

LAPORAN TUGAS AKHIR

IMALe : Instrumentasi Magnetic Flux Leakage pada Pipa Industri



Penyusun:

Muhammad Yusran Alifian (18524025)

Mochammad Rizki Ashari (18524026)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2022

HALAMAN PENGESAHAN

IMALe : Instrumentasi Magnetic Flux Leakage pada Pipa Industri

Penyusun:

Muhammad Yusran Alifian (18524025)

Mochammad Rizki Ashari (18524026)

Yogyakarta, 25 Juli 2022

Dosen Pembimbing 1



Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., P.h.D

025240101

Dosen Pembimbing 2



Dr. Hasbi Nur Prasetyo Wisudawan, S.T., M.T.

195240101

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

IMALe : Instrumentasi Magnetic Flux Leakage pada Pipa Industri



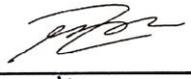
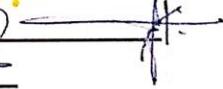
Disusun oleh:

Muhammad Yusran Alifian 18524025

Mochammad Rizki Ashari 18524026

Telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal: 5 Agustus 2022

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc., P.h.D. 
Anggota Penguji 1 : Medilla Kusriyanto S.T., M.Eng. 
Anggota Penguji 2 : Deny Krisnanto, S.T. 

Tugas akhir ini telah disahkan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal: 10 Agustus 2022

Program Studi Teknik Elektro




Muhammad Nurullah, S.T., M.Eng., Ph.D.

045240101

PERNYATAAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa:

1. Tugas Akhir ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjaan di suatu perguruan tinggi lainnya, dan sepanjang pengetahuan kami juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Tugas Akhir yang terkait hak milik, hak intelektual, paten merupakan milik bersama antaraa tiga pihak, yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal ini, penggunaan informasi dan materi Tugas Akhir terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut di atas.

Yogyakarta, 10 Agustus 2022



Muhammad Yusran Alifian (18524025) [tara] [aterai]



Mochammad Rizki Ashari (18524026) [tane] [terai]

DAFTAR ISI

<i>HALAMAN PENGESAHAN</i>	2
<i>DAFTAR ISI</i>	5
<i>RINGKASAN TUGAS AKHIR</i>	6
<i>BAB 1 : Definisi Permasalahan</i>	7
<i>BAB 2 : Observasi</i>	9
<i>BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem</i>	10
3.1 Usulan Rancangan Sistem	10
3.1.1 Desain Sistem 1	11
3.1.2 Desain Sistem 2	13
3.1.3 Desain Sistem yang direalisasikan	14
3.2 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem	19
<i>BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem</i>	22
4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem	22
4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajaemen Tim dan Realisasinya	23
4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi	23
<i>BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis</i>	25
5.1 Hasil dan Analisis Implementasi	25
5.2 Pengalaman Pengguna	34
5.3 Dampak Implementasi Sistem	35
5.3.1 Teknologi/Inovasi	35
5.3.2 Ekonomi	36
<i>BAB 6 : Kesimpulan dan Saran</i>	37
6.1 Kesimpulan	37
6.2 Saran	37
<i>Daftar Pustaka</i>	38
<i>LAMPIRAN – LAMPIRAN</i>	39

RINGKASAN TUGAS AKHIR

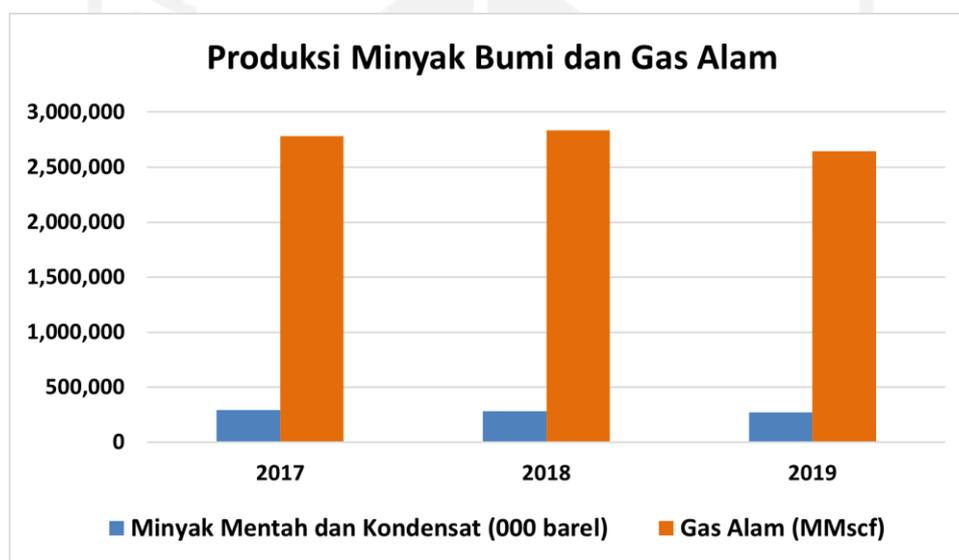
Indonesia merupakan negara yang memiliki keberagaman sumber daya alam. Keberagaman yang dominan menghasilkan produksi di Indonesia adalah minyak dan gas. Adapun hasil produksi dari minyak dan gas seperti bensin, avtur, avgas, solar, diesel, LPG (*Liquified Petroleum Gas*), CNG (*Compressed Natural Gas*) dan sebagainya. Kemudian, dalam memproses distribusi produksi minyak dan gas menggunakan infrastruktur perpipaan. Infrastruktur perpipaan merupakan aset yang berharga. Oleh karena itu, diperlukan proses inspeksi dan pemeliharaan pipa secara teratur agar pipa dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dan pipa dapat digunakan untuk beroperasi dengan baik. Dari permasalahan yang ada, tim mengusulkan solusi dengan membuat suatu teknologi bernama IMALe yang dapat mendeteksi lubang atau cacat pada pipa besi dengan teknik MFL (*Magnetic Flux Leakage*). Lalu, batasan realistis dari sistem yang dibuat adalah inspeksi pipa berbahan metal atau besi pada industri yang dilakukan dalam keadaan *maintenance* dan pipa besi sudah dibersihkan terlebih dahulu. Kemudian, tujuan proyek yang dibuat untuk membantu pekerja yang melakukan inspeksi pipa di dunia perindustrian dan mengedepankan *low cost budget*.

Dalam proses perancangannya terdapat beberapa perbedaan antara desain rancangan awal sistem dengan realisasinya. Hal tersebut dikarenakan beberapa komponen tidak bekerja dengan baik dan efektif saat melakukan proses uji coba sehingga diperlukan solusi alternatifnya. Secara umum, persentase kesesuaian antara perencanaan dan realisasinya adalah 81%.

IMALE dapat mendeteksi kedalaman lubang pada pipa besi dan terdapat nilai *error* dari hasil pengujian alat. Nilai *error* tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah diperlukannya kalibrasi terlebih dahulu dikarenakan ukuran diameter pipa besi yang ada di CV Krakat Technology berbeda dengan pipa besi yang berada di Laboratorium Kendali. Faktor kedua yang mempengaruhi adalah besarnya kuat medan magnet. Alat IMALe berdampak ke aspek ekonomi dikarenakan tim melakukan perancangan sistem dengan mengedepankan *low cost budget* dan tidak mengurangi fungsi dari alat yang dapat mengukur kedalaman lubang pada pipa besi. IMALe bisa dijadikan sebagai alternatif, walaupun masih dalam bentuk *prototype*.

BAB 1 : Definisi Permasalahan

Sumber Daya Alam merupakan sesuatu yang telah disediakan dari alam untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup di bumi. Dengan ketergantungan makhluk hidup terhadap Sumber Daya Alam, berarti manusia harus mampu menjaga kelestarian Sumber Daya Alam tersebut. Lalu, Indonesia merupakan negara yang memiliki keberagaman Sumber Daya Alam (SDA). Adapun keberagaman Sumber Daya Alam tersebut bisa berbentuk seperti barang, fenomena, gas atau udara, air, minyak dan lain-lain. Dari keberagaman tersebut yang dominan menghasilkan produksi adalah minyak dan gas. Umumnya produk-produk yang dihasilkan dari kilang (*refinery*) minyak dan gas seperti bensin, avtur, avgas, solar, diesel, LPG (*Liquified Petroleum Gas*), CNG (*Compressed Natural Gas*) dan sebagainya. Berdasarkan data statistik produksi Minyak Bumi dan Gas Alam pada tahun 2017 sampai 2019[1] masih cukup tinggi. Berikut adalah data statistik produksi minyak bumi dan gas pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Grafik data statistik produksi minyak bumi dan gas alam

Gambar 1.1 menunjukkan bahwa produksi gas alam masih sangat tinggi jika dibandingkan dengan minyak bumi. Dalam proses mendistribusikan produksi minyak bumi dan gas menggunakan infrastruktur perpipaan. Infrastruktur tersebut merupakan aset yang berharga. Oleh karena itu, diperlukan proses inspeksi dan pemeliharaan pipa secara teratur agar pipa tersebut dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama dan pipa dapat beroperasi dengan baik.

Dalam melakukan inspeksi pipa juga telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2018 tentang Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi. Pada Bab III pasal 6 ayat (1) mengenai Inspeksi dan Pemeriksaan Keselamatan untuk menjamin keselamatan Instalasi dan peralatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3, setiap Instalasi dan/atau peralatan

yang digunakan dalam Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi wajib dilakukan: (a) Inspeksi; dan/atau (b) Pemeriksaan Keselamatan. Kemudian, pada Pasal 14 ayat (1) berbunyi “Terhadap Instalasi yang dilakukan Pemeriksaan Keselamatan secara berkala berdasarkan jangka waktu tertentu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 11 ayat (4) huruf a, memiliki masa berlaku Persetujuan Layak Operasi paling lama 4 (empat) tahun.

Proses untuk melakukan inspeksi pipa saat ini sudah terdapat teknologi dengan sistem otomatis[2]. Teknologi tersebut ialah *Smart Pigging*. *Smart Pigging* merupakan sebuah alat atau perangkat yang dapat merekam informasi mengenai kondisi internal dari pipa[3]. Perangkat ini dirancang agar dapat melakukan inspeksi tanpa merusak pipa atau disebut dengan metode pengujian *Non Destructive Test* (NDT) atau *Non Destructive Evaluation* (NDE)[4], [5]. Dari desain *Pipeline Inspection Gauge* (PIG) hanya ada satu atau beberapa teknik yang berbeda apabila digunakan bersama-sama dalam inspeksi pipa. Adapun teknik-tekniknya, yaitu *Ultrasonic*, *Magnetic Flux Leakage*, *Eddy current*, *Radiographic*, CCTV dan *Laser Scanning*. Metode NDT selalu dijadikan sebagai standar dari pengujian untuk melihat kualitas hasil pekerjaan dari suatu objek atau material.

Teknik *Magnetic Flux Leakage* (MFL) merupakan *Non Destructive Test* (NDT) yang digunakan saat inspeksi[6] pada pipa besi. Teknik MFL sering digunakan karena sederhana dan memungkinkan untuk mengevaluasi material dengan bentuk yang tidak teratur. Selain itu, teknik MFL digunakan juga untuk mengetahui cacat yang terdapat di permukaan pipa. Cacat pada permukaan pipa tersebut bisa berupa lubang, patahan, dan retakan.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tim dapat merumuskan bahwa dibutuhkan suatu teknologi yang dapat mendeteksi lubang atau cacat pada pipa dengan teknik *Magnetic Flux Leakage* dengan membuat alat atau sensor yang dapat membaca kondisi pipa dengan tingkat akurasi yang baik dan mengedepankan *low cost budget*.

Batasan realistis alat yang dibuat, yaitu inspeksi pipa berbahan metal atau besi pada industri yang dilakukan dalam keadaan *maintenance* dan pipa besi sudah dibersihkan terlebih dahulu.

Adapun tujuan dari proyek yang akan dikerjakan adalah untuk memberikan solusi alternatif dalam pembuatan alat yang dapat mengukur kedalaman lubang pada pipa besi di industri minyak dan gas. Kemudian, solusi proyek ini diharapkan dapat membantu pekerja yang melakukan inspeksi pipa di dunia perindustrian.

BAB 2 : Observasi

Proses observasi yang tim lakukan bertujuan untuk memastikan bahwa rancangan sistem yang diusulkan sesuai dengan batasan realistis serta telah mengakomodasi kebutuhan awal *prototyping* yang disesuaikan untuk pengguna. Untuk mencapai hal tersebut, tahapan observasi ini diawali dengan mengumpulkan informasi-informasi dasar tentang sistem yang akan digunakan yaitu inspektor pipa.

Proses observasi diawali dengan pengumpulan berbagai macam informasi berkaitan dengan solusi yang akan dirancang untuk menanggulangi permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Jurnal-jurnal yang tim dapatkan berasal dari *website IEEE, ScienceDirect, Google Scholar*, dan *website* lainnya. Dari *website* tersebut tim mencari jurnal yang berkaitan dengan “Inspeksi pipa dengan menggunakan medan magnet”. Tabel 2.1 menampilkan beberapa kumpulan sumber informasi yang menunjukkan beberapa alternatif solusi yang digunakan dalam proses inspeksi pada pipa metal.

Tabel 2.1. Kumpulan solusi yang identik dengan proyek tugas akhir

Penulis	Usulan Solusi	Hasil / Evaluasi
Hui Min Kim, dkk. (2013)[6]	Desain menggunakan <i>brush</i> berbahan besi, magnet, dan <i>hall sensor</i> . Sensor tidak disebutkan tipenya.	Hasil sudah bisa mendeteksi <i>cracks</i> atau lubang pada pipa. Dengan standar <i>cracks</i> , yaitu panjangnya 25mm, lebar adalah 0,2mm, dan kedalaman adalah 20% (17,5mm).
Shilpi Saha, dkk. (2018)[7]	Alat berupa PIG asli	Hasil pembahasan berupa kecepatan alat yang idealnya konstan dalam 1 m/s – 2 m/s.
Yan Shi, dkk. (2015)[8]	Menjelaskan Teori dan aplikasi dari alat MFL <i>pipeline detection</i> . Menggunakan <i>hall sensor</i> dan tempat penyimpanan data berupa SATA.	Hasil pembahasan mengenai prinsip <i>hall sensor</i> yang bisa menunjukkan pipa dalam keadaan baik dan pipa dalam keadaan cacat.
Qingshan Feng, dkk. (2016)[9]	Mengulas literatur terkait teori dan aplikasi dari inspeksi <i>in-line</i> untuk <i>oil</i> dan <i>gas</i> .	Alat khusus untuk MFL menggunakan sensor, magnet, dan <i>steel brush</i> .

Berdasarkan hasil studi literatur yang tim lakukan, maka tim menentukan daftar spesifikasi dari sistem yang akan dikembangkan sebagai solusi permasalahan yang diangkat, yaitu untuk mendeteksi lubang menggunakan medan magnet. Berikut adalah daftar spesifikasi lengkapnya.

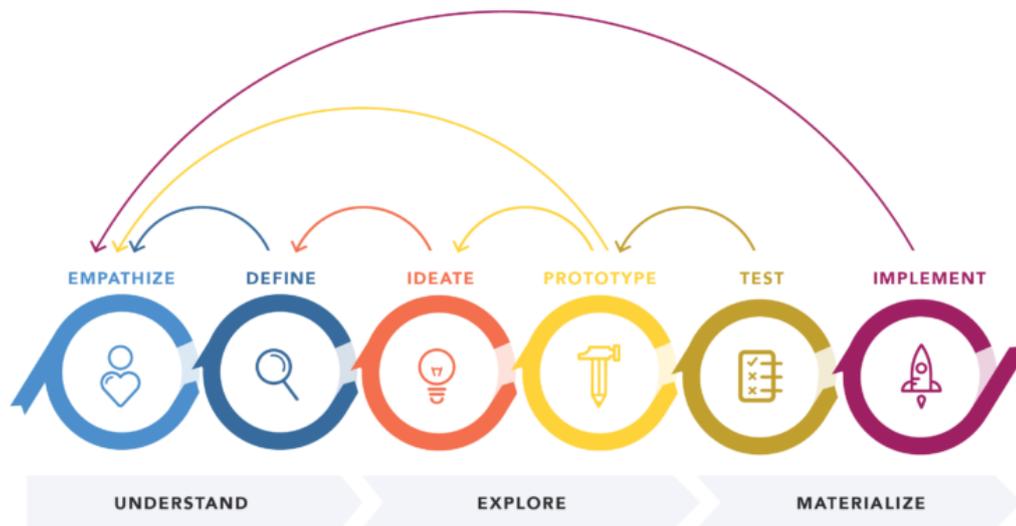
- 1) Alat digunakan untuk inspeksi pipa dengan diameter 273 mm dan ketebalannya 9,27 mm.
- 2) Alat dapat bergerak dengan kecepatan inspeksi antara 1 m/s – 2 m/s.
- 3) Data pembacaan sensor disimpan pada piranti penyimpanan.
- 4) Toleransi *error* alat adalah 5%.

Berdasarkan spesifikasi tersebut, maka selanjutnya akan dirancang usulan sistem yang memenuhi kriteria yang telah disebutkan diatas.

BAB 3 : Usulan Perancangan Sistem

3.1 Usulan Rancangan Sistem

Pada dasarnya perancangan sistem rekayasa, terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan sesuai dengan kebutuhan dalam *engineering design*. Adapun tahapannya, yaitu *understanding*, *exploration*, dan *materialize*. Proposal ini adalah sebagai suatu cara untuk memenuhi standar keteknikan dalam perancangan sistem meliputi tahapan *understanding* dan *exploration*. Tahapan-tahapan tersebut seperti siklus yang didalamnya dapat terjadi perubahan, perbaikan, maupun penambahan yang bertujuan untuk memenuhi spesifikasi Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Siklus perancangan suatu sistem rekayasa

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilaksanakan, siklus perancangan suatu sistem rekayasa dimulai dari tahapan *understand* yang terdiri dari *empathize* dan *define*. Pada tahapan ini, tim menemukan permasalahan di dunia industri perminyakan, bahwa saat melakukan inspeksi pipa industri memerlukan alat yang dapat mendeteksi kecacatan pada pipa. Hal ini didasari dari literatur yang tim baca, secara umum dalam inspeksi pipa industri terdapat alat yang digunakan untuk memproses pengecekan pipa dan alat tersebut menggunakan beberapa metode untuk mendapatkan data dari pengecekan pipa tersebut. Kemudian, alat ini juga sudah memiliki standarisasi agar dapat digunakan di industri dan tentunya alat ini tergolong mahal bahkan ada vendor khusus yang menawarkan jasa penyewaan alat ini.

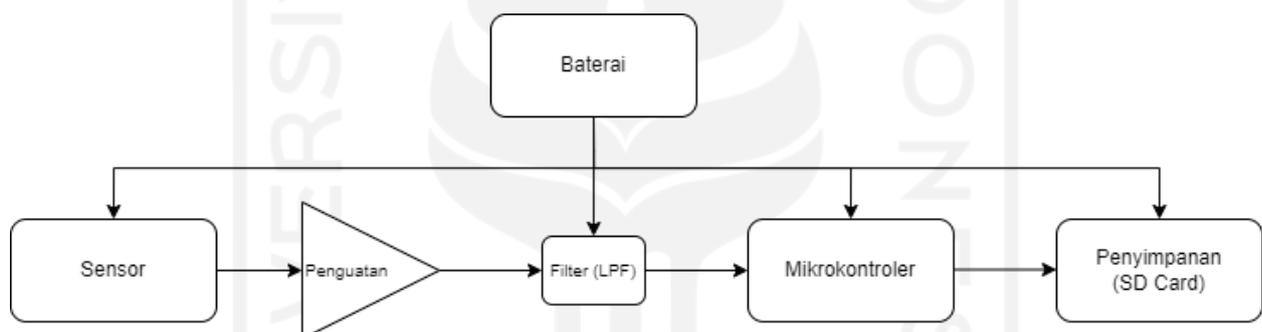
Selanjutnya, pada tahap *explore* yang terdiri dari *ideate* dan *prototype*. Pada tahap *ideate* (penyelesaian masalah) ini, tim mencoba untuk membuat alat yang dapat mendeteksi kecacatan pada pipa menggunakan prinsip *flux* magnet dengan mempertimbangkan komponen serta biaya yang terjangkau. Lalu ditahap *prototype*, tim membuat desain alat dengan memperhatikan komponen dan bahan yang digunakan serta dapat menganalisis apakah alat ini dapat menyelesaikan masalah dari topik yang tim bahas.

Berikutnya, tahap *materialize* yang terdiri dari *test* dan *implement*. Pada tahap *test*, tim mencoba alat ini dengan menggunakan contoh besi yang terdapat kecacatan dan pipa besi yang sudah ada lubang dengan kedalaman yang ditentukan. Kemudian ditahap ini juga akan ada evaluasi apabila alat yang dibuat terdapat *error* atau kesalahan pada *hardware* ataupun *software*. Lalu tahap *implement* ini, alat yang jadi dan telah melewati uji coba serta sedikitnya kesalahan dapat diimplementasikan di industri untuk melakukan inspeksi pipa.

Alat ini diberi nama IMALe yang merupakan singkatan dari “*Instrumentasi Magnetic Flux Leakage*”. Fungsi dari IMALe adalah untuk mengukur kedalaman lubang yang terdapat pada pipa besi dan dirancang agar pengguna dapat melakukan inspeksi secara mudah. Tentunya alat ini dibuat dengan biaya produk yang terjangkau.

Tim mengusulkan desain dari sistem yang akan dibuat dan menjelaskan spesifikasi singkat terkait dengan komponen yang akan digunakan. Adapun usulan desain sistem 1 dan desain sistem 2 sebagai berikut.

3.1.1 Desain Sistem 1



Gambar 3.2. Diagram blok sistem 1

Dari Gambar 3.2, sumber pembangkit dari alat ini adalah baterai. Cara kerja sistem ini, saat sistem telah dihidupkan dan memasukan alat ke pipa besi, maka magnet neodmium akan menempel pada pipa besi sehingga menimbulkan kuat medan magnet. Saat terdapat lubang pada pipa, kuat medan magnet yang terdapat dipermukaan pipa mengalami perubahan dan perubahan medan magnet tersebut akan dideteksi atau dibaca oleh *hall sensor* DRV5053. Sebelum sinyal dikirim untuk dibaca ke mikrokontroler, sinyal pembacaan dikuatkan dengan penguatan, lalu di filter dengan filter LPF. Setelah itu, sinyal pembacaan sensor dikirim melalui pin ADC dan akan dibaca oleh mikrokontroler. Kemudian, hasil pembacaan disimpan ke *SD Card* melalui modul *microSD Card*. Pada desain sistem satu ini akan dipilih komponen seperti sensor, penguatan, filter, mikrokontroler, penyimpanan, dan baterai.

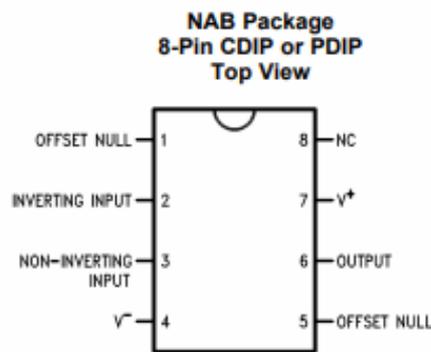
Komponen pertama yaitu sensor. Sensor yang akan dipilih adalah *hall sensor* dengan tipe DRV5053. Pemilihan sensor ini dipilih dengan melihat spesifikasi yang ada di *datasheet*nya

terlebih dahulu dan studi literatur dari beberapa jurnal serta video di *youtube*. Adapun spesifikasi yang terdapat di-*datasheet* akan di tampilkan pada Tabel 3.1.

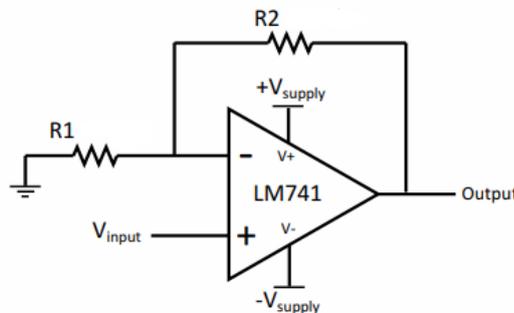
Tabel 3.1. Spesifikasi *hall sensor* DRV5053

Suplai Tegangan	2.5 Vdc – 38 Vdc
Temperatur pengoperasian	-40°C sampai 125 °C
Tegangan Keluaran	0 Vdc – 2 Vdc
Arus keluaran	0 mA – 2.3mA

Komponen kedua, yaitu penguatan. Untuk desain satu ini menggunakan penguatan LM741. Pemilihan penguatan ini berdasarkan jurnal yang telah dibaca. Berikut adalah konfigurasi pin dan rangkaian skematik penguatan LM741 pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3. Konfigurasi pin pada LM741



Gambar 3.4. Rangkaian skematik pada LM741

Penguatan LM741 ini diatur dengan menghubungkan dua resistor eksternal R_1 dan R_2 :

$$G = 1 + \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad 3.1$$

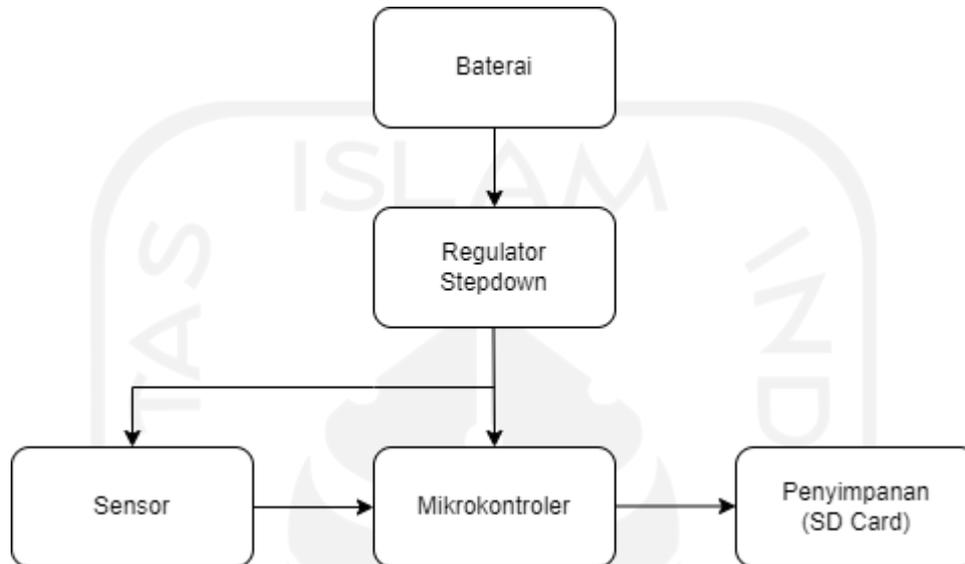
Dari persamaan 3.1, bahwa gain dari sistem ditentukan oleh resistor umpan balik dan resistor input yang terhubung ke input inverting. Dimana, resistor umpan balik adalah R_2 dan resistor input adalah R_1 .

Komponen ketiga yaitu filter. Pada filter (LPF) ini berfungsi untuk menyaring data yang dihasilkan agar kesalahan atau *error* yang dihasilkan bisa diminimalisir dengan frekuensi

bandwidth 20kHz. Komponen keempat yaitu mikrokontroler, untuk desain ini menggunakan mikrokontroler ATmega 328. Komponen kelima adalah piranti penyimpanan, terdiri dari dua komponen meliputi modul *microSD Card* dan *SD Card*.

3.1.2 Desain Sistem 2

Desain sistem ini merupakan realisasi yang akan dibuat. Berikut merupakan diagram blok sistem yang akan direalisasikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Diagram blok desain sistem 2

Dari Gambar 3.5, cara kerja sistem ini adalah ketika sistem telah dihidupkan dan memasukan alat ke pipa besi, maka magnet neodmium akan menempel pada pipa besi sehingga menimbulkan kuat medan magnet. Saat terdapat lubang pada pipa, kuat medan magnet yang terdapat dipermukaan pipa mengalami perubahan dan perubahan medan magnet tersebut akan dideteksi atau dibaca oleh *hall sensor* DRV5053. Kemudian, sinyal pembacaan sensor dikirim melalui pin ADC dan akan dibaca oleh mikrokontroler. Lalu, hasil pembacaan disimpan ke *SD Card* melalui modul *microSD Card*.

Adapun komponen dari sistem ini, yaitu baterai, regulator *stepdown*, sensor, mikrokontroler, dan penyimpanan. Komponen pertama yaitu baterai, tipe baterai *Li-ion rechargeable battery* dengan kapasitas 6800 mAh dan tegangan keluaran 12 VDC. Komponen kedua yaitu regulator *stepdown*. Komponen ketiga yaitu sensor, jadi untuk sensor yang akan digunakan adalah *hall sensor* dengan tipe DRV5053. Pemilihan sensor ini dipilih dengan melihat spesifikasi yang ada di-*datasheet*nya terlebih dahulu dan studi literatur dari beberapa jurnal serta video di *Youtube*. Adapun spesifikasi yang terdapat di-*datasheet* akan ditampilkan pada Tabel 3.2.

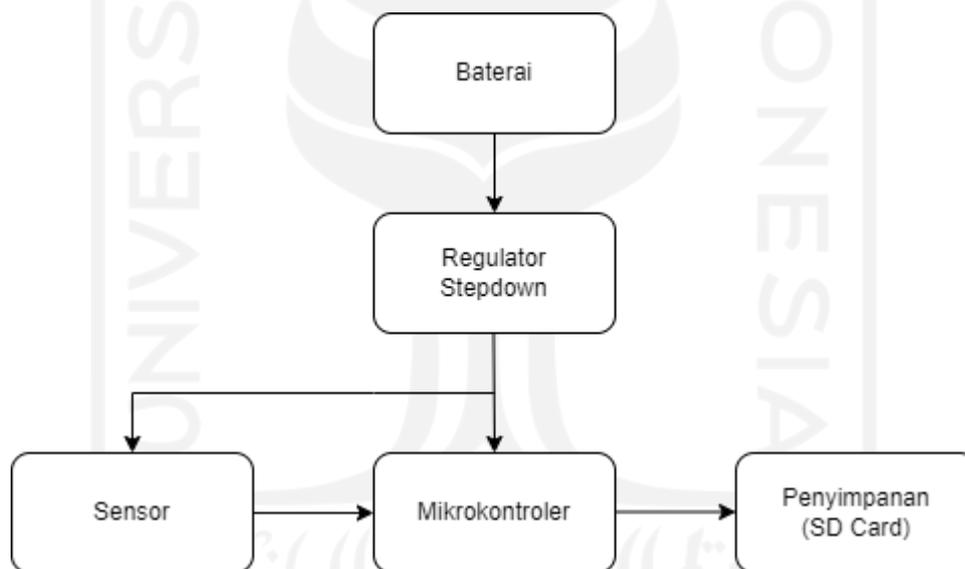
Tabel 3.2. Spesifikasi *hall sensor* DRV5053

Suplai Tegangan	2.5 Vdc – 38 Vdc
Temperatur pengoperasian	-40°C sampai 125 °C
Tegangan Keluaran	0 Vdc – 2 Vdc
Arus keluaran	0 mA – 2.3mA

Komponen keempat yaitu magnet neodymium[10], pemilihan magnet jenis ini berdasarkan studi literatur yang terdapat disistem *pigging*. Komponen kelima yaitu mikrokontroler, dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 2560. Komponen keenam adalah piranti penyimpanan, terdiri dari dua komponen meliputi modul *microSD Card* dan *SD Card*. Pemilihan komponen ini guna untuk tempat penyimpanan data dengan mengedepankan *low cost budget*. Oleh karena itu, tim memilih penyimpanan *SD Card* dengan harga yang lebih terjangkau dibandingkan *Hard Disk Drive (HDD)* maupun *Solid-State Drive (SSD)*.

3.1.3 Desain Sistem yang direalisasikan

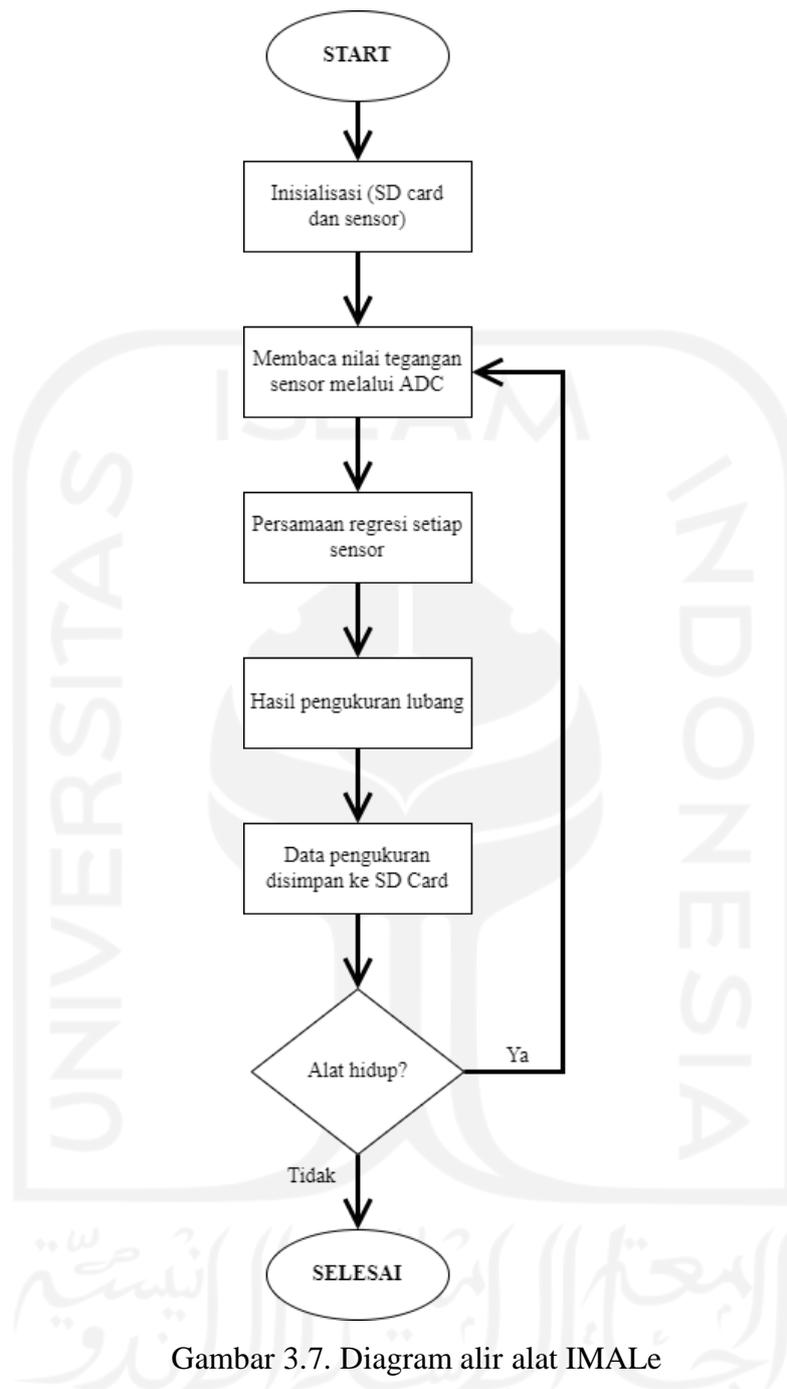
Dari kedua usulan desain sistem tersebut, tim memilih desain sistem 2 yang akan direalisasikan. Berikut merupakan diagram blok sistem yang akan direalisasikan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Diagram blok sistem yang akan direalisasikan

Dari Gambar 3.6, cara kerja sistem ini adalah ketika sistem telah dihidupkan dan memasukan alat ke pipa besi, maka magnet neodymium akan menempel pada pipa besi sehingga menimbulkan kuat medan magnet. Saat terdapat lubang pada pipa, kuat medan magnet yang terdapat dipermukaan pipa mengalami perubahan dan perubahan medan magnet tersebut akan dideteksi atau dibaca oleh *hall sensor* DRV5053. Kemudian, sinyal pembacaan sensor dikirim melalui pin ADC dan akan dibaca oleh mikrokontroler. Lalu, hasil pembacaan disimpan ke *SD Card* melalui modul *microSD Card*.

Perancangan alat yang akan direalisasikan terdapat diagram alir saat alat bekerja mendeteksi lubang pada pipa besi. Diagram alir alat IMALe ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Diagram alir alat IMALe

Pada Gambar 3.7, bahwa tahapan kerja dari alat diawali dengan melakukan inisialisasi SD Card agar dapat menyimpan data pembacaan dari sensor. Selanjutnya, alat bekerja dengan membaca nilai tegangan melalui ADC disetiap sensor dan pembacaan tersebut dimasukkan ke persamaan regresi untuk mendapatkan nilai ukuran lubang. Lalu, hasil data pengukuran disimpan ke SD Card. Apabila alat tersebut masih hidup, maka program tersebut akan kembali lagi membaca nilai tegangan melalui ADC hingga proses menyimpan data pengukurannya ke SD Card. Proses akan selesai jika alat tersebut dimatikan.

Adapun komponen dari sistem ini, yaitu baterai, regulator *stepdown*, sensor, mikrokontroler, dan penyimpanan. Komponen pertama yaitu baterai, tipe baterai *Li-ion rechargeable battery* dengan kapasitas 6800 mAh yang terdiri dari tiga baterai yang dirangkai secara seri dengan tegangan keluaran 12 VDC. Komponen kedua yaitu regulator *stepdown*, komponen ini dipilih untuk menurunkan serta menstabilkan tegangan keluaran dari baterai untuk mikrokontroler ATmega 2560. Komponen ketiga yaitu sensor, jadi untuk sensor yang akan digunakan adalah *hall sensor* dengan tipe DRV5053. Pemilihan sensor ini dipilih dengan melihat spesifikasi yang ada di-*datasheet*nya terlebih dahulu dan studi literatur dari beberapa jurnal serta video di *Youtube*. Adapun spesifikasi yang terdapat di-*datasheet* akan ditampilkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Spesifikasi *hall sensor* DRV5053

Suplai Tegangan	2.5 Vdc – 38 Vdc
Temperatur pengoperasian	-40°C sampai 125 °C
Tegangan Keluaran	0 Vdc – 2 Vdc
Arus keluaran	0 mA – 2.3mA

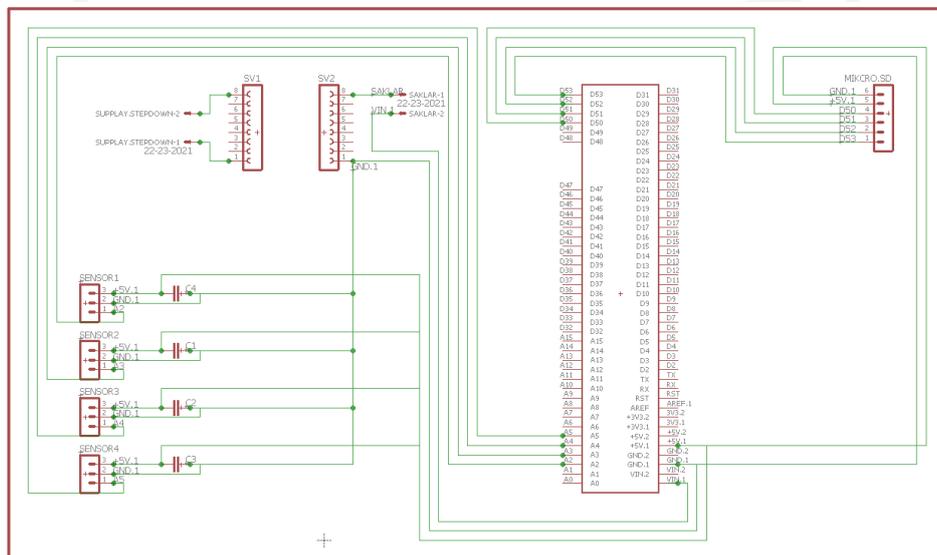
Komponen keempat yaitu magnet neodymium[10], pemilihan magnet jenis ini berdasarkan studi literatur yang terdapat disistem *pigging*. Komponen kelima yaitu mikrokontroler, dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 2560. Komponen keenam adalah piranti penyimpanan, terdiri dari dua komponen meliputi modul *microSD Card* dan *SD Card*. Pemilihan komponen ini guna untuk tempat penyimpanan data dengan mengedepankan *low cost budget*. Oleh karena itu, tim memilih penyimpanan *SD Card* dengan harga yang lebih terjangkau dibandingkan *Hard Disk Drive (HDD)* maupun *Solid-State Drive (SSD)*. Dari sistem yang tim usulkan, maka diperlukan inventarisasi kebutuhan sistem perangkat keras yang akan dijelaskan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem perangkat keras

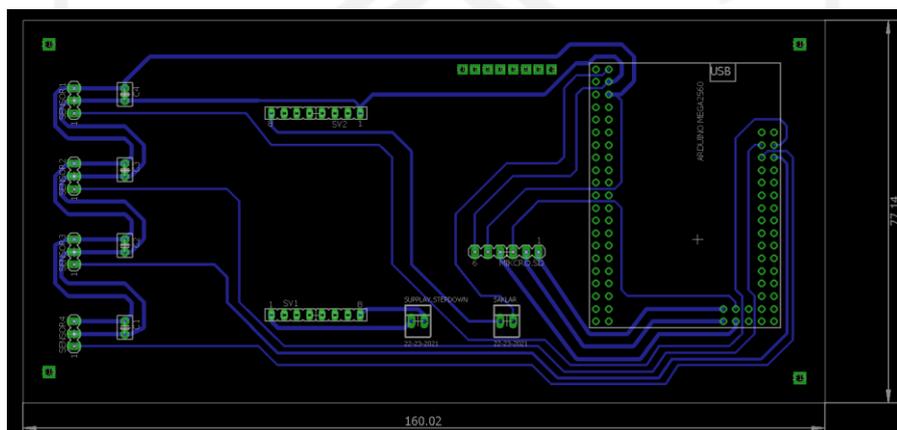
No	Nama Alat	Keterangan
1	Akrilik sebagai kemasan alat yang berwarna hitam	Dibuat untuk menjadi tempat alat yang telah didesain. Akrilik berbentuk <i>box</i> dengan ukuran 17 cm x 10,6 cm x 10,6 cm dan lingkaran dengan ukuran diameter 20 cm.
2	Tempat khusus sensor	Dibuat untuk tempat peletakan sensor. Perangkat ini dapat dibuat dari bahan filamen <i>3D printing</i> maupun bahan sejenis.
3	Mikrokontroler Arduino mini Mega2560	Untuk <i>central processing unit</i> dengan ukuran yang kecil dan kemampuan akuisisi data yang handal dengan resolusi ADC 10 bit. Hal ini berkaitan dengan ukurannya yang sudah sangat kecil dan harga yang terjangkau dan tentu saja sudah dilengkapi dengan 16 kanal <i>analog input</i> dan 54 <i>digital I/O</i> sehingga kebutuhan sistem sudah terpenuhi, terutama sebagai suatu <i>low cost system</i> .
4	Baterai	Baterai yang dapat dengan mudah diganti, terpisah dari modul utama, dan bisa di <i>charger</i> . Dalam hal ini tim cenderung mencari tipe baterai <i>Li-ion Rechargeable Battery</i> dengan tegangan kerja 12,6 VDC dan kapasitas 6800 mAh.
5	Sensor DRV5053	Sensor yang digunakan DRV5053 merupakan <i>hall sensor</i> dengan output analog dan dapat dialiri daya dengan tegangan suplai antara 2,5 dan 38V. output tegangan pada sensor ini adalah 0V sampai 2V dengan respon linier terhadap kerapatan fluks magnet.
6	Magnet Neodymium	Magnet ini digunakan untuk memunculkan medan magnet.

No	Nama Alat	Keterangan
7	BMS	Battery Management System(BMS) merupakan modul management baterai dengan tegangan charger 12,6 volt – 13 volt. Kemudian, maksimal keluaran tegangan adalah 12,6 volt serta arusnya sebesar 20 Ampere.
8	Modul Regulator Stepdown	Modul Regulator Stepdown LM2596 adalah modul penurun tegangan yang digunakan untuk mensuplai Mikrokontroler Arduino mini Mega2560.
9	Modul microSD Card	Modul microSD adalah modul yang berfungsi untuk membaca dan menulis data ke microSD.
10	MicroSD	MicroSD sebagai tempat penyimpanan.

Dari usulan rancangan yang telah disesuaikan pada Tabel 3.4, tim membuat rangkaian skematik dan desain PCB menggunakan *software* EAGLE. Tim membuat desain PCB dengan ukuran yang ditampilkan pada Tabel 3.5. Berikut adalah rangkaian skematik dan desain PCB yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3.8. Rangkaian skematik IMALE



Gambar 3.9. Desain PCB IMALE

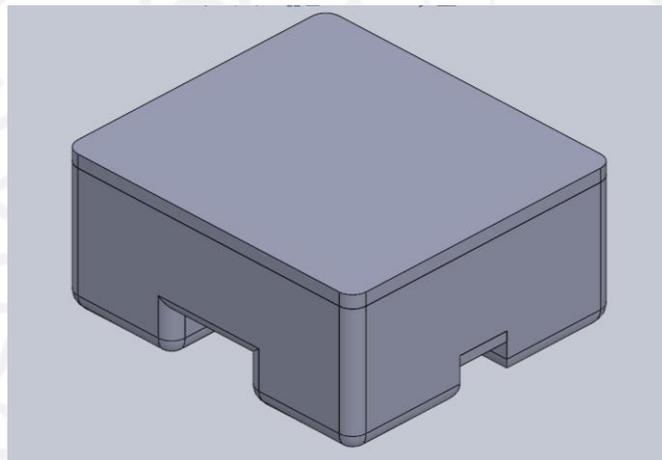
Tabel 3.5. Ukuran desain PCB IMALE

Panjang	160,02 mm
Lebar	77,14 mm

Desain 3D dari tempat sensor dan kemasan alat yang dibuat menggunakan *software* SOLIDWORKS 2020. Dari desain tersebut terdapat dimensi yang ditunjukkan pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7. Adapun bentuk desain 3D tempat sensor dan kemasan alat terdapat pada Gambar 3.10 dan Gambar 3.11.

Tabel 3.6. Dimensi desain 3D dari tempat sensor

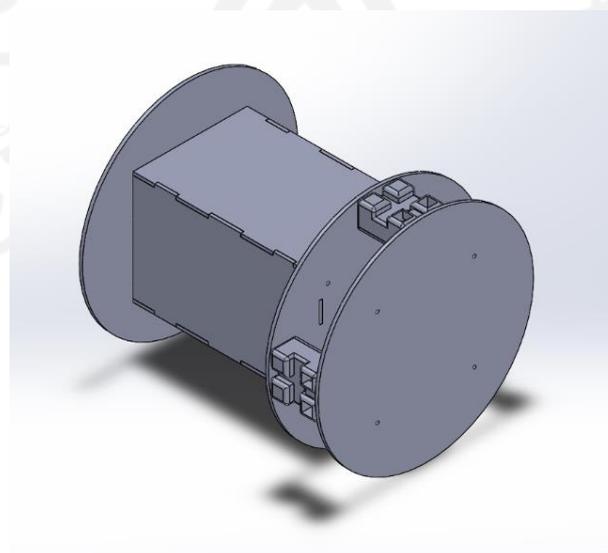
Panjang	4,3 cm
Lebar	3,9 cm
Tinggi	2,3 cm



Gambar 3.10. Desain tempat sensor

Tabel 3.7. Dimensi desain 3D akrilik dari kemasan alat IMALe

Panjang	22,2 cm
Lebar	20 cm
Tinggi	20 cm



Gambar 3.11. Desain 3D akrilik kemasan alat IMALe

3.2 Metode Uji Coba dan Pengujian Usulan Rancangan Sistem

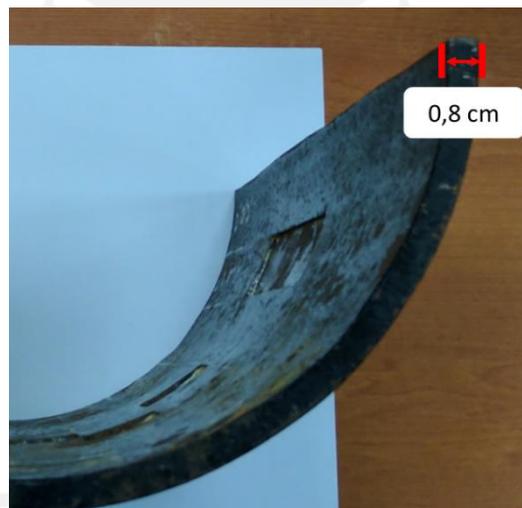
Berikut adalah bagian metode uji coba dan pengujian usulan rancangan sistem:

3.2.1 Metode uji coba

Untuk mengetahui cara kerja dari sistem yang dibuat, tim menguji sistem pada pipa besi yang sesuai dengan standar industri. Gambar 3.12 dan Gambar 3.13 merupakan ukuran atau dimensi dari pipa yang diuji berdiameter 22,3 cm (dinding luar pipa besi) dan ketebalannya adalah 0,8 cm.

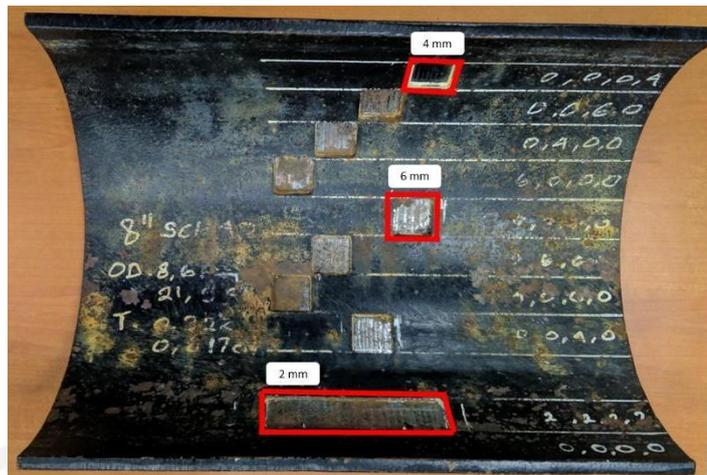


Gambar 3.12. Ukuran diameter dari pipa besi



Gambar 3.13. Ukuran ketebalan dari pipa besi

Pada pipa besi ini terdapat beberapa lubang untuk diuji. Gambar 3.14 merupakan lubang pada pipa besi yang berukuran 2 mm, 4 mm, dan 6 mm.



Gambar 3.14. Ukuran lubang pada pipa besi (2 mm, 4 mm, dan 6 mm)

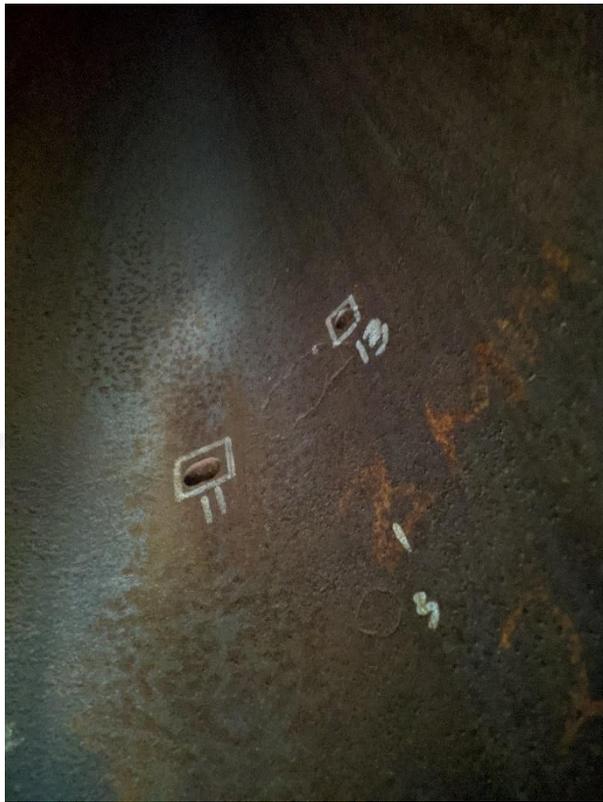
3.2.2 Pengujian alat di CV Krakret Technology

Untuk pengujian alat dilakukan di CV Krakret Technology. Tim menguji alat di pipa besi yang sesuai standar industri. Gambar 3.15 merupakan pipa besi yang terdapat di CV Krakret Technology.



Gambar 3.15. Pipa besi di CV Krakret Technology

Pipa besi yang akan diuji terdapat beberapa lubang. Lubang yang akan diuji adalah lubang 11 dengan ukuran kedalaman 5 mm dan lubang 13 memiliki ukuran kedalaman 4,6 mm. Berikut adalah lubang 11 dan lubang 13 yang ditunjukkan pada Gambar 3.16.



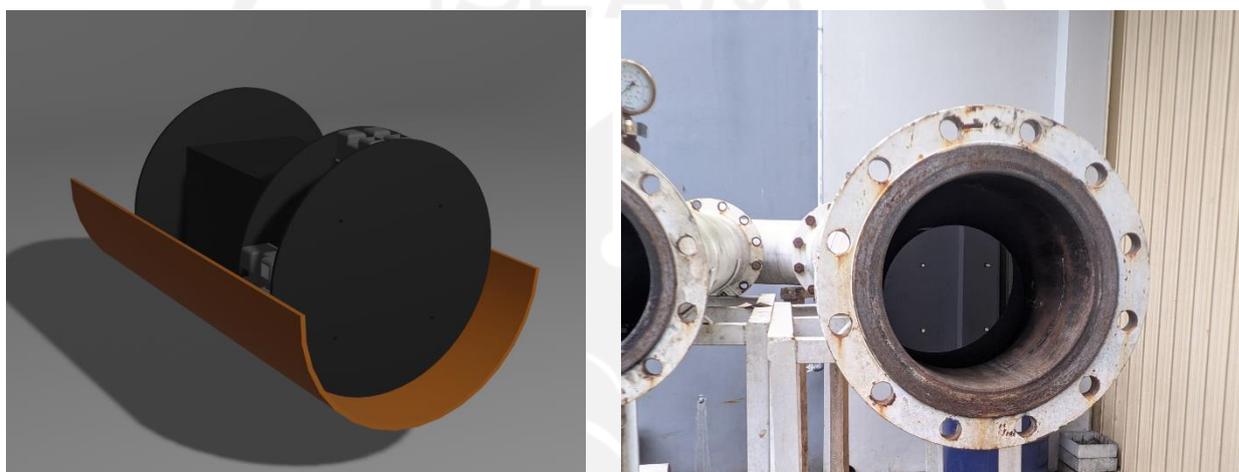
Gambar 3.16. Lubang 11 dan lubang 13 di pipa besi



BAB 4 : Hasil Perancangan Sistem

4.1 Kesesuaian Usulan dan Hasil Perancangan Sistem

Pada bagian ini, telah ditentukan seluruh rencana usulan perancangan sistem dan spesifikasi yang telah dibuat saat Tugas Akhir 1. Namun, saat proses realisasinya terdapat beberapa perubahan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena alat tidak bekerja dengan baik saat melakukan perancangan komponen dan pemrograman. Sehingga perlu dilakukan perubahan rancangan untuk mengurangi kendala yang akan terjadi serta mendapatkan hasil yang baik. Berikut adalah perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem yang ditampilkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Perbandingan desain alat yang dibuat (kiri) dengan hasil realisasi (kanan)

Tabel 4.1. Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Dimensi (panjang x lebar x tinggi)	22,2 x 20 x 20 cm	22,2 x 20 x 20 cm
2	Bahan casing	Akrilik	Akrilik
3	Berat	1 kg	1 kg
4	Baterai	6800 mAh, 16,8VDC	6800 mAh, 12,6VDC
5	Modul BMS	BMS 4S	BMS 3S
6	Regulator tegangan (<i>stepdown</i>)	Tidak menggunakan regulator <i>stepdown</i>	12,6VDC ke 9VDC
7	Op-amp	UA741	Tidak menggunakan penguatan atau op-amp
8	Filter	<i>Low Pass Filter</i>	Tidak menggunakan filter
9	Sensor	<i>Hall effect sensor</i> DRV5053	<i>Hall effect sensor</i> DRV5053
10	Mikrokontroler	Arduino mini Mega 2560	Arduino mini Mega 2560
11	Tempat penyimpanan data	Mikro SD (32Gb)	Mikro SD (32Gb)
12	Magnet	Neodymium	Neodymium

4.2 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajaemen Tim dan Realisasinya

Pada bagian ini, realisasi perencanaan dalam manajemen tim terdapat perubahan pada *timeline* yang sudah dibuat sebelumnya dikarenakan terdapat perubahan perancangan komponen yang diusulkan dan mempengaruhi Rencana Anggaran Belanja (RAB). Berikut merupakan *timeline* dan Rencana Anggaran Belanja (RAB) Tugas Akhir 2 yang terdapat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pembelian alat dan bahan	Maret – April	Maret – April
2	Perancangan sistem dengan usulan	April – Mei	April
3	Pembuatan program	Maret - Mei	Maret – Mei
4	Uji Coba Alat	Mei - Juni	Mei – Juni
5	Evaluasi dari hasil percobaan	Mei - Juni	Mei
6	Pembuatan PCB dan <i>Casing</i>	Mei - Juni	Juni
7	Pemasangan komponen ke PCB dan pemasangan <i>casing</i>	Juni	Juni
8	<i>Finishing</i> alat	Juni	Juni
9	Expo dan pengumpulan laporan Tugas Akhir 2	Juni - Juli	Juli

Tabel 4.3. Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

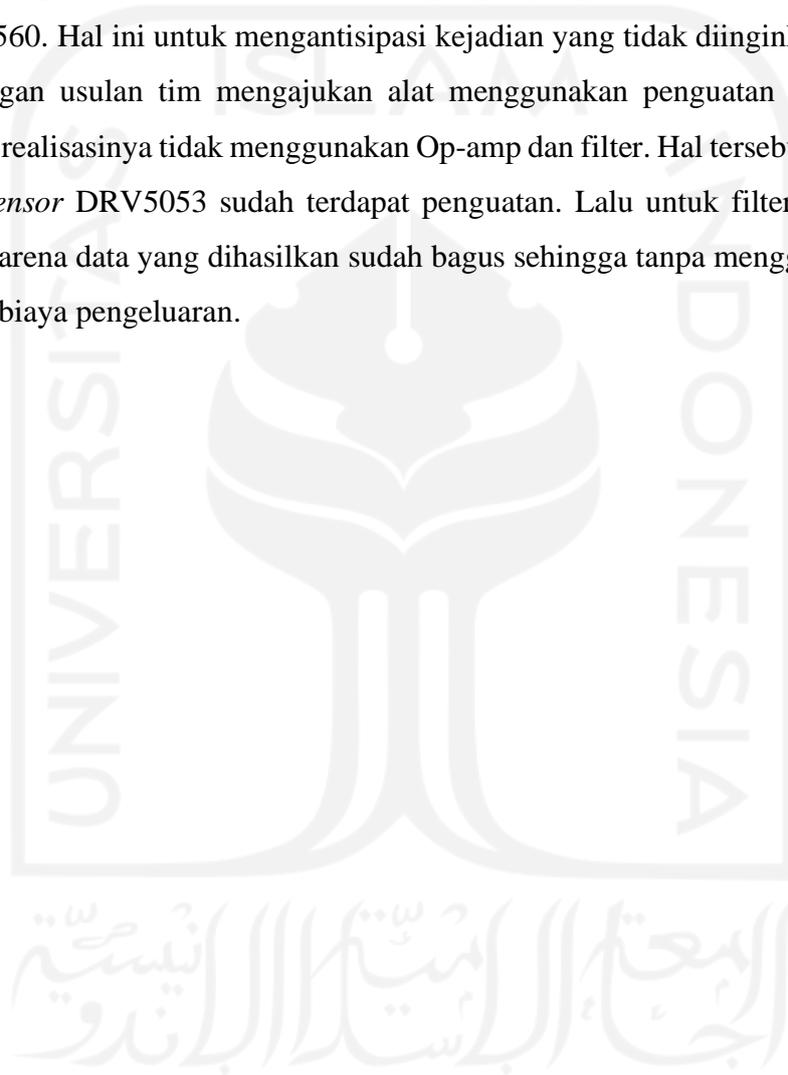
No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Sensor DRV5053	10 pcs	Rp. 665.811,-	10 pcs	Rp. 665.811,-
2	Arduino Mega2560	1 pcs	Rp. 155.000,-	1 pcs	Rp. 155.000,-
3	Magnet Neodymium	8 pcs	Rp. 76.600,-	8 pcs	Rp. 76.600,-
4	Modul <i>Stepdown</i> 2596	2 pcs	Rp. 65.000,-	1 pcs	Rp. 32.500,-
5	<i>MicroSD Card</i> Adaptor	1 pcs	Rp. 17.500,-	1 pcs	Rp. 17.500,-
6	<i>Micro Sandisk Ultra</i> 32Gb	1 pcs	Rp. 79.000,-	1 pcs	Rp. 79.000,-
7	Elco 100uF	6 pcs	Rp. 3.200,-	6 pcs	Rp. 3.200,-
8	<i>Connector Right</i> 3PIN	8 pcs	Rp. 12.800,-	8 pcs	Rp. 12.800,-
9	<i>Pin Female Header</i>	1 pcs	Rp. 6.000,-	1 pcs	Rp. 6.000,-
10	<i>Print PCB</i>	1 pcs	Rp. 40.036,-	1 pcs	Rp. 40.036,-
11	<i>Battery Holder 3 Slot Box</i>	1 pcs	Rp. 7.500,-	1 pcs	Rp. 7.500,-
12	<i>Battery Mitsuyama Rata</i>	4 pcs	Rp. 70.000,-	3 pcs	Rp. 52.500,-
13	BMS Module 12,6V 20A	-	-	1 pcs	Rp. 15.000,-
14	Kabel Pita UL 2468 26AWG	1 pcs	Rp. 15.000,-	1 pcs	Rp. 15.000,-
15	Selongsong Kabel	1 pcs	Rp. 1.750,-	1 pcs	Rp. 1.750,-
16	<i>Casing Akrilik</i>	1 pcs	Rp. 160.000,-	1 pcs	Rp. 150.000,-
Total			Rp. 1.375.197,-		Rp. 1.330.197,-

4.3 Analisis dan Pembahasan Kesesuaian antara Perencanaan dan Realisasi

Pada proses perencanaan dan realisasi terdapat beberapa perubahan untuk mendapatkan hasil yang baik. Perubahan yang tim lakukan didasari oleh referensi jurnal yang membahas mengenai alat inspeksi pipa dengan metode MFL serta realisasi alat yang dibuat berdasarkan hasil diskusi tim dan Dosen Pembimbing. Untuk persentase kesesuaian antara perencanaan dan realisasinya adalah 81%. Berikut merupakan aspek atau pembahasan mengenai kesesuaian antara

perencanaan dan realisasinya:

1. Pada rancangan usulan tim mengajukan untuk menggunakan baterai sebanyak 4 buah dengan kapasitas 6800 mAh dan terhubung ke modul BMS 4S dengan keluran tegangannya 16,8VDC. Namun, pada realisasinya hanya menggunakan 3 buah baterai dengan kapasitas 6800 mAh dan terhubung ke modul BMS 3S dengan keluaran tegangannya 12,6VDC. Penggunaan baterai ini sebagai sumber masukkan ke Arduino mini Mega2560. Lalu, dirancangan usulan tim tidak menyantumkan regulator *stepdown* dan direalisasinya menggunakan regulator *stepdown*. Regulator ini digunakan untuk menurunkan tegangan yang disalurkan dari baterai ke Arduino mini Mega2560. Hal ini untuk mengantisipasi kejadian yang tidak diinginkan.
2. Pada rancangan usulan tim mengajukan alat menggunakan penguatan Op-amp dan filter. Namun, saat realisasinya tidak menggunakan Op-amp dan filter. Hal tersebut dikarenakan pada *hall effect sensor* DRV5053 sudah terdapat penguatan. Lalu untuk filter, realisasinya tidak diperlukan karena data yang dihasilkan sudah bagus sehingga tanpa menggunakan filter dapat mengurangi biaya pengeluaran.



BAB 5 : Implementasi Sistem dan Analisis

5.1 Hasil dan Analisis Implementasi

Setelah melakukan proses perancangan alat selesai, selanjutnya melakukan uji coba. Uji coba dilakukan di Lab Kendali dan di CV Krakret Technology. Proses uji coba alat melalui beberapa tahap, yaitu:

5.1.1 Kalibrasi Sensor

Tahap pertama, yaitu melakukan kalibrasi sensor. Kalibrasi sensor ini dilakukan dengan menggunakan pipa besi yang terdapat di Laboratorium Kendali. Dalam proses kalibrasi, digunakan 4 variasi kondisi pada pipa besi, yaitu lubang dengan kedalaman 2 mm, 4 mm, 6 mm, dan tanpa lubang. Selanjutnya, melakukan pengambilan data dari masing-masing sensor. Data dari sensor yang dikalibrasi berupa data ADC 10 bit. Berikut ini merupakan data analog dari pembacaan setiap sensor yang ditampilkan pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, Tabel 5.3, dan Tabel 5.4.

Tabel 5.1. Kalibrasi sensor 1

Data pembacaan ADC 10 Bit sensor 1 (X_1)	Lubang (Y_1)
403,33	Tanpa Lubang (0 mm)
354,66	2 mm
294	4 mm
230,03	6 mm

Tabel 5.2. Kalibrasi sensor 2

Data pembacaan ADC 10 Bit sensor 2 (X_2)	Lubang (Y_2)
406	Tanpa Lubang (0 mm)
384,56	2 mm
313,96	4 mm
240,33	6 mm

Tabel 5.3. Kalibrasi sensor 3

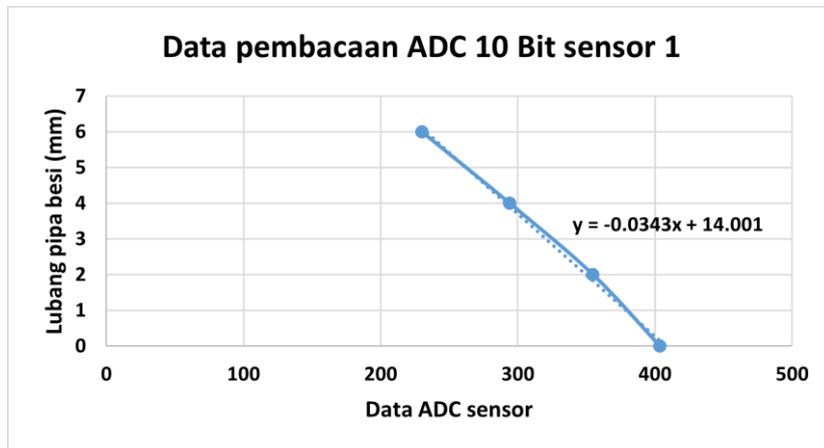
Data pembacaan ADC 10 Bit sensor 3 (X_3)	Lubang (Y_3)
406,06	Tanpa Lubang (0 mm)
396,43	2 mm
334,23	4 mm
272,06	6 mm

Tabel 5.4. Kalibrasi sensor 4

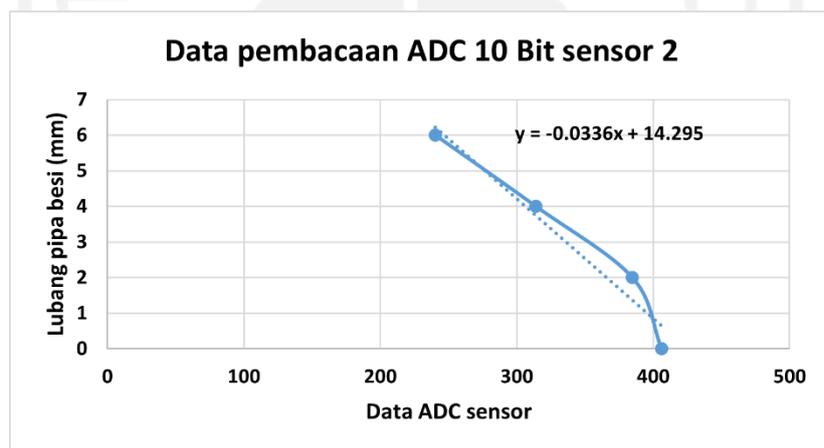
Data pembacaan ADC 10 Bit sensor 4 (X_4)	Lubang (Y_4)
406,96	Tanpa Lubang (0 mm)
380,67	2 mm
312,06	4 mm
247,3	6 mm

Tahap kedua, yaitu melakukan regresi linear dari masing-masing sensor. Data pembacaan yang didapatkan pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, Tabel 5.3, dan Tabel 5.4 dilakukan pemetaan

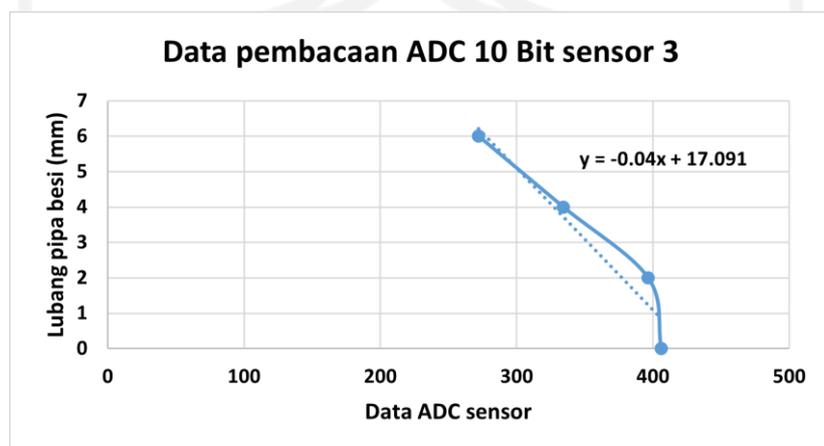
menggunakan *microsoft excel* untuk mendapatkan persamaan regresi linear. Dilakukan regresi linear ini untuk mendapatkan persamaan yang nantinya akan menghasilkan nilai lubang dari pipa besi. Berikut merupakan grafik persamaan regresi linear masing-masing sensor pada Gambar 5.1, Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4.



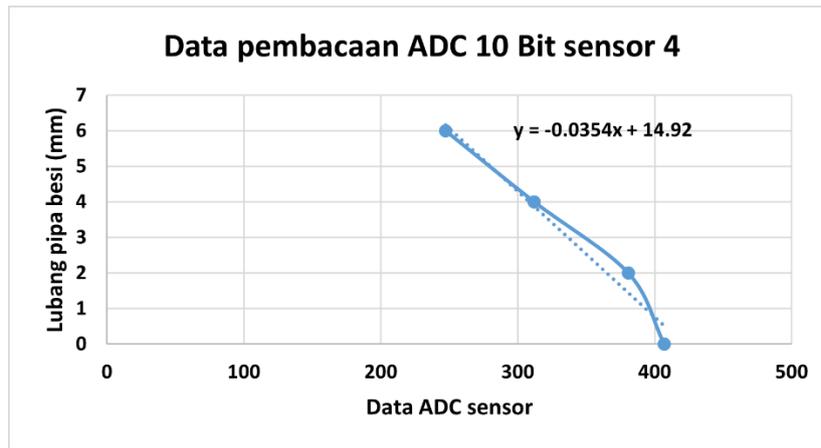
Gambar 5.1. Grafik data pembacaan ADC 10 bit sensor 1



Gambar 5.2. Grafik data pembacaan ADC 10 bit sensor 2



Gambar 5.3. Grafik data pembacaan ADC 10 bit sensor 3



Gambar 5.4. Grafik data pembacaan ADC 10 bit sensor 4

Dari hasil pemetaan data pembacaan ADC 10 bit setiap sensor menggunakan perangkat lunak *microsoft excel*, cara mendapatkan persamaan regresi linier dengan mengeklik kanan pada poin data dan memilih opsi garis tren (*trendline*) linear. Kemudian, mencentang bagian tampilkan persamaan pada grafik. Adapun persamaan masing-masing sensor yang didapatkan sebagai berikut.

$$y_1 = -0,0343 x_1 + 14,001 \quad 5.1$$

$$y_2 = -0,0336 x_2 + 14,295 \quad 5.2$$

$$y_3 = -0,04 x_3 + 17,091 \quad 5.3$$

$$y_4 = -0,0354 x_4 + 14,92 \quad 5.4$$

Persamaan 5.1 merupakan persamaan regresi linier dari sensor 1, persamaan 5.2 merupakan persamaan regresi linier dari sensor 2, persamaan 5.3 merupakan persamaan regresi linier dari sensor 3, dan persamaan 5.4 merupakan persamaan regresi linier dari sensor 4.

Setelah itu, tim melakukan uji coba alat yang sudah dikalibrasi sebelumnya untuk mencari nilai pembacaan *error* sensor dengan menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

$$error (\%) = MAPE = \left(\frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|}{n} \right) \times 100 \quad 5.5$$

Dimana, A_t adalah nilai data aktual, F_t adalah nilai hasil peramalan, n adalah banyaknya data, dan Σ adalah jumlah keseluruhan nilai.

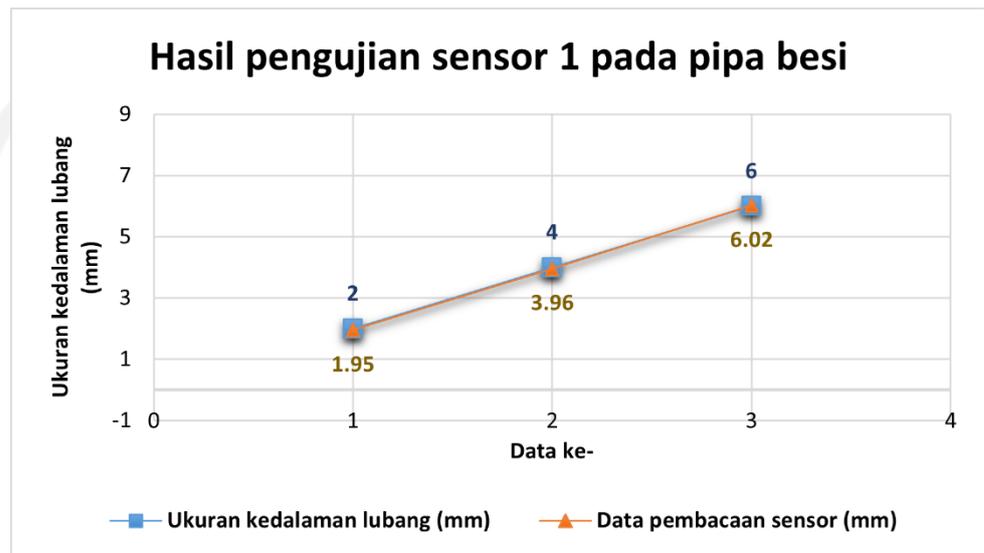
5.1.2 Data Hasil Uji Coba

a) Hasil data percobaan pipa di Laboratorium Kendali

Setelah masing-masing sensor selesai dikalibrasi, maka sensor akan diuji pada pipa besi. Adapun hasil pembacaan masing-masing sensor sebagai berikut:

1) Sensor 1

Hasil data pembacaan sensor 1 terhadap lubang dengan ukuran kedalaman 2 mm, 4 mm, dan 6 mm yang ditunjukkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5. Grafik hasil pengujian pada sensor 1

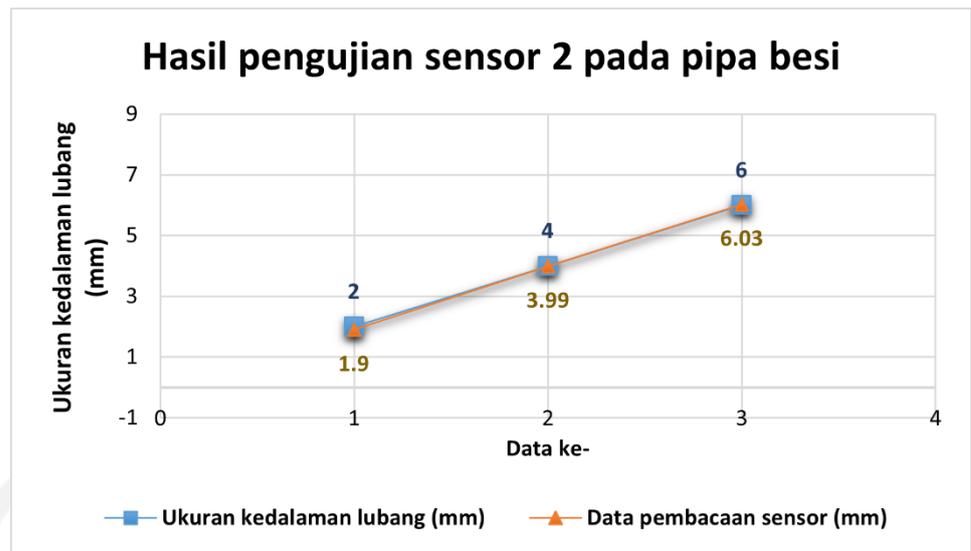
Dari Gambar 5.5, bahwa hasil pembacaan masih terdapat *error*. *Error* tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan 5.5 dan didapatkan hasil persentase *error* yang ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5. Hasil perhitungan MAPE pada sensor 1

SENSOR 1	MAPE
Lubang 2 mm	2,7%
Lubang 4 mm	1,3%
Lubang 6 mm	0,98%

2) Sensor 2

Hasil data pembacaan sensor 2 terhadap lubang dengan ukuran kedalaman 2 mm, 4 mm, dan 6 mm yang ditunjukkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6. Grafik hasil pengujian pada sensor 2

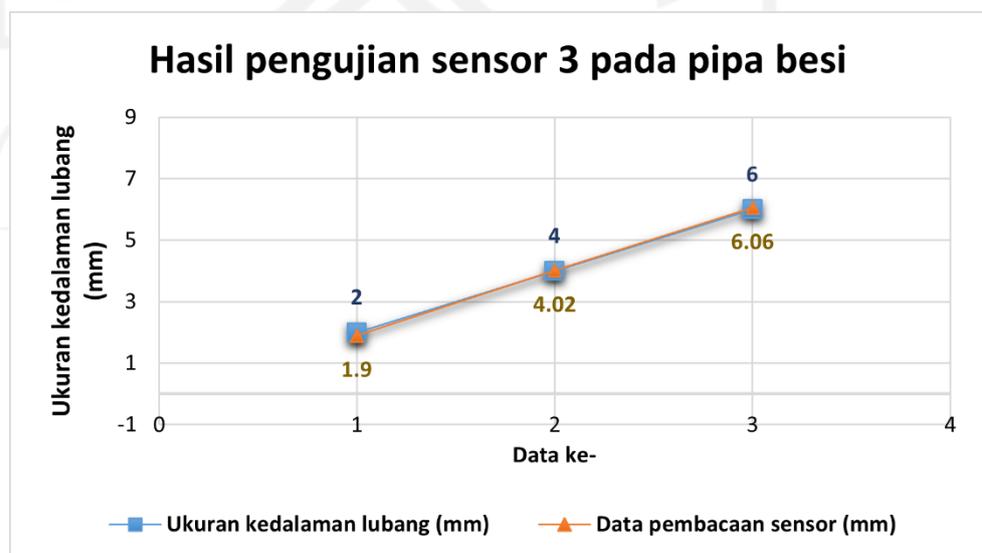
Dari Gambar 5.6, bahwa hasil pembacaan masih terdapat *error*. *Error* tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan 5.5 dan didapatkan hasil persentase *error* yang ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Hasil perhitungan MAPE pada sensor 2

SENSOR 1	MAPE
Lubang 2 mm	4,6%
Lubang 4 mm	1,22%
Lubang 6 mm	0,88%

3) Sensor 3

Hasil data pembacaan sensor 3 terhadap lubang dengan ukuran kedalaman 2 mm, 4 mm, dan 6 mm yang ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Grafik hasil pengujian pada sensor 3

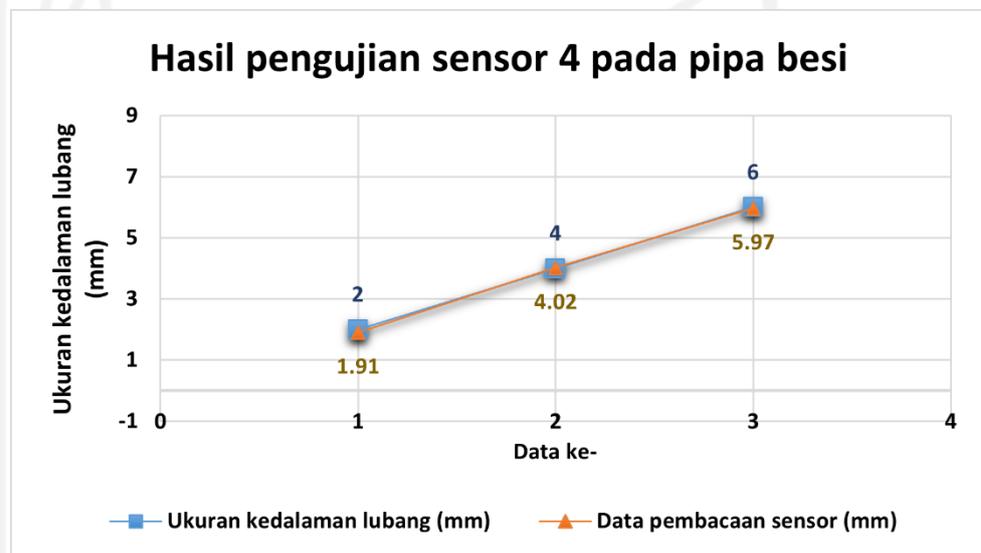
Dari Gambar 5.7, bahwa hasil pembacaan masih terdapat *error*. *Error* tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan 5.5 dan didapatkan hasil persentase *error* yang ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Hasil perhitungan MAPE pada sensor 3

SENSOR 1	MAPE
Lubang 2 mm	4,55%
Lubang 4 mm	1,27%
Lubang 6 mm	1,18%

4) Sensor 4

Hasil data pembacaan sensor 4 terhadap lubang dengan ukuran kedalaman 2 mm, 4 mm, dan 6 mm yang ditunjukkan pada Gambar 5.8.



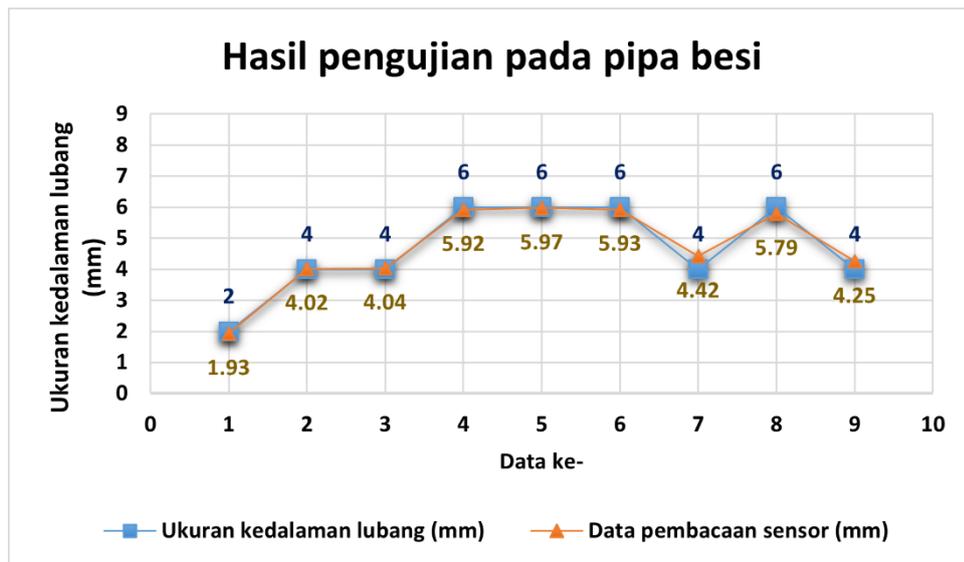
Gambar 5.8. Grafik hasil pengujian pada sensor 4

Dari Gambar 5.8, bahwa hasil pembacaan masih terdapat *error*. *Error* tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan 5.5 dan didapatkan hasil persentase *error* yang ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Hasil perhitungan MAPE pada sensor 4

SENSOR 1	MAPE
Lubang 2 mm	4,75%
Lubang 4 mm	1,2%
Lubang 6 mm	1,01%

Selanjutnya, percobaan alat yang diletakkan pada pipa besi di Laboratorium Kendali dan sensor mendeteksi kedalaman lubang. Berikut grafik data hasil percobaan dari sensor terhadap semua lubang yang ada dipipa pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9. Grafik data hasil pengujian pada pipa besi di Laboratorium Kendali

Berdasarkan Tabel 5.9, untuk mengetahui pembacaan sensor yang baik disetiap lubang, diperlukan nilai *error* yang kecil. Tim menggunakan persamaan 5.5 untuk mencari nilai *error*. Berikut adalah hasil dari perhitungan MAPE yang ditunjukkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Hasil perhitungan *error* pada pipa besi di Laboratorium Kendali

Data ke -	Lubang (mm)	Error (%)
1	2 mm	3,45 %
2	4 mm	1,25 %
3	4 mm	2,42 %
4	6 mm	1,31 %
5	6 mm	1,05 %
6	6 mm	1,08 %
7	4 mm	10,67 %
8	6 mm	3,43 %
9	4 mm	6,27 %

Hasil pengujian pada Tabel 5.9, sensor mendeteksi lubang pertama dengan ukuran kedalaman 2 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 3,45%. Kemudian, sensor mendeteksi lubang kedua dengan ukuran kedalaman 4 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 1,25%. Lalu, sensor mendeteksi lubang ketiga dengan ukuran kedalaman 4 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 2,42%. Selanjutnya, sensor mendeteksi lubang keempat dengan ukuran kedalaman 6 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 1,31%. Berikutnya, sensor mendeteksi lubang kelima dengan ukuran kedalaman 6 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 1,05%. Setelah itu, sensor mendeteksi lubang keenam dengan ukuran kedalaman 6 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 1,08%. Kemudian, sensor mendeteksi lubang ketujuh dengan ukuran kedalaman 4 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 10,67%. Lalu, sensor mendeteksi lubang kedelapan dengan ukuran kedalaman 6 mm yang memiliki nilai *error*

sebesar 3,43%. Terakhir, sensor mendeteksi lubang kesembilan dengan ukuran kedalaman 4 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 6,27%.

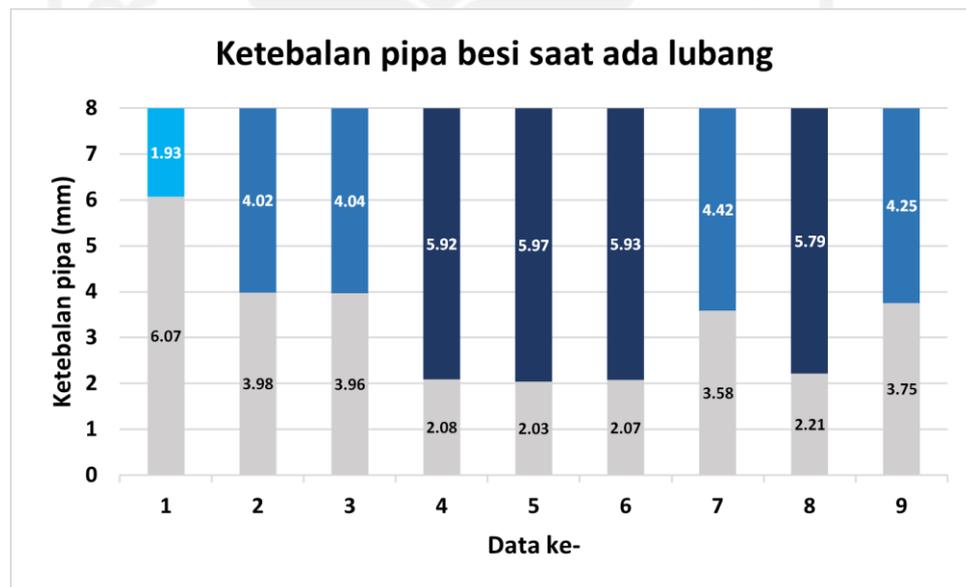
Adapun untuk mengetahui ketebalan pipa pengujian di Laboratorium menggunakan persamaan 5.6.

$$\text{Selisih tebal pipa (mm)} = \text{ukuran tebal pipa} - \text{lubang} \quad 5.6$$

Dari persamaan 5.6, didapatkan hasil selisih dari ukuran tebal pipa dengan lubang yang dideteksi oleh sensor. Hasil perhitungan selisih tebal pipa ditunjukkan pada Tabel 5.10 dan grafik berupa ketebalan pipa besi saat ada lubang pada Gambar 5.10.

Tabel 5.10. Perhitungan selisih tebal pipa di Laboratorium Kendali

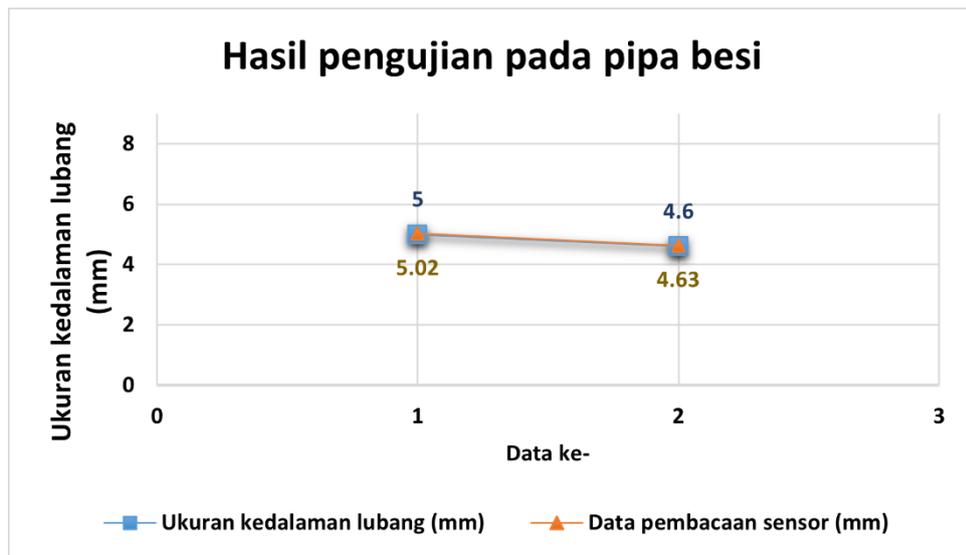
Data ke-	Ukuran tebal pipa (mm)	Lubang (mm)	Hasil tebal pipa (mm)
1	8	1,93	6,07
2	8	4,02	3,98
3	8	4,04	3,96
4	8	5,92	2,08
5	8	5,97	2,03
6	8	5,93	2,07
7	8	4,42	3,58
8	8	5,79	2,21
9	8	4,25	3,75



Gambar 5.10. Grafik ketebalan pipa besi saat ada lubang (Laboratorium Kendali)

b) Hasil data percobaan pipa di CV Krakret Technology

Pengujian dilakukan di CV Krakret Technology menggunakan pipa besi dengan diameter 273 mm dan ketebalannya 9,27 mm. Berikut grafik data hasil percobaan dari sensor pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11. Grafik pengujian pada sensor di CV Kraket Technology

Berdasarkan Gambar 5.11, bahwa untuk mengetahui pembacaan sensor yang baik disetiap lubang, diperlukan nilai *error* yang kecil. Tim menggunakan persamaan 5.5 untuk mencari nilai *error*. Berikut adalah hasil dari perhitungan MAPE yang ditunjukkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil perhitungan *error* pada pipa besi di CV Kraket Technology

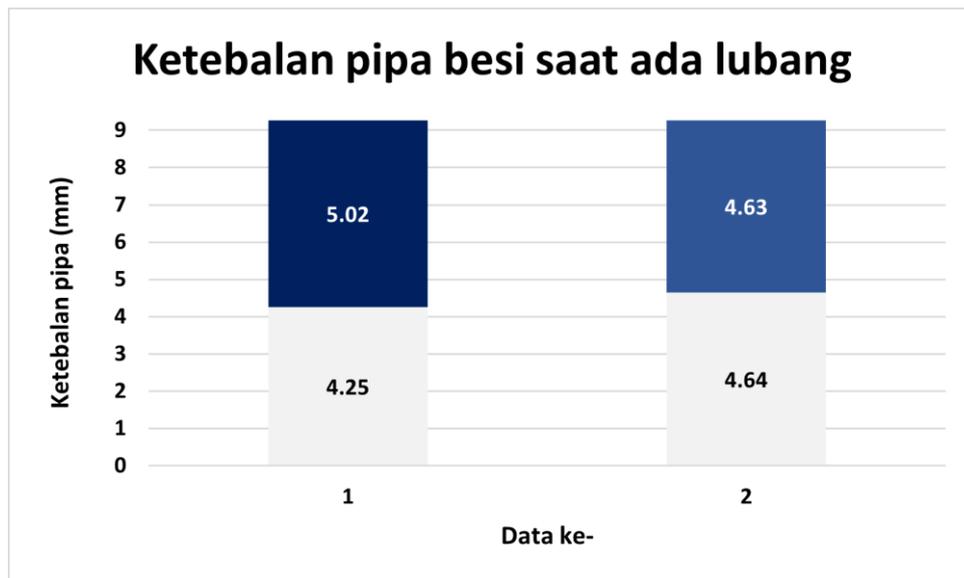
Data ke -	Lubang (mm)	<i>Error</i> (%)
1	5 mm	3,45 %
2	4,6 mm	0,93 %

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.11, bahwa sensor mendeteksi lubang yang pertama dengan ukuran kedalaman 5 mm dan mendapatkan nilai *error* sebesar 1,85%. Kemudian, sensor mendeteksi lubang kedua dengan ukuran kedalaman 4,6 mm dan mendapatkan nilai *error* sebesar 1,05%.

Untuk mengetahui ketebalan pipa pengujian di CV Kraket Technology menggunakan persamaan 5.6 dan mendapatkan hasil selisih dari ukuran tebal pipa dengan lubang yang dideteksi oleh sensor. Hasil perhitungan selisih tebal pipa ditunjukkan pada Tabel 5.12 dan grafik berupa ketebalan pipa besi saat ada lubang pada Gambar 5.12.

Tabel 5.12. Perhitungan selisih tebal pipa di CV Kraket Technology

Data ke-	Ukuran tebal pipa (mm)	Lubang (mm)	Hasil tebal pipa (mm)
1	9,27	5,02	4,25
2	9,27	4,63	4,64



Gambar 5.12. Grafik ketebalan pipa besi saat ada lubang (CV Kraket Technology)

Dari hasil pengujian pada pipa besi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah diperlukannya kalibrasi terlebih dahulu dikarenakan ukuran diameter pipa besi yang ada di CV Kraket Technology berbeda dengan pipa besi yang berada di Laboratorium Kendali. Faktor kedua yang mempengaruhi adalah besarnya kuat medan magnet.

5.2 Pengalaman Pengguna

Tim melakukan pengujian alat pada pipa besi di Laboratorium Kendali dan di CV Kraket Technology. Berikut adalah beberapa evaluasi menurut pengalaman pengguna yang ditunjukkan pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

Tabel 5.13. Pengalaman Pengguna di Laboratorium Kendali

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai alat yang dapat mengukur kedalaman lubang pada pipa besi.	Dipertahankan.
2	Akurasi Sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil pembacaan pada sensor satu di lubang 2 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 2,7%, untuk lubang 4 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 1,3%, dan untuk lubang 6 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 0,98%. - Hasil pembacaan pada sensor dua di lubang 2 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 13,58%, untuk lubang 4 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 1,22%, dan untuk lubang 6 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 0,88%. - Hasil pembacaan pada sensor tiga di lubang 2 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 11,15%, untuk lubang 4 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 1,27%, dan untuk lubang 6 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 1,18%. - Hasil pembacaan pada sensor empat di lubang 2 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 9,35%, untuk 	Perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap pipa besi yang akan diukur.

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
		lubang 4 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 1,2%, dan untuk lubang 6 mm memiliki nilai <i>error</i> sebesar 1,01%.	

Tabel 5.14. Pengalaman pengguna di CV Krakret Technology

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Fungsi sebagai alat yang dapat mengukur kedalaman lubang pada pipa besi.	Dipertahankan.
2	Akurasi Sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil pembacaan pada sensor saat mendeteksi lubang dengan ukuran kedalaman 5 mm mendapatkan <i>error</i> sebesar 3,45%. - Hasil pembacaan pada sensor saat mendeteksi lubang dengan ukuran kedalaman 4,6 mm mendapatkan <i>error</i> sebesar 0,93%. 	Perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu terhadap pipa besi yang akan diukur.

5.3 Dampak Implementasi Sistem

5.3.1 Teknologi/Inovasi

Magnetic Flux Leakage (MFL) merupakan teknik pengujian *non-destruktif magnetik* yang digunakan untuk mendeteksi korosi dan lubang dalam struktur baja atau besi pada pipa. MFL bertujuan untuk mengukur kerusakan korosi ataupun kedalaman lubang secara akurat. Terdapat beberapa alat yang sudah ada mengenai *Pipeline Inspection* salah satu referensinya yaitu dari perusahaan I2IPIPLINE yang dapat di akses melalui *website* berikut: <http://www.i2ipipelines.com/products/>. Pada perusahaan I2IPIPLINE ini memiliki kontrol kecepatan untuk inspeksi pipa dalam rentang 0,1 m/s – 7 m/s. Contoh referensi lain yaitu dari perusahaan PIPECARE yang dapat di akses melalui *website* berikut: <https://www.pipecaregroup.com/mfl-inspection/>. Dari perusahaan ini alat memiliki batasan minimal untuk dapat mendeteksi ketebalan pada pipa yaitu 1,5 mm. Referensi lain yaitu dari perusahaan DACON yang dapat di akses melalui *website* berikut: <https://www.dacon-inspection.com/pipeline-services/intelligent-pigging/mfl-pigging/>. Di perusahaan ini alat dapat menganalisis data otomatis dan memiliki *software* dari perusahaannya sendiri. Berikut merupakan perbandingan produk *MFL-PIGGING* yang ditunjukkan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15. Perbandingan dari beberapa produk *MFL-PIGGING*

No	Fitur/Komponen	Sistem yang dibuat	I2IPIPLINE	PIPECARE	DACON
1	Kecepatan alat	1 m/s – 2 m/s	0,1 m/s – 7 m/s	0,2 m/s – 5 m/s	0,1 m/s – 5 m/s
2	Media penyimpanan data	Micro SD	-	-	-
3	Ketebalan pipa	8 mm	Maksimal 25,4 mm	3 – 25,4 mm	Minimal 1,5 mm

5.3.2 Ekonomi

Alat IMALe berdampak ke aspek ekonomi dikarenakan tim melakukan perancangan sistem dengan mengedepankan *low cost budget* dan tidak mengurangi fungsi dari alat yang dapat mengukur kedalaman lubang pada pipa besi. IMALe bisa dijadikan sebagai alternatif, walaupun masih dalam bentuk *prototype*



BAB 6 : Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan sistem didapatkan beberapa kesimpulan yang dapat diambil yaitu sebagai berikut:

1. Hasil dari pembacaan sensor alat ini dapat menyimpan data menggunakan *microSD* dan pengolahan data menggunakan *microsoft excel*.
2. Hasil pengujian di Laboratorium Kendali, alat dapat mendeteksi lubang 2 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 3,45%. Sedangkan, lubang 4 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 1,25%, dan pada lubang 6 mm yang memiliki nilai *error* sebesar 1,31%.
3. Pada saat pengujian di CV Kraket Technology, bahwa alat ini dapat mendeteksi lubang yang pertama dengan ukuran kedalaman 5 mm dan mendapatkan nilai *error* sebesar 3,45%. Kemudian, *error* yang didapatkan saat melakukan pengujian lubang dengan ukuran kedalaman 4,6 mm sebesar 0,93%.
4. Nilai *error* dari hasil pengujian alat pada pipa besi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama adalah diperlukannya kalibrasi terlebih dahulu dikarenakan ukuran diameter pipa besi yang ada di CV Kraket Technology berbeda dengan pipa besi yang berada di Laboratorium Kendali. Faktor kedua yang mempengaruhi adalah besarnya kuat medan magnet.

6.2 Saran

Sistem yang telah dibuat masih memiliki beberapa kelemahan. Oleh karena itu terdapat beberapa saran yang dapat membantu dalam pengembangan penelitian berikutnya.

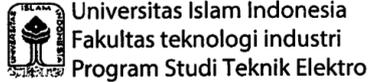
1. Dibutuhkannya alat kalibrasi magnet untuk mengetahui kuat medan magnetnya.
2. Alat dapat menentukan letak lubang pada pipa besi.
3. Dimensi alat yang dibuat sesuai dengan pipa besi yang akan diukur.
4. Menggunakan magnet non permanen untuk mempermudah saat inspeksi.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, “Produksi Minyak Bumi dan Gas Alam”, Desember 2020. diakses 26 Oktober 2021. [Online]. Tersedia pada : <https://www.bps.go.id/statictable/2009/06/15/1092/produksi-minyak-bumi-dan-gas-alam-1996-2019.html>.
- [2] M. Mahmoodian, “Pipeline Inspection and Maintenance”, dalam *Reliability and Maintainability of In-Service Pipelines*, Elsevier, 2018, hlm. 49–78. doi: 10.1016/B978-0-12-813578-5.00002-0.
- [3] Corrosionpedia, “What does Smart Pig Mean?,” Desember 2018. diakses 26 Oktober 2021. [Online]. Tersedia pada: <http://www.corrosionpedia.com/definition/1521/smart-pig>.
- [4] Testindo, “3 Pengujian NDT pada Material Industri,” Agustus 2018. diakses 19 November 2021. [Online]. Tersedia pada: <http://www.testindo.com/article/480/ndt-non-destructive-test-material-industri>.
- [5] A. S. T. Prayuda dan W. H. A. Putra, “Analisis Kemampuan Pendeteksian Pengujian Eddy Current terhadap Crack Toe pada Sambungan Tee Material Aluminium 5083 yang Dilapisi Non-Conductive Coating dengan Variasi Kedalaman dan Panjang Crack,” vol. 10, no. 2, hlm. 8, 2021.
- [6] H. M. Kim, H. R. Yoo, Y. W. Rho, dan G. S. Park, “Detection method of cracks by using magnetic fields in underground pipeline,” dalam *2013 10th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)*, Jeju, Korea (South), Okt 2013, hlm. 734–737. doi: 10.1109/URAI.2013.6677441.
- [7] S. Saha, D. Mukherjee, S. K. Lahiri, dan P. P. Marathe, “Development of speed control algorithm for Instrumented Pipeline Inspection Gauge (IPIG) in high speed liquid petroleum pipelines,” dalam *2018 IEEE Applied Signal Processing Conference (ASPCON)*, Kolkata, India, Des 2018, hlm. 92–97. doi: 10.1109/ASPCON.2018.8748485.
- [8] Y. Shi, C. Zhang, R. Li, M. Cai, dan G. Jia, “Theory and Application of Magnetic Flux Leakage Pipeline Detection,” *Sensors*, vol. 15, no. 12, hlm. 31036–31055, Des 2015, doi: 10.3390/s151229845.
- [9] Q. Feng, R. Li, B. Nie, S. Liu, L. Zhao, dan H. Zhang, “Literature Review: Theory and Application of In-Line Inspection Technologies for Oil and Gas Pipeline Girth Weld Defection,” *Sensors*, vol. 17, no. 12, hlm. 50, Des 2016, doi: 10.3390/s17010050.
- [10] A. P. Products, “MAGNETS - Options & Accessories”, *Apache Pipeline Products*, 20 Januari 2018. diakses 14 Juli 2022. [Online]. Tersedia pada: <https://www.apachepipe.com/options-accessories/magnets/>.

LAMPIRAN – LAMPIRAN

1) Lembar saran/komentar dari dosen penguji internal



PERBAIKAN TUGAS AKHIR YANG DISARANKAN
PADA WAKTU UJIAN TUGAS AKHIR
Tanggal Ujian: 4 Agustus 2022

Dosen Penguji

Nama : Ir. Medilla Kusriyanto, S.T., M.Eng., IPM.

Kelompok yang diuji

Kelompok : NA7

Judul : IMALe : Instrumentasi Magnetic Flux Leakage
pada Pipa Industri

Saran/Komentar :

1. Batasan realistik → lingkungan dan keadaan industri off.
2. awal paragraf jangan kata hubung (kemudian dkk).
3. Kesimpulan → diperbaiki
4. Regresi linear dan persamaan M_e disesuaikan.
5. flowchart dan penjelasan skalar. program.

2) Lembar saran/komentar dari dosen penguji eksternal

LEMBAR PENILAIAN PENGUJI EKSTERNAL

Nama Penguji	Deny Krisnanto, S.T.							
Nama Mahasiswa	Muhammad Yusran Alifian							
NIM	18524025							
Judul	IMALe : Instrumentasi Magnetic Flux Leakage pada Pipa Industri*							
CPMK	Kategori	Bobot	Penilai	1 (Nilai <60)	2 (Nilai 60 - 70)	3 (Nilai 70 - 80)	4 (Nilai >80)	Nilai (0-100)
CPMK 1 Mahasiswa mampu menawarkan solusi yang mampu memberikan kontribusi atau nilai tambah bagi pengguna / kelompok masyarakat.	Solusi yang diberikan sesuai dengan problem Solusi memungkinkan diimplementasikan dan punya dampak (nilai tambah)	5% 10%	Eksternal Eksternal	Solusi tidak menjawab problem yang disampaikan Solusi sulit diimplementasikan dan tidak memiliki nilai tambah	Solusi kurang sesuai dengan problem Solusi memungkinkan untuk diimplementasikan, dan kurang mempunyai nilai tambah	Solusi sesuai dengan problem Solusi bisa diimplementasikan, mempunyai nilai tambah	Solusi sangat sesuai dengan problem Solusi sangat mungkin diimplementasikan dan nilai tambahnya cukup tinggi.	
CPMK 2 Mahasiswa mampu mendesain solusi atas permasalahan yang telah ditetapkan dan mampu melakukan proses validasi dan re-check dari purwarupa yang telah dilakukan dan melakukan re-engineering/re-design jika diperlukan	Alat berfungsi dan dilakukan pengujian	10%	Eksternal	Alat tidak berfungsi sesuai dengan rancangan dan belum dilakukan pengujian.	Alat berfungsi 60% sesuai dengan rancangan dan sudah dilakukan pengujian dengan hasil yang kurang bagus	Alat berfungsi 70% sesuai dengan rancangan dan sudah dilakukan pengujian dengan hasil yang cukup bagus	Alat berfungsi minimal 80% sesuai dengan rancangan dan sudah dilakukan pengujian dengan hasil yang bagus	
CPMK 3 Mahasiswa mampu mendemonstrasikan kemampuan bekerja sama dalam tim	Poster dan presentasi (Ekspo)	15%	Eksternal	· Isinya kurang informatif dan layout kurang menarik · Mahasiswa tidak bisa menjelaskan dan menjawab pertanyaan	· Isinya cukup informatif dan layout cukup menarik · Mahasiswa bisa menjelaskan namun kurang mampu menjawab	· Isinya informatif dan layout cukup menarik · Mahasiswa bisa menjelaskan dan mampu menjawab pertanyaan	· Isinya informatif dan layout sangat menarik · Mahasiswa bisa menjelaskan dan mampu menjawab pertanyaan	

- Ide & Solusi sudah bagus
- mekanisme gerak alat masih kurang karena di gerakan secara manual & alat terdapat magnet permanen shg menjadi berat saat digerakan. kedepan bisa dikembangkan metode lain spt memakai magnet non permanen.

3) Logbook Kegiatan Selama Proses Tugas Akhir 2

Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
Jumat, 4 Maret 2022	Melakukan pembelian <i>hall sensor drv5053</i> di Tokopedia
Senin, 7 Maret 2022	Melakukan pembelian modul <i>SD Card</i> dan <i>microSD</i>
Rabu, 9 Maret 2022	Melakukan pembelian modul <i>Arduino mega2560</i>
Kamis, 10 Maret 2022	Melakukan pembelian magnet
Jumat, 11 Maret 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Senin, 14 Maret 2022	Mencari referensi untuk membuat program
Kamis, 17 Maret 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Senin, 21 Maret 2022	Melakukan ujicoba <i>hall sensor drv5053</i> di Laboratorium sistem kendali
Jumat, 25 Maret 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Jumat, 1 April 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Sabtu, 9 April 2022	Pembelian komponen pendukung lainnya
Senin, 11 April 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Jumat, 13 Mei 2022	Pembelian modul <i>BMS (Battery Charger Board) 12V 20A</i>

Hari, Tanggal	Deskripsi Kegiatan
Senin, 23 Mei 2022	Membuat desain PCB
Jumat, 27 Mei 2022	Pembuatan Desain 3D tempat sensor
Kamis, 2 Juni 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Selasa, 7 Juni 2022	Pembelian magnet dan Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Jumat, 10 Juni 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Kamis, 16 Juni 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Jumat, 17 Juni 2022	Mencetak desain PCB yang telah dibuat dijogja pcb
Sabtu, 18 Juni 2022	Pembuatan Desain 3D casing akrilik
Senin, 20 Juni 2022	Memasang komponen kerangkaian PCB
Selasa, 21 Juni 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Rabu, 22 Juni 2022	Pengambilan data pada pipa besi yang ada di Laboratorium Sistem Kendali
Kamis, 23 Juni 2022	Pengambilan data pada pipa besi yang ada di Laboratorium Sistem Kendali
Jumat, 24 Juni 2022	Pengambilan data pada pipa besi yang ada di Laboratorium Sistem Kendali
Rabu, 29 Juni 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Senin, 4 Juli 2022	Pemasangan casing akrilik
Kamis, 7 Juli 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali
Jumat, 8 Juli 2022	diskusi dengan tim membahas laporan
Senin, 11 Juli 2022	diskusi dengan tim membahas laporan
Selasa, 12 Juli 2022	Pengambilan data dan dokumentasi di CV. Krakret Technology.
Selasa, 13 Juli 2022	Pengolahan data diskusi dengan tim membahas laporan
Kamis, 14 Juli 2022	Boot camp finishing laporan bersama dosen Pembimbing 1 di Fakultas Teknologi Industri ruangan 4.15B
Jumat, 15 Juli 2022	Diskusi dengan tim (membahas laporan, poster, dan ppt)
Sabtu, 16 Juli 2022	Pengambilan data dan dokumentasi di CV. Krakret Technology.
Minggu, 17 Juli 2022	Bimbingan dengan dosen Pembimbing 1 di Laboratorium sistem kendali

4) Dokumen TA201 dan TA202

My Drive > ... > Technical Report > TRP 201

Files Name ↑

18524025 - Technical Report 201....

18524026 - Technical Report 201....

TRP 201

Details Activity

Who has access

[Manage access](#)

System properties

Type Google Drive Folder

Location Technical Report

My Drive > ... > Technical Report > TRP 202

Files Name ↑

18524025 - Technical Report 202....

18524026 - Technical Report 202....

TRP 202

Details Activity

Who has access

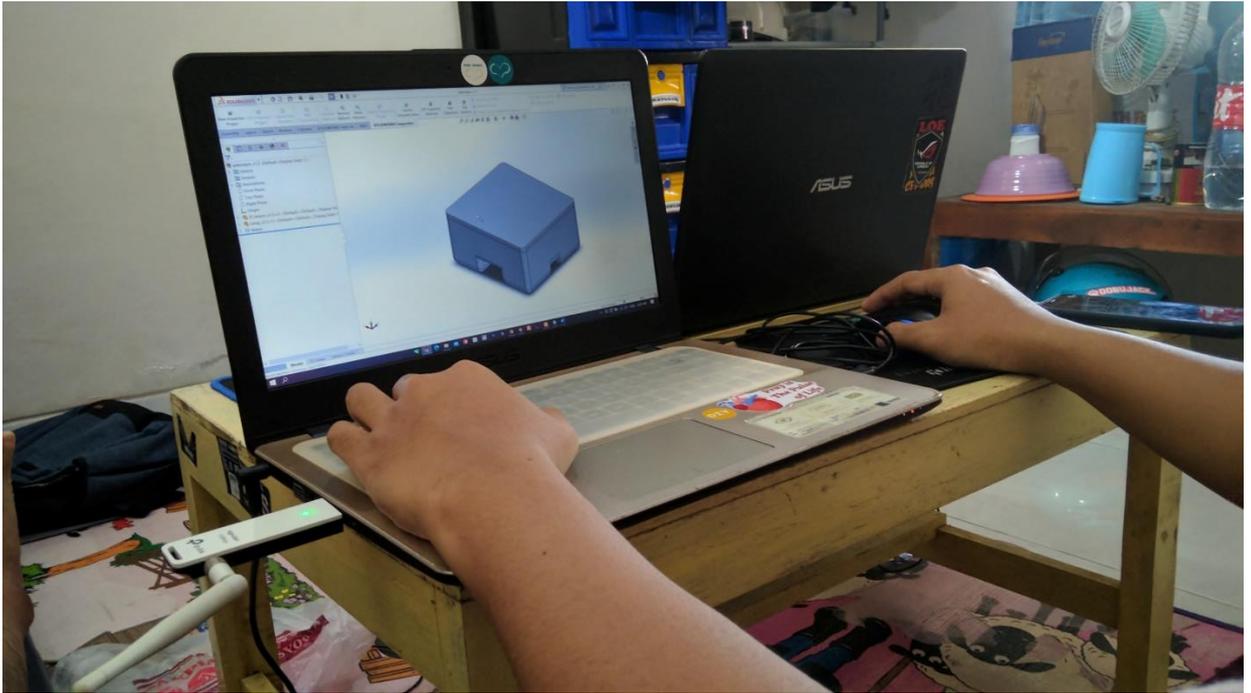
[Manage access](#)

System properties

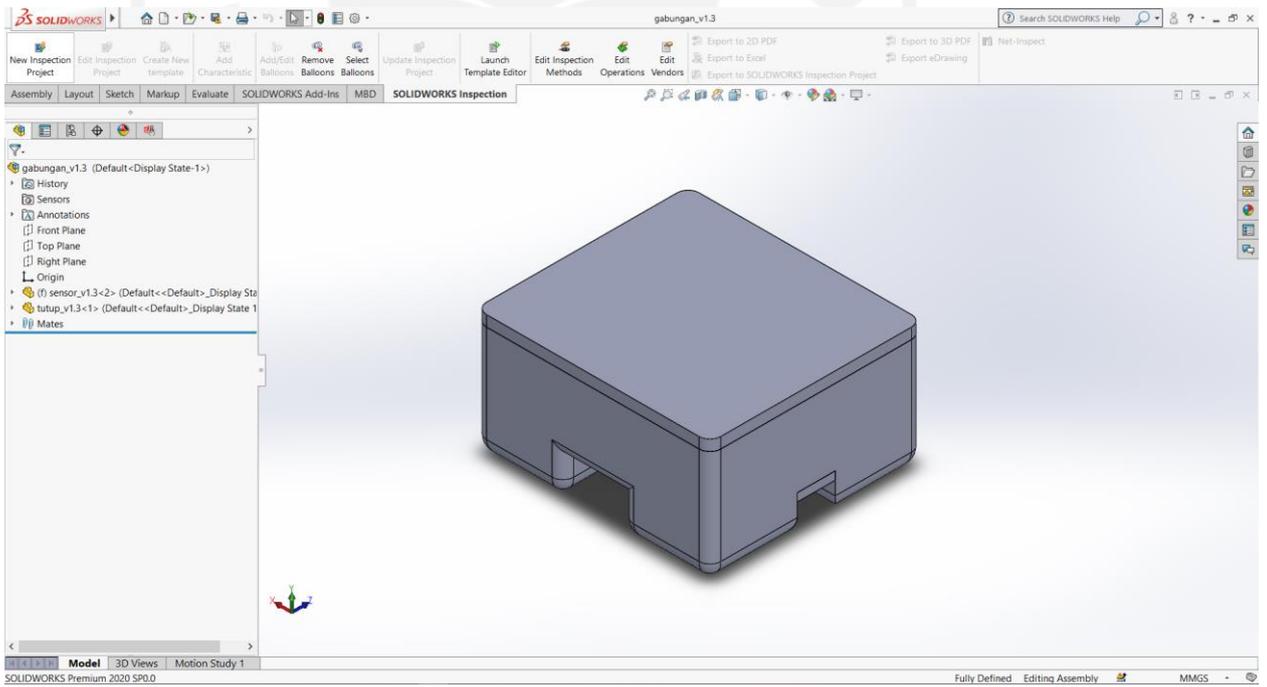
Type Google Drive Folder

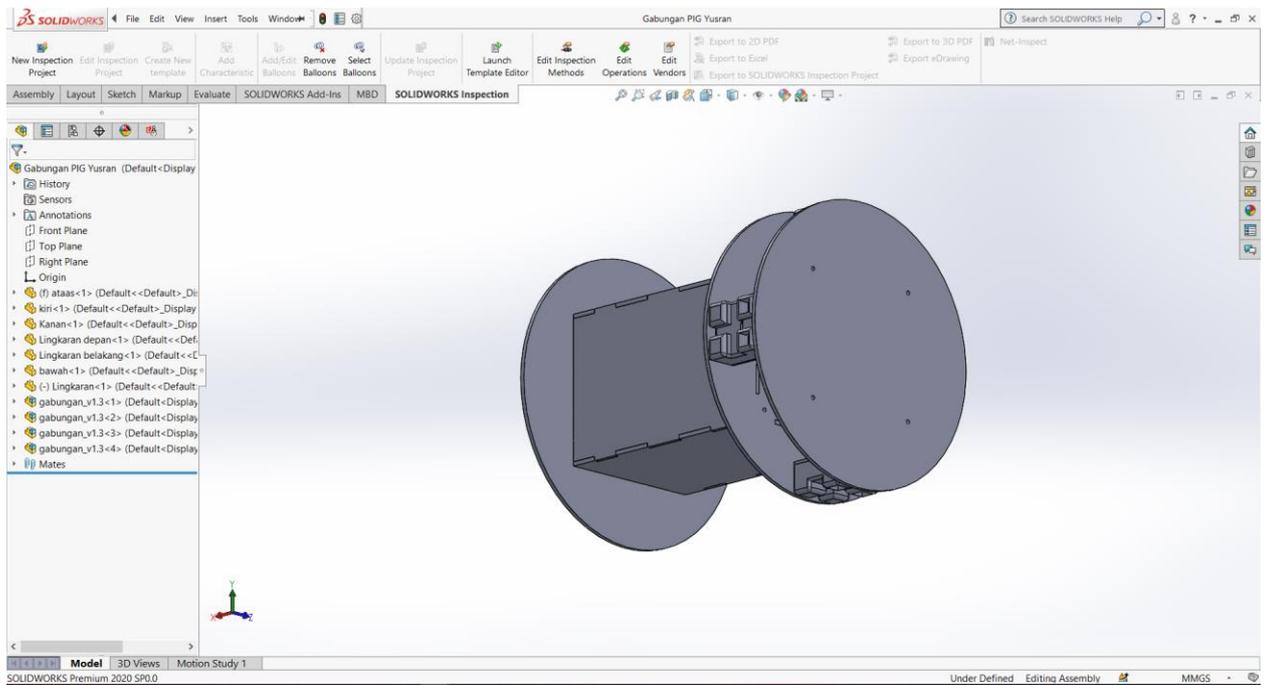
Location Technical Report

5) Proses mendesain 3D



6) Desain model/produk/sistem termasuk aplikasi jika ada





7) Program Arduino IDE

```

simpandata | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
simpandata
1      /*Program untuk Sensor Magnetik
2          Tugas Akhir 2
3          Muhammad Yusran Alifian (18524025)
4          Mochammad Rizki Ashari (18524026)
5          Teknik Elektro 2018 - Universitas Islam Indonesia*/
6
7      #include <SD.h>
8      #include <SPI.h>
9
10     int sensor1 = A2;
11     int sensor2 = A3;
12     int sensor3 = A4;
13     int sensor4 = A5;
14     const int CS = 53;
15     File myFile;
16
17     void setup() {
18         Serial.begin(9600);
19         pinMode(sensor1, INPUT);
20         pinMode(sensor2, INPUT);
21         pinMode(sensor3, INPUT);
22         pinMode(sensor4, INPUT);
23
24         // SD Card Initialization
25         Serial.println("Initializing SD Card...");
26         if (!SD.begin(CS))
27         {
28             Serial.println("SD card initialization failed");
29             while(1);
30         }
31         Serial.println("SD card is ready to use.");
32     }
33     void loop() {
34         int y1, y2, y3, y4;
35         /*Pembacaan dataADC masing-masing sensor*/
36         y1 = analogRead(sensor1); // data ADC Sensor 1
37         y2 = analogRead(sensor2); // data ADC Sensor 2
38         y3 = analogRead(sensor3); // data ADC Sensor 3
39         y4 = analogRead(sensor4); // data ADC Sensor 4

```

58 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM9

```
simpandata | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
simpandata
40 /*Regresi untuk mendapatkan nilai lubang*/
41 float y1 = (-0.0343*x1)+ 14.001; // Regresi linier Sensor 1
42 float y2 = (-0.0336*x2)+ 14.295; // Regresi linier Sensor 2
43 float y3 = (-0.04*x3)+ 17.091; // Regresi linier Sensor 3
44 float y4 = (-0.0354*x4)+ 14.92; // Regresi linier Sensor 4
45 /*Hasil pengukuran masing-masing sensor*/
46 Serial.print(x1);
47 Serial.print(" ");
48 Serial.print(x2);
49 Serial.print(" ");
50 Serial.print(x3);
51 Serial.print(" ");
52 Serial.print(x4);
53 Serial.println(" ");
54
55 myFile = SD.open("hasil.txt", FILE_WRITE);
56 if (myFile) {
57   myFile.print("");
58   myFile.print(x1);
59   myFile.print(" ");
60   myFile.print(x2);
61   myFile.print(" ");
62   myFile.print(x3);
63   myFile.print(" ");
64   myFile.print(x4);
65   myFile.println(" ");
66   myFile.close();
67 }
68 delay(20);
69 }
```

Done Saving.

7 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM9

8) Proses mengerjakan laporan



9) Hasil pengujian masing-masing sensor dan persentase *error* di Laboratorium Kendali

a) Sensor 1

LUBANG 2 (SENSOR 1)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	2	1.92	0.08	0.08	0.04
2	2	1.92	0.08	0.08	0.04
3	2	1.95	0.05	0.05	0.025
4	2	2.02	-0.02	0.02	0.01
5	2	1.88	0.12	0.12	0.06
6	2	1.98	0.02	0.02	0.01
7	2	1.95	0.05	0.05	0.025
8	2	1.98	0.02	0.02	0.01
9	2	1.95	0.05	0.05	0.025
10	2	1.95	0.05	0.05	0.025
Total					0.27
Error (%) = MAPE					2.7 %

LUBANG 4 (SENSOR 1)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	4	4.05	-0.05	0.05	0.0125
2	4	3.98	0.02	0.02	0.005
3	4	3.88	0.12	0.12	0.03
4	4	3.95	0.05	0.05	0.0125
5	4	3.98	0.02	0.02	0.005
6	4	3.95	0.05	0.05	0.0125
7	4	3.95	0.05	0.05	0.0125
8	4	3.95	0.05	0.05	0.0125
9	4	4.02	-0.02	0.02	0.005
10	4	3.91	0.09	0.09	0.0225
Total					0.13
Error (%) = MAPE					1.3%

LUBANG 6 (SENSOR 1)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	6	6.01	-0.01	0.01	0.001667
2	6	6.08	-0.08	0.08	0.013333
3	6	6.05	-0.05	0.05	0.008333
4	6	6.05	-0.05	0.05	0.008333
5	6	6.12	-0.12	0.12	0.02
6	6	6.01	-0.01	0.01	0.001667
7	6	5.88	0.12	0.12	0.02
8	6	5.95	0.05	0.05	0.008333
9	6	5.98	0.02	0.02	0.003333
10	6	6.08	-0.08	0.08	0.013333
Total					0.098333
Error (%) = MAPE					0.98%

b) Sensor 2

LUBANG 2 (SENSOR 2)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	2	1.88	0.12	0.12	0.06
2	2	1.98	0.02	0.02	0.01
3	2	1.95	0.05	0.05	0.025
4	2	1.98	0.02	0.02	0.01
5	2	1.95	0.05	0.05	0.025
6	2	1.95	0.05	0.05	0.025
7	2	1.85	0.15	0.15	0.075
8	2	1.85	0.15	0.15	0.075
9	2	1.88	0.12	0.12	0.06
10	2	1.81	0.19	0.19	0.095
Total					0.46
Error (%) = MAPE					4.6 %

LUBANG 4 (SENSOR 2)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	4	3.92	0.08	0.08	0.02
2	4	4.1	-0.1	0.1	0.025
3	4	3.99	0.01	0.01	0.0025
4	4	3.85	0.15	0.15	0.0375
5	4	3.99	0.01	0.01	0.0025
6	4	3.99	0.01	0.01	0.0025
7	4	3.99	0.01	0.01	0.0025
8	4	4.06	-0.06	0.06	0.015
9	4	4.03	-0.03	0.03	0.0075
10	4	4.03	-0.03	0.03	0.0075
Total					0.1225
Error (%) = MAPE					1.22%

LUBANG 6 (SENSOR 2)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
2	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
3	6	6.04	-0.04	0.04	0.006667
4	6	6	0	0	0
5	6	6.04	-0.04	0.04	0.006667
6	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
7	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
8	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
9	6	5.97	0.03	0.03	0.005
10	6	5.93	0.07	0.07	0.011667
Total					0.088333
Error (%) = MAPE					0.88%

c) Sensor 3

LUBANG 2 (SENSOR 3)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	2	1.98	0.02	0.02	0.01
2	2	1.95	0.05	0.05	0.025
3	2	1.95	0.05	0.05	0.025
4	2	1.85	0.15	0.15	0.075
5	2	1.85	0.15	0.15	0.075
6	2	1.88	0.12	0.12	0.06
7	2	1.81	0.19	0.19	0.095
8	2	1.92	0.08	0.08	0.04
9	2	1.92	0.08	0.08	0.04
10	2	1.98	0.02	0.02	0.01
Total					0.455
Error (%) = MAPE					4.55 %

LUBANG 4 (SENSOR 3)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	4	4.09	-0.09	0.09	0.0225
2	4	3.96	0.04	0.04	0.01
3	4	4.17	-0.17	0.17	0.0425
4	4	4.04	-0.04	0.04	0.01
5	4	4.04	-0.04	0.04	0.01
6	4	3.96	0.04	0.04	0.01
7	4	4	0	0	0
8	4	4	0	0	0
9	4	4	0	0	0
10	4	4.09	-0.09	0.09	0.0225
Total					0.1275
Error (%) = MAPE					1.27%

LUBANG 6 (SENSOR 3)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
2	6	6.11	-0.11	0.11	0.018333
3	6	6.02	-0.02	0.02	0.003333
4	6	6.02	-0.02	0.02	0.003333
5	6	5.98	0.02	0.02	0.003333
6	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
7	6	6.15	-0.15	0.15	0.025
8	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
9	6	6.11	-0.11	0.11	0.018333
10	6	6.07	-0.07	0.07	0.011667
Total					0.118333
Error (%) = MAPE					1.18%

d) Sensor 4

LUBANG 2 (SENSOR 4)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	2	1.91	0.09	0.09	0.045
2	2	1.92	0.08	0.08	0.04
3	2	1.95	0.05	0.05	0.025
4	2	1.98	0.02	0.02	0.01
5	2	1.95	0.05	0.05	0.025
6	2	1.95	0.05	0.05	0.025
7	2	1.85	0.15	0.15	0.075
8	2	1.85	0.15	0.15	0.075
9	2	1.88	0.12	0.12	0.06
10	2	1.81	0.19	0.19	0.095
Total					0.475
Error (%) = MAPE					4.75 %

LUBANG 4 (SENSOR 4)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	4	4.01	-0.01	0.01	0.0025
2	4	4.05	-0.05	0.05	0.0125
3	4	4.12	-0.12	0.12	0.03
4	4	4.01	-0.01	0.01	0.0025
5	4	3.98	0.02	0.02	0.005
6	4	3.9	0.1	0.1	0.025
7	4	4.05	-0.05	0.05	0.0125
8	4	4.05	-0.05	0.05	0.0125
9	4	4.05	-0.05	0.05	0.0125
10	4	3.98	0.02	0.02	0.005
Total					0.12
Error (%) = MAPE					1.2%

LUBANG 6 (SENSOR 4)					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	6	6.06	-0.06	0.06	0.01
2	6	6.06	-0.06	0.06	0.01
3	6	5.91	0.09	0.09	0.015
4	6	5.91	0.09	0.09	0.015
5	6	5.99	0.01	0.01	0.001667
6	6	5.99	0.01	0.01	0.001667
7	6	6.06	-0.06	0.06	0.01
8	6	5.99	0.01	0.01	0.001667
9	6	5.8	0.2	0.2	0.033333
10	6	6.02	-0.02	0.02	0.003333
Total					0.101667
Error (%) = MAPE					1.01%

10) Hasil pengujian sensor dan persentase *error* di CV Krakret Technology

LUBANG 11					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	5	5.05	-0.05	0.05	0.01
2	5	5.02	-0.02	0.02	0.004
3	5	5.09	-0.09	0.09	0.018
4	5	5.02	-0.02	0.02	0.004
5	5	4.94	0.06	0.06	0.012
6	5	5.05	-0.05	0.05	0.01
7	5	4.94	0.06	0.06	0.012
8	5	5.05	-0.05	0.05	0.01
9	5	5.02	-0.02	0.02	0.004
10	5	5.02	-0.02	0.02	0.004
Total					0.088
Error (%) = MAPE					3,45%

LUBANG 13					
Data	Permintaan Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A_t (mm)	F_t (mm)	$A_t - F_t$	$ A_t - F_t $	$ (A_t - F_t)/A_t $
1	4.6	4.58	0.02	0.02	0.004348
2	4.6	4.65	-0.05	0.05	0.01087
3	4.6	4.58	0.02	0.02	0.004348
4	4.6	4.65	-0.05	0.05	0.01087
5	4.6	4.72	-0.12	0.12	0.026087
6	4.6	4.61	-0.01	0.01	0.002174
7	4.6	4.61	-0.01	0.01	0.002174
8	4.6	4.72	-0.12	0.12	0.026087
9	4.6	4.61	-0.01	0.01	0.002174
10	4.6	4.58	0.02	0.02	0.004348
Total					0.093478
Error (%) = MAPE					0.93%

11) Dokumentasi keuangan

No	Jenis Pengeluaran	Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga
1	Sensor DRV5053	10 pcs	Rp. 665.811,-
2	Arduino Mega2560	1 pcs	Rp. 155.000,-
3	Magnet Neodymium	8 pcs	Rp. 76.600,-
4	Modul <i>Stepdown</i> 2596	1 pcs	Rp. 32.500,-
5	<i>MicroSD Card</i> Adaptor	1 pcs	Rp. 17.500,-
6	<i>Micro Sandisk Ultra</i> 32Gb	1 pcs	Rp. 79.000,-
7	Elco 100uF	6 pcs	Rp. 3.200,-
8	<i>Connector Right</i> 3PIN	8 pcs	Rp. 12.800,-
9	<i>Pin Female Header</i>	1 pcs	Rp. 6.000,-
10	<i>Print PCB</i>	1 pcs	Rp. 40.036,-
11	<i>Battery Holder 3 Slot Box</i>	1 pcs	Rp. 7.500,-
12	<i>Battery Mitsuyama Rata</i>	3 pcs	Rp. 52.500,-
13	BMS Module 12,6V 20A	1 pcs	Rp. 15.000,-
14	Kabel Pita UL 2468 26AWG	1 pcs	Rp. 15.000,-
15	Selongsong Kabel	1 pcs	Rp. 1.750,-
16	Casing Akrilik	1 pcs	Rp. 150.000,-
Total			Rp. 1.330.197,-

