuah sistem serta dapat meredam osilasi, namun nyatanya setelah digunakan malah terjadi *overshot*. Oleh karena itu pada program diberi nilai 0 pada settingannya. Dalam mengontrol kecepatan motor digunakan formulasi sebagai berikut; $pwmD = (Kp * errorD) + (Ki * (errorID)) + (Kd * (errorD - errorD1))$ untuk motor depan dan $pwmB = (Kp * errorB) + (Ki * (errorIB)) + (Kd * (errorB - errorB1))$ untuk motor belakang. Pada penerapannya nilai PI yang sudah didapat mampu mengatur kecepatan putaran motor depan dan belakang. PI pada sistem digunakan untuk mengatur respon rpm motor yang lebih cepat dari sebelumnya yang tanpa menggunakan algoritma PI dan mengontrol nilai rpm motor dengan mengoreksi nilai pulsa hasil pembacaan *rotary encoder*.

4.6. Pengujian Algoritma Pembacaan Jarak

Pengujian algoritma pembacaan jarak ini adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah prototipe alat pendeteksi sedimen di bawah sungai ini dapat bekerja dengan baik atau tidak. Algoritma pembacaan jarak ini digunakan untuk melakukan pendeteksian panjang, lebar, dan tinggi sedimen. Terdapat dua sedimen yang digunakan dalam melakukan pengujian pembacaan jarak ini. Sedimen pertama menggunakan sedimen yang berbentuk balok berukuran panjang 31,5 cm, lebar 17,5 cm, dan tinggi 12,7 cm. Berikut merupakan tahapan pengujian algoritma jarak dari prototipe alat pengukur volume sedimen :

1. Pengujian pembacaan tinggi sedimen
2. Pengujian pembacaan panjang sedimen
3. Pengujian pembacaan lebar sedimen

4.6.1. Pengujian Pembacaan Tinggi Sedimen

Pada pengujian pembacaan tinggi sedimen ini dilakukan dengan cara mengolah data hasil rotary encoder. Saat sedimen belum terdeteksi oleh adjustable infrared sensor switch maka motor akan memutar tali untuk menurunkan sensor hingga ke dasar. Kemudian ketika sensor mendeteksi adanya sedimen maka motor akan memutar tali untuk membuat sensor naik hingga sensor tidak mengenai sedimen. Dari perputaran motor tersebut, diambil data rotary encoder ketika sensor berada di dasar dan ketika sensor naik mendeteksi sedimen. Kedua hasil tersebut kemudian dikalkulasi menjadi tinggi sedimen. Pengujian pembacaan tinggi sedimen ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan.



Gambar 4. 13 Pengujian pengukuran tinggi



Gambar 4. 14 Dokumentasi pengujian pengukuran tinggi sedimen

Nilai kesalahan atau *error* dapat dihitung dengan membandingkan hasil pengurangan nilai pembacaan alat ukur dengan nilai pembacaan sensor kemudian dibagi dengan nilai pembacaan alat ukur dan hasilnya dikalikan dengan 100. Sebagai contoh :

$$Error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai hasil pengukuran}}{\text{nilai asli}} \times 100 = \%$$

$$Error = \frac{12,7 - 12,73}{12,7} \times 100 = 0,23 \%$$

Tabel 4. 13 Hasil pembacaan tinggi sedimen

No.	Tinggi sedimen (cm)	Tinggi sedimen hasil pengukuran (cm)	Error
1.	12,7	12,73	0,23 %
2.	12,7	12,60	0,78 %
3.	12,7	12,88	1,41 %
4.	12,7	12,55	1,18 %
5.	12,7	12,57	1,02 %
6.	12,7	12,97	2,12 %
7.	12,7	12,63	0,55%
8.	12,7	12,67	0,23 %
9.	12,7	12,79	0,70 %
10.	12,7	12,54	1,25 %

Ditampilkan pada Tabel 4.12 berupa hasil pengujian pengukuran tinggi yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Didapatkan hasil pengukuran nilai tinggi yang paling mendekati nilai asli senilai 12,73 cm dengan nilai *error* 0,23 %, sedangkan nilai tinggi yang paling menjauhi nilai asli senilai 12,97 cm dengan nilai *error* 2,12 %.

4.6.2. Pengujian Pembacaan Panjang Sedimen

Pengujian pembacaan panjang sedimen ini dilakukan untuk mengetahui panjang dari sedimen. Panjang sedimen didapatkan melalui gerak prototipe dengan sensor sebagai pendeteksinya. Prototipe digerakkan dengan menggunakan motor samping kanan dan kiri. Pergerakan ini dilakukan mulai dari awal sedimen hingga akhir sedimen searah dengan panjang sedimen. Pengujian pembacaan panjang sedimen ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan.



Gambar 4. 15 Pengujian pengukuran panjang sedimen



Gambar 4. 16 Dokumentasi pengujian pengukuran panjang sedimen

Nilai kesalahan atau *error* dapat dihitung dengan membandingkan hasil pengurangan nilai pembacaan alat ukur dengan nilai pembacaan sensor kemudian dibagi dengan nilai pembacaan alat ukur dan hasilnya dikalikan dengan 100. Sebagai contoh :

$$Error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai hasil pengukuran}}{\text{nilai asli}} \times 100 = \%$$

$$Error = \frac{31,5 - 30,29}{31,5} \times 100 = 3,84 \%$$

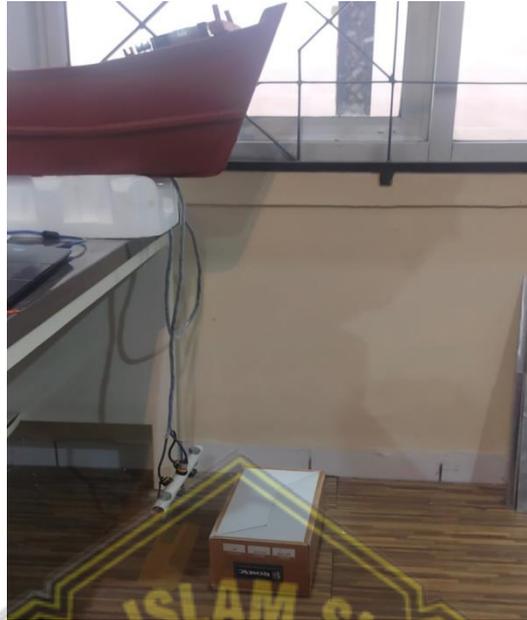
Tabel 4. 14 Hasil pembacaan panjang sedimen

No.	Panjang sedimen (cm)	Panjang sedimen hasil pengukuran (cm)	Error
1.	31,5	30,29	3,84 %
2.	31,5	31,00	1,58 %
3.	31,5	31,02	1,52 %
4.	31,5	30,90	1,90 %
5.	31,5	30,92	1,84 %
6.	31,5	30,34	3,68 %
7.	31,5	30,90	1,90 %
8.	31,5	31,02	1,52 %
9.	31,5	30,88	1,96 %
10.	31,5	31,02	1,52 %

Ditampilkan pada Tabel 4.13 berupa hasil pengujian pengukuran tinggi yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Didapatkan hasil pengukuran nilai panjang yang paling mendekati nilai asli senilai 31,02 cm dengan nilai *error* 1,52 %, sedangkan nilai panjang yang paling menjauhi nilai asli senilai 30,29 cm dengan nilai *error* 3,84 %.

4.6.3. Pengujian Pembacaan Lebar Sedimen

Pengujian pembacaan lebar sedimen ini dilakukan hampir sama dengan pembacaan panjang sedimen. Perbedaannya adalah pergerakan yang dilakukan mulai dari awal hingga akhir sedimen searah dengan lebar sedimen. Dengan melakukan counting pada saat mendeteksi sedimen maka lebar sedimen akan diketahui.



Gambar 4. 17 Pengujian pengukuran lebar sedimen



Gambar 4. 18 Dokumentasi pengujian pengukuran lebar sedimen

Nilai kesalahan atau *error* dapat dihitung dengan membandingkan hasil pengurangan nilai pembacaan alat ukur dengan nilai pembacaan sensor kemudian dibagi dengan nilai pembacaan alat ukur dan hasilnya dikalikan dengan 100. Sebagai contoh :

$$Error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai hasil pengukuran}}{\text{nilai asli}} \times 100 = \%$$

$$Error = \frac{17,5 - 18,47}{17,5} \times 100 = 5,54 \%$$

Tabel 4. 15 Hasil pembacaan lebar sedimen

No.	Lebar sedimen (cm)	Lebar sedimen hasil pengukuran (cm)	<i>Error</i>
1.	17,5	18,47	5,54 %
2.	17,5	18,80	7,42 %
3.	17,5	18,82	7,54 %
4.	17,5	18,84	7,65 %
5.	17,5	18,77	7,25 %
6.	17,5	18,46	5,48 %
7.	17,5	18,83	7,6 %
8.	17,5	18,77	7,25 %
9.	17,5	18,83	7,6 %
10.	17,5	18,83	7,6 %

Ditampilkan pada Tabel 4.14 berupa hasil pengujian pengukuran lebar yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Didapatkan hasil pengukuran nilai lebar yang paling mendekati nilai asli senilai 18,46 cm dengan nilai *error* 5,48 %, sedangkan nilai lebar yang paling menjauhi nilai asli senilai 18,83 cm dengan nilai *error* 7,6 %.

4.7. Analisa Hasil

Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :

Yang pertama pada pengujian daya apung setelah dilakukan percobaan dengan memasukan material besi pejal berukuran ± 10 cm ke lambung kapal yang mengapung di kolam didapatkan hasil berat beban yang harus ditambahkan senilai 6,5 kg.

Selanjutnya pada pengujian motor PG45 dan motor PG28 didapatkan perubahan nilai tegangan pada saat nilai pwm naik. Nilai tegangan naik seiring naiknya nilai pwm yang diberikan. Pada pengujian motor PG45 nilai tegangan terendah terjadi ketika diberikan nilai pwm 5 yaitu sebesar 0,384 volt dan nilai tegangan tertinggi terjadi ketika diberikan nilai pwm 255 yaitu sebesar 22,1 volt.

Sedangkan pada motor PG28 nilai tegangan terendah terjadi ketika diberikan nilai pwm 5 yaitu sebesar 0,42 volt dan nilai tegangan tertinggi terjadi ketika diberikan nilai pwm 255 yaitu sebesar 22,05 volt. Perubahan nilai tegangan yang keluar ini akan menyebabkan cepat lambatnya putaran motor, untuk kasus di motor PG45 kecepatan putaran motor berpengaruh pada pergerakan kapal ketika di air. Sedangkan kasus pada motor PG28 kecepatan putaran motor berpengaruh pada cepat lambatnya motor dalam menggulung tali. Kecepatan putaran motor berpengaruh pada hasil pembacaan sensor, apabila terlalu cepat akan menyebabkan sensor susah membaca dan sebaliknya.

Pada pengujian Pengujian PI rotary encoder didapatkan hasil nilai konstanta proporsional senilai 1,2, nilai 1,2 memiliki respon yang lebih stabil dengan lebih sedikit osilasi serta mampu mencapai *set point* dibandingkan menggunakan $K_p > 1,2$ ataupun $K_p < 1,2$. Setelah dilakukan pengujian nilai konstanta integral, didapatkan nilai konstanta integral (K_i) sebesar 0,6 dengan hasil yang lebih optimal dibandingkan menggunakan nilai $K_i < 0,6$ ataupun $K_i > 0,6$ dengan tercapainya nilai *set point* paling cepat. Untuk Konstanta diferensial tidak dicantumkan karena pada pengujian didapatkan hasil nilai osilasi yang besar dan tidak dapat menuju ke nilai *set point*.

Dari pengujian pengujian pembacaan panjang, lebar, dan tinggi sedimen akan diolah menjadi nilai volume. Dari masing-masing ukuran dilakukan 10 kali percobaan pengukuran yang hasil akhirnya dihitung menjadi data volume dengan melakukan perkalian panjang, lebar, dan tinggi sedimen. Sebagai contoh :

$$V = p \times l \times t$$

$$V = 30,22 \times 18,46 \times 12,29 = 7121,87 \text{ cm}^3$$

Nantinya nilai volume yang didapat dari perhitungan diatas akan dibandingkan dengan nilai volume asli sedimen yang disajikan dalam bentuk nilai *error*. Sebagai contoh :

$$Error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai hasil pengukuran}}{\text{nilai asli}} \times 100 = \%$$

$$Error = \frac{7.000,87 - 7121,87}{7.000,87} \times 100 = 1,72 \%$$

Tabel 4. 16 Hasil perhitungan volume sedimen

No.	Volume asli (cm ³)	Volume Pengukuran (cm ³)	Error (%)
1.	7.000,87	7121,87	1,72
2.	7.000,87	7343,28	4,89
3.	7.000,87	7519,29	7,40
4.	7.000,87	7306,05	4,35
5.	7.000,87	7295,23	4,20
6.	7.000,87	7264,19	3,76
7.	7.000,87	7348,72	4,96
8.	7.000,87	7377,04	5,37
9.	7.000,87	7437,00	6,22
10.	7.000,87	7324,69	4,62
Rata-rata error (%)			4,74

Dari hasil perhitungan volume pengukuran yang didapatkan dari perhitungan nilai panjang pengukuran, lebar pengukuran dan tinggi pengukuran sedimen yang kemudian dicari perbandingan antara nilai volume asli sedimen dengan nilai volume hasil pengukuran. Perbandingan antara nilai volume asli sedimen dengan nilai volume hasil pengukuran disajikan dalam bentuk nilai *error* yang ditampilkan pada Tabel 4.15. Dari 10 data volume asli dan volume hasil pengukuran yang tercantum didapatkan hasil nilai volume pengukuran yang paling mendekati nilai asli senilai 7121,87 cm³ dengan nilai *error* 1,72 %, sedangkan nilai yang paling menjauhi nilai asli senilai 7519,29 cm³ dengan nilai *error* 7,40 %. Rata-rata nilai *error* dari 10 kali pengukuran senilai 4,74 %.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari tugas akhir yang telah dibuat ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Semakin besar nilai K_p yang diberikan, respon sistem menunjukkan semakin cepat mencapai keadaan optimal. Namun ketika diberi nilai yang berlebihan, maka sistem bekerja secara tidak stabil.
2. Penambahan nilai K_d tidak cocok dalam sistem karena respon yang menyebabkan *overshot*.
3. Jarak deteksi *adjustable infrared sensor switch* dipengaruhi oleh warna permukaan sebuah objek. Warna objek yang terang membuat jarak deteksi *adjustable infrared sensor switch* lebih jauh dibandingkan warna objek yang gelap. Sebagai contoh pada pendeteksian di darat ketiga *adjustable infrared sensor switch* mampu mendeteksi rata-rata sejauh 14,25 cm untuk objek berwarna terang dan 10,44 cm untuk objek berwarna gelap.
4. Air keruh berpengaruh dalam pendeteksian *adjustable infrared sensor switch*, hanya *adjustable infrared sensor switch* 3 yang mampu mendeteksi objek dengan jarak deteksi 1,48 cm pada pengujian pada alas berwarna terang. Sedangkan pengujian pada alas berwarna gelap *adjustable infrared sensor switch* 2 dan 3 yang mampu mendeteksi objek dengan jarak deteksi 1,92 cm dan 1,98 cm.
5. Nilai setting PWM mempengaruhi besarnya nilai tegangan yang diberikan ke motor penggerak. Besarnya nilai setting PWM sebanding dengan naiknya nilai tegangan.
6. Pada pengukuran tinggi sedimen didapatkan nilai paling mendekati nilai asli senilai 12,73 cm dengan nilai *error* 0,23 %, sedangkan nilai yang paling menjauhi nilai asli senilai 12,97 cm dengan nilai *error* 2,12 % dari nilai tinggi asli 12,7 cm.

7. Pada pengukuran panjang sedimen didapatkan nilai paling mendekati nilai asli senilai 31,02 cm dengan nilai *error* 1,52 %, sedangkan nilai yang paling menjauhi nilai asli senilai 30,29 cm dengan nilai *error* 3,84 % dari nilai panjang asli 31,5 cm.
8. Pada pengukuran lebar sedimen didapatkan nilai paling mendekati nilai asli senilai 18,47 cm dengan nilai *error* 5,54 %, sedangkan nilai yang paling menjauhi nilai asli senilai 18,84 cm dengan nilai *error* 7,65 % dari nilai lebar asli 17,5 cm.
9. Pengukuran volume sedimen menghasilkan nilai *error* terkecil mencapai 1,72 %, sedangkan *error* terbesar mencapai 7,40 % dari nilai volume asli sebesar 7.000,87 cm³.

5.2. Saran

Saran yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *adjustable infrared sensor switch* masih banyak kekurangan, *adjustable infrared sensor switch* susah mendeteksi di dalam air yang keruh. Warna objek juga mempengaruhi jarak deteksi *adjustable infrared sensor switch*. Disarankan untuk menggunakan jenis sensor lainya yang lebih baik seperti sonar ataupun sensor kamera.
2. Untuk penelitian kedepannya bisa menggunakan sensor kamera dalam mengukur volume sedimen dengan mengaplikasikan metode *binocular stereo vision* pada sistem kamera.
3. Pengaturan batas maksimum dan minimum kecepatan motor penggerak perlu ditambahkan untuk penelitian selanjutnya, hal ini supaya motor alat mampu bergerak dengan lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Muhajir, Muhaimin, “RANCANG BANGUN PROTOTYPE BAGAN TANCAP PENANGKAPAN,” vol. 5, no. 1, pp. 21–24, 2021.
- [2] Z. Abidin, “Pembuatan Prototipe Bagan Penangkap Ikan,” *Bandar IT*, 2015.
- [3] C. Syefriana and Yohandri, “Pembuatan Alat Ukur Kedalaman Air Menggunakan Sensor Sonar,” vol. 13, no. April, pp. 1–8, 2020.
- [4] J. ARDALLI, “Prototipe Alat Pengukur Volume Sedimen Di Dasar Sungai Berbasis Arduino Mega 2560,” *Unissula Institutional Repository*, pp. 14–38, 2019, [Online]. Available: <http://repository.unissula.ac.id/16243/>.
- [5] D. R. Wiryamanta, S. Sumiadi, and V. Dermawan, “Kajian Distribusi Konsentrasi Sedimen Suspensi Menggunakan TSS Meter pada Sungai Brantas di Desa Pendem Kota Batu,” *J. Teknol. dan Rekayasa Sumber Daya Air*, vol. 1, no. 2, pp. 379–392, 2021, doi: 10.21776/ub.jtresda.2021.001.02.04.
- [6] S. Ginting and W. Hatmoko, “Penentuan laju sedimen pada rencana waduk Jatibarang,” *J. Sumber Daya Air*, vol. 6, no. 1, pp. 33–46, 2010.
- [7] A. Nuryaman, E. Mulyana, and R. Mardiaty, “Rancang Bangun Prototipe Alat Pengukur Kecepatan Kendaraan Dengan Sensor Infra Merah,” *Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 22, pp. 15–16, 2017.
- [8] I. T. Yuniahastuti, I. Sunaryantiningsih, and B. Olanda, “Contactless Thermometer sebagai Upaya Siaga Covid-19 di Universitas PGRI Madiun,” *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 1, no. 1, p. 28, 2020, doi: 10.25273/electra.v1i1.7597.
- [9] M. Fauziyah, D. Dewatama, and M. Atisobhita, “Implementasi Kontrol PI Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC,” *Pros. Serminal Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 01, no. 01, pp. 217–222, 2017.
- [10] Y. D. Widiarto, M. E. I. Najoran, and M. D. Putro, “Sistem Penggerak Robot Beroda Vacuum Cleaner Berbasis Mini Computer Raspberry pi,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 25–32, 2018.
- [11] R. Pramana *et al.*, “Perancangan sistem kontrol untuk mencegah tub- rukan pada kapal laut,” pp. 1–12, 2017.
- [12] D. Firdha, T. Winarno, and A. Komarudin, “Kontrol Kecepatan Motor Pelempar pada Robot Abu Robocon 2018 dengan Metode PID,” vol. 06, 2019.
- [13] F. A. Aziz and R. D. Puriyanto, “Rancang Bangun Mesin Pengecat Otomatis Berbasis PLC CP1E NA20DR A,” *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, p. 118, 2019, doi: 10.12928/biste.v1i3.1050.
- [14] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, “Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1.
- [15] D. Akbar and S. Riyadi, “Pengaturan Kecepatan Pada Motor Brushless Dc

- (Bldc) Menggunakan Pwm (Pulse Width Modulation),” pp. 255–262, 2019, doi: 10.5614/sniko.2018.30.
- [16] R. Arindya, “Penalaan Kendali PID untuk pengendali proses,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 8, no. 2, p. 109, 2017.
- [17] E. S. Dessy Meylinda, “KEMAMPUAN KONEKSI DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA DI SEKOLAH,” *J. Pendidik. Mat.*, p. 7, 2017.
- [18] H. Handayani, “Analisis Kemampuan Representasi Siswa Pada Materi Volume Kubus dan Balok di SDN Manangga Kabupaten Sumedang,” *JMIE (Journal Madrasah Ibtidaiyah Educ.*, vol. 3, no. 1, p. 48, 2019, doi: 10.32934/jmie.v3i1.97.
- [19] A. D. Yusyahnur, A. Virgono, and U. A. Ahmad, “Pengukuran Jarak Kendaraan Dengan Metode Haar Cascade Menggunakan OpenCV,” *J. Teknol. Elekterika*, vol. 1, no. 3, pp. 2–12, 2022.
- [20] S. A. D. Prasetyowati, B. Arifin, A. Syakhroni, and M. K. Faza, “Monitoring River Sediment by Optimizing Arduino Capabilities Controlled by the PID Algorithm,” *WSEAS Trans. Syst.*, vol. 21, pp. 233–240, 2022, doi: 10.37394/23202.2022.21.25.
- [21] M. A. Azis, B. Supriadi, and A. D. Lesmono, “Analisis Pengaruh Warna Dan Ukuran Dinding Ruangan Terhadap Intensitas Pencahayaan,” *J. Pembelajaran Fis.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–40, 2016.
- [22] M. Ali, “Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol Pid Dengan Software Matlab,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 2, 2004.

