PENGEMBANGAN PROTOTIPE PENDETEKSI MATERIAL MAGNETIK MENGGUNAKAN SENSOR *HALL EFFECT* UGN3503 DENGAN SISTEM KENDALI ANDROID

Skripsi

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains

Nadya Hidayatie
3225130893

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

PENGEMBANGAN PROTOTIPE PENDETEKSI MATERIAL MAGNETIK MENGGUNAKAN SENSOR *HALL EFFECT* UGN3503 DENGAN SISTEM KENDALI ANDROID

Nama :Nadya Hidayatie
No.Reg : 3225130893

	Nama	Tanda tangan	Tanggal
Penanggungjawab			
Dekan	:Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	:Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001	.....	.....
Ketua	:Dr. Sunaryo, M.Si NIP. 195503031987031002	.....	.....
Sekretaris	:Riser Fahdiran, M.Si NIP. 198307172009121008	.....	.....
Anggota			
Pembimbing I	:Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 197705102006042001	.....	.....
Pembimbing II	:Umiatin , M.Si NIP. 197901042006042001	.....	.....
Penguji	:Dr.rer.nat.Bambang Heru I., M.Si NIP. 196804011994031002	.....	.....

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal: 11 Agustus 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **"Pengembangan Prototipe Pendeteksi Material Magnetik Menggunakan Sensor *Hall Effect* UGN3503 Dengan Sistem Kendali Android"** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta adalah karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang diperoleh dari penulis lain yan telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Draft Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sensiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, Agustus 2017

Nadya Hidayatie

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah saya panjatkan puji serta syukur kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul "**Prototipe Pendeteksi Material Magnetik Menggunakan Sensor *Hall Effect* UGN3503 Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO dengan Sistem Kendali Android"** sebagai syarat sidang skripsi.

Dalam perencanaan, penyusunan, serta penyelesaian penulisan laporan akhir praktik kerja lapangan ini, saya banyak di bimbing oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing I atas bimbingannya.
2. Ibu Umiatin, M.Si selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingannya.
3. Seluruh dosen Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh staf dan karyawan Laboratorium Elektronika dan Laboratoium Instrumen Komputasi Fisika Universitas Negeri Jakarta.
5. Orang tua dan keluarga yang telah mendukung dan mendoakan.
6. Teman-teman Fisika Instrumen Komputasi atas kerjasama dan bantuannya.
7. Teman-teman Prodi Fisika 2013 atas kebersamaan dan semangatnya selama ini.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, setiap kritik dan saran yang anda berikan sangat bermanfaat untuk sempurnanya karya berikutnya. Dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Nadya Hidayatie. Pengembangan Prototipe Pendeteksi Material Magnetik Menggunakan Sensor Hall Effect UGN3503 dengan Sistem Kendali Android. Skripsi. Jakarta : Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2016.

Telah dibuat prototipe pendeteksi material magnetik yang bekerja untuk mendeteksi sekaligus mengukur medan magnet material magnetik pada lokasi yang diinginkan. Prototipe terdiri dari sensor *Hall Effect* UGN3503 yang berfungsi sebagai sensor magnetik, dan sensor ultrasonik SRF04 sebagai sensor posisi. Prototipe ini bekerja menggunakan mikrokontroler Arduino Mega2560 yang berfungsi untuk mengatur seluruh kerja dari prototipe. Untuk mengendalikan gerak prototipe dari jarak jauh digunakan aplikasi android dengan menggunakan *bluetooth* untuk mengeirim dan menerima data. Hasil karakterisasi sensor magnetik diperoleh nilai sensitivitas sensor sebesar 595 G/V dengan kesalahan relatif 2,55 % dan jarak kerja efektif 5cm. Sementara itu sensor SRF04 memiliki jarak minimum pembacaan 6 cm dan memiliki kesalahan relatif 4,8%. Aplikasi yang dibuat dapat menerima dan mengirim data hingga jarak 42 m tanpa penghalang. Prototipe dapat mengukur sebaran medan magnet suatu sampel dengan variasi jenis dan ukuran dari sampel magnetik. Hasil deteksi medan magnet dari sampel diperoleh rentang 19,3226 – 263,764 G.

Kata kunci : Pendeteksi medan magnet, *Hall Effect*, aplikasi android.

ABSTRACK

Nadya Hidayatie. *Developement of Magnetic Material Detection Prototype Using Hall Effect Sensor UGN3503 with Android Control System. Minithesis. Jakarta : Departement of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2017.*

A prototype magnetic material detector has been developed to detect and measure magnetic field of magnetic material at the desired location. The prototype consists of Hall Effect UGN3503 sensor that acts as a magnetic sensor, and SRF04 ultrasonic sensor as position sensor. This prototype works using Arduino Mega2560 microcontroller that serve to manage the entire work of the prototype. To control the motion of prototype from long distance, used android application by using bluetooth to send and receive the data. Magnetic sensor characterization results obtained sensor sensitivity value of 595 G / V with relative error 2.55% and 5cm effective working distance. The SRF04 sensor has a minimum reading distance of 6 cm and has a relative error of 4.8%. In this prototype the created application can receive and send data up to 42 m distance without any obstructions. The prototype can measure the magnetic field distribution of a sample with the variation of the type and size of the magnetic sample. Result of magnetic field detection from sample obtained range 19,3226 – 263,764 G.

Key word : Magnetic field detection, Hall Effect, Android application.

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI ii
LEMBAR PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ABSTRAK v
ABSTRACK vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GRAFIK xi
BAB I. PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Identifikasi Masalah 3
1.3. Pembatasan Masalah 4
1.4. Perumusan Masalah 4
1.5. Tujuan Penelitian 4
1.6. Manfaat Penelitian 5
BAB II. TEORI DASAR 6
2.1. Medan Magnet 6
2.1.1. Bahan Magnetik 7
2.1.2. Medan Magnet disekitar Arus 8
2.1.3. Selenoid 10
2.2. Sensor 11
2.2.1. Sensor Magnetik 13
2.3. Instrumen 22
2.3.1. Arduino MEGA 22
2.3.2. Sensor posisi SRF04 24
2.4. Aplikasi Android 24
2.4.1. MIT App Inventor 24
2.5. Penelitian yang Relevan 28

2.6. Kerangka Berpikir 30
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN 31
3.1. Tujuan Operasional 31
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian 31
3.3. Alat dan bahan 31
3.4. Metode Penelitian 32
3.5. Prosedur Penelitian 32
3.6. Blok Diagram Sistem 32
3.7. Skema Alat 33
3.8. Bagan Alir Program 34
3.9. Diagram Alir Penelitian 35
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 36
4.1. Karakterisasi Sensor Magnetik Hall Effect UGN3503 36
4.1.1. Karakterisasi dengan kumparan kalibrasi 36
4.1.2. Karakterisasi jarak jangkauan sensor magnetik Hall Effect UGN3503 .. 41
4.2. Karakterisasi sensor PING SRF04 44
4.3. Perakitan Sistem Prototipe 47
4.4. Pengujian Aplikasi 47
4.5. Pengujian jangkauan sistem kendali 48
4.6. Pengujian pengukuran medan magnet dan posisi 49
BAB V. PENUTUP 60
5.1. Kesimpulan 60
5.2. Saran 60
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN 64
DAFTAR RIWAYAT HIDUP 70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Medan Magnet 6
Gambar 2. Medan magnet pada kawat 9
Gambar 3. Kumparan selenoid 11
Gambar 4. Garis medan magnet selenoid 11
Gambar 5. Bagan klasifikasi sensor magnetik 14
Gambar 6. Sensor kumparan induksi 15
Gambar 7. Josephson Junction 16
Gambar 8. *Fluxgate* magnetometer 18
Gambar 9. Prinsip *Hall Effect* 19
Gambar 10. Prinsip sensor *Hall Effect* 20
Gambar 11. Sensor *Hall Effect* UGN3503 21
Gambar 12. Prinsip kerja sensor *Hall Effect* 21
Gambar 13. Arduino Mega 2560 23
Gambar 14. IDE Arduino 23
Gambar 15. Sensor ultrasonik SRF04 24
Gambar 16. Prinsip kerja APP Inventor 25
Gambar 17. Komponen desainer APP Inventor 26
Gambar 18. Blok editor APP Inventor 27
Gambar 19. Emulator APP Inventor 27
Gambar 20. Proses karakterisasi sensor magnetik *Hall Effect* UGN3503 36
Gambar 21. Rancang alat tampak samping 47
Gambar 22. Rancang alat tampak atas 47
Gambar 23. Ilustrasi posisi awal x,y (0,0) pada sistem 49
Gambar 24. Ilustrasi pendeteksian sistem 49
Gambar 25. Ilustrasi lahan uji untuk satu sampel 50
Gambar 26. Sampel uji dengan bahan dan ukuran yang berbeda 50
Gambar 27. 4 macam sampel uji 52
Gambar 28. Letak koordinat sampel magnet pada lahan uji 53

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel karakteristik sensor magnet 14
Tabel 2. Hasil pengukuran medan magnet pada Gaussmeter 36
Tabel 3. Data medan hitung berdasarkan fungsi 38
Tabel 4. Data tegangan keluaran pada sensor UGN3503 38
Tabel 5. Tabel nilai B fungsi dan B pada Gaussmeter 40
Tabel6. Data jangkauan menggunakan magnet dengan diameter 2 cm dan ketebalan 0,15 cm 41
Tabel7. Data jangkauan menggunakan magnet dengan diameter 1,5 cm dan ketebalan 0,1 cm 42
Tabel 8. Hasil pengukuran jarak pada sensor SRF04 pertama 44
Tabel 9. Hasil pengukuran jarak pada sensor SRF04 kedua 45
Tabel 10. Tabel pengujian sistem kendali 48
Tabel 11. Hasil pengujian jarak jangkauan sistem kendali 48
Tabel 12. Data pengukuran persebaran medan magnet 51
Tabel 13. Hasil pengujian pada lokasi pertama 53
Tabel 14. Hasil pengujian pada lokasi kedua 54
Tabel 15. Hasil pengujian pada lokasi ketiga 56
Tabel 16. Hasil pengujian pada lokasi keempat 57
Tabel 17. Nilai rata-rata persebaran medan magnet beserta posisi 59

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Hubungan arus terhadap medan magnet pada Gaussmeter dengan 3 kali pengambilan data 37
Grafik 2. Hubungan arus terhadap tegangan keluaran sensor 39
Grafik 3. Hubungan tegangan keluaran sensor rata-rata terhadap nilai medan hitung 39
Grafik 4. Hubungan jarak jangkauan terhadap medan magnet pada sampel jenis pertama 42
Grafik 5. Hubungan jarak jangkauan terhadap medan magnet pada bahan magnet jenis kedua 43
Grafik 6. Pembacaan jarak sensor pertama 45
Grafik 7. Pembacaan jarak sensor kedua 46
Grafik 8. Persebaran medan magnet pada posisi berubah terhadap y dengan x tetap 52

BAB I.
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sifat kemagnetan suatu benda digolongkan menjadi dua golongan yaitu benda magnetik dan benda non magnetik. Benda magnetik yaitu benda-benda yang dapat ditarik oleh magnet sedangkan benda nonmagnetik yaitu benda-benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet. Didalam percobaan yang lebih teliti diperoleh penggolongan benda yang terdiri atas ferromagnetik, paramagnetik dan diamagnetik (Wahyudi dkk, 2013).

Kebutuhan akan sensor tidak hanya pada bidang industri, namun juga merambah pada aplikasi dibidang otomotif, kesehatan, pertambangan, transportasi, dan kebutuhan lain untuk menghadapi berbagai permasalahan. Salah satu sensor yang cukup banyak dikembangkan saat ini adalah sensor magnetik, yaitu sensor yang mengukur besaran-besaran fisika berdasarkan perubahan medan magnet (Djamal dkk). Kelebihan dari sensor magnetik diantaranya linearitas dan kestabilan yang tinggi, tidak merusak (nondestruktif), sensitivitas terhadap arah yang tinggi, *reliable*, relatif sederhana dan biaya operasi yang murah (Riyanti dkk, 2009).

Terdapat beberapa jenis sensor magnetik, diantaranya sensor *Hall Effect.* Sensor ini digunakan untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), dan kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis yang menggunakan suatu jarak kritis. Pada dasarnya ada dua tipe sensor *Hall Effect*, yaitu tipe linear dan tipe *on-off*. Sensor *Hall Effect* tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor, dan fungsi lainnya. Sedangkan sensor *Hall Effect* tipe on-off digunakan sebagai *limit switch,* sensor keberadaan (*Presensce Sensor*), dan sebagainya (Burhanuddin dkk).

Sensor magnetik telah banyak digunakan untuk berbagai penelitian dengan pengaplikasian yang berbeda, seperti dalam penelitian yang dilakukan Yulastri (2009) yang membuat alat ukur praktikum untuk mendeteksi medan magnet menggunakan sensor UGN 3503 dengan mikroprosesor Atmega 8535 dan LCD

sebagai visualisasi nilai magnet. Alat ini diuji dengan cara mendekatkan benda-benda konduktor dengan sensor. Hal ini masih tidak teruji kelinearitasan dari alat yang dibuat, karena tidak dilakukan pengujian dengan variasi jarak dari sumber medan magnet.

Suryono dkk melakukan karakterisasi sensor magnetik *Hall Effect* UGN3503 terhadap sumber magnet menggunakan mikrokontroler AT89S51 dengan cara mendekatkan sensor pada sumber magnet permanen dan magnet koil buatan di luar dan di dalam sangkar Faraday. Keluaran dari sensor ini berupa nilai medan magnet terhadap jarak. Sistem ini diimplementasikan untuk pengukuran massa yang memerlukan ketelitian tinggi.

Muhammad Nur Jihad membuat alat pendeteksi medan magnet menggunakan sensor *Hall Effect* UGN 3505 untuk mendeteksi medan magnet yang dikeluarkan oleh peralatan kantor dan rumah tangga yang menggunakan sumber listrik untuk mengetahui jarak aman dari penggunaan peralatan tersebut agar terhindar dari medan magnet berlebih. Penelitian ini berhubungan dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

Johan Wahyudi menggunakan sensor *Hall Effect* UGN3503 untuk mengukur arus listrik pada kumparan Leybold P6271 secara non desrtruktif. Pada penelitiannya digunakan mikrokontroler ATMega 8535. Hasil dari penelitiannya dibuat suatu alat untuk mengukur arus listrik tanpa perlu memutus rangkaian (destruktif) seperti halnya menggunakan multimeter.

Kemudian dikembangkan lagi oleh Imam Haromain (2010) yang membuat rancang bangun sistem pengukuran medan magnet dengan sensor *Hall Effect* A1302 dan menggunakan motor DC untuk menggerakan sensor tersebut agar terdapat variasi posisi sensor terhadap sumber medan magnet. Dari penelitian ini didapat hubungan besar medan magnet terhadap posisi pengukuran. Namun pergerakan dari sensor tersebut masih tidak luas, hanya sebatas pergeseran posisi untuk mencari medan terbesar dan tidak dapat mendeteksi material magnetik yang posisinya lebih jauh.

Untuk penelitian mengenai pendeteksian material, Setyo Ari Wibowo dkk membuat alat detektor logam menggunakan sensor induktif dan mikrokontroler

ATMega8535 dengan metode *Beat Frequency Oscilator* yang dapat mendeteksi dan membedakan jenis logam seperti besi, tembaga dan alumunium yang masih tergantung dengan dimensi logam yang dideteksi. Digunakan pula rangkaian penguat agar data dapat di proses.

Dari penelitian yang sudah ada, akan dikembangkan sebuah alat yang dapat mendeteksi medan magnet dari material serta posisinya menggunakan sensor Hall Effect dengan sistem kendali dari aplikasi android. Alat tersebut dapat menjelajah suatu lokasi dan mendeteksi medan magnet yang terpancar dari material dan mengetahui posisi material tersebut. Untuk dapat membedakan setiap material, dibuat nilai referensi medan magnet material uji sehingga dapat diketahui jenis material apa yang dideteksi.

Sistem yang dibuat tersusun dari sensor Hall Effect UGN3503 untuk mendeteksi medan magnet, sensor kompas HMC5883L untuk mengetahui posisi material pada lokasi pendeteksian, mikrokontroler Arduino Uno sebagai otak pengatur kerja sistem, modul *bluetooth* HC05 untuk mentransfer data pendeteksian sensor ke aplikasi android dan juga untuk pengatur kendali alat dari jarak jauh, dan motor DC untuk menggerakkan alat. Alat yang dibuat akan dapat menjelajah lokasi yang dikendalikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi android dan dapat mendeteksi anomali medan magnet serta posisi koordinatnya.

1.2. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang, dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut :

1. Apakah sistem pendeteksi dapat bekerja dengan baik?
2. Apakah sistem penjelajah yang dikembangkan dapat digunakan untuk mengukur medan magnet material magnetik ?
3. Apakah aplikasi android dapat digunakan sebagai sistem kendali dan monitoring data dari sistem penjelajah ?

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini dibatasi pada beberapa hal dibawah ini :

1. Penggunaan sensor magnetik *Hall Effect* UGN3503 dan sensor posisi SRF04
2. Pembuatan sistem pendeteksi medan magnet serta penentu koordinat posisi.
3. Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO.
4. Menggunakan aplikasi android yang dibuat dengan MIT App Inventor sebagai pengendali laju dan menerima data dari alat saat menjelajah lahan.
5. Dibuat lahan uji yang terdapat beberapa material magnetik dengan luas tertentu untuk menguji kerja dari alat ini.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam pembatasan masalah, maka masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut “Apakah alat ini dapat mengukur medan magnet dari material magnetik yang berjarak jauh?”.

1.5. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membuat sistem penjelajah pendeteksi material berdasarkan medan magnet menggunakan mikrokontroller Arduino Uno.
2. Mengkarakterisasi sensor *Hall Effect* UGN3503 menggunakan alat ukur teslameter untuk mendapatkan fungsi transfer.
3. Membuat aplikasi android dengan MIT App Inventor untuk mengendalikan dan menerima data dari sistem.
4. Membuat distribusi medan magnet pada lahan uji dengan sumbu x dan y.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mendeteksi posisi dari suatu material berdasarkan medan magnet dari material tersebut yang dapat dikendalikan dari jarak jauh mengunakan aplikasi android.

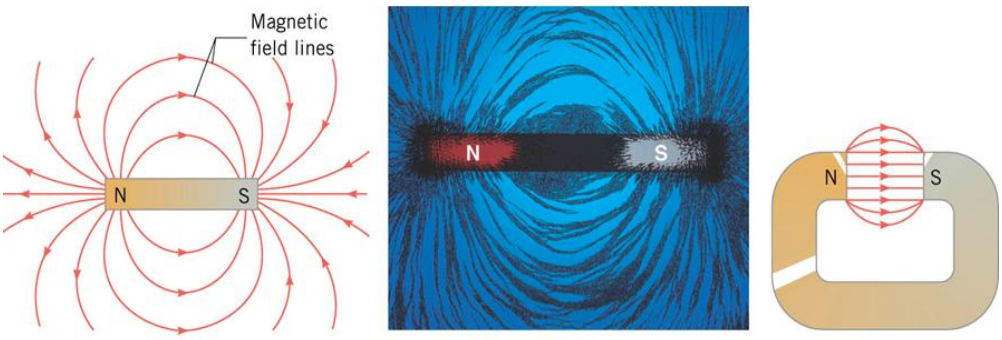
BAB II.
TEORI DASAR

2.1. Medan Magnet

Fenomena adanya magnetisme berasal dari suatu daerah Magnesia (Asia Kecil) dimana terdapat suatu batuan yang dapat menarik potongan besi kecil-kecil yang di temukan sekitar 2000 tahun yang lalu. Pada tahun 1269 Pierrede Maricourt menemukan bahwa jarum jam yang diletakkan pada berbagai posisi pada magnet alami akan berbentuk bola magnet alami merupakan bumi sendiri. (Haromain, 2010)

Medan magnet ialah suatu daerah yang masih dipengaruhi oleh magnet. Semakin jauh kita berada dari magnet, semakin cepat gaya magnet tersebut menghilang. Dengan kata lain berbanding terbalik dengan kuadrat dari jaraknya. Untuk menyatakan adanya medan magnet selalu bergantung pada garis gaya. Semakin rapat garis gaya ini berarti semakin besar medan magnetnya (Wahyudi,dkk, 2013). Beberapa ketentuan yang terkait dengan garis-garis gaya magnet antara lain (Endarko & Yudoyono, 2007) :

1. Garis-garis gaya magnet keluar dari kutub utara dan masuk ke kutub selatan.
2. Garis-gris gaya magnet tidak berpotongan satu dengan lainnya.
3. Arah medan magnet di suatu titik pada garis gaya magnet adalah arah garis singgung di titik tersebut.



Gambar 1. Medan Magnet

(Cutnel & Johnson, 2013)

Selain bersumber dari bahan magnet permanen, medan magnet pula dapat dibentuk dengan menggerakan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan

munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak lainnya. Putaran mekanika kuantum dari suatu partikel membentuk medan magnet dan putaran itu dipengaruhi oleh dirinya sendiri seperti arus listrik. Sebuah medan magnet adalah medan vektor, yaitu berhubungan dengan setiap titik dalam ruang vektor yang dapat berubah menurut waktu. Gaya magnet adalah manifestasi dari gaya elektrostatik dari muatan listrik yang bergerak dan bisa diprakirakan dari pengetahuan tentang gaya elektrostatik dan gerakan muatan tersebut (relatif terhadap seorang pengamat) (Gustara, 2016).

2.1.1. Bahan Magnetik

Berdasarkan sifat kemagnetannya, material magnet dapat diklasifikasikan kedalam diamagnetisme, paramagnetisme dan feromagnetisme (Hasan, 2008). Diamagnetisme adalah gejala kemagnetan suatu bahan, dimana jika suatu bahan diberikan medan magnet luar H, maka akan terinduksi dengan adanya perubahan elektron orbital yang disebabkan oleh medan magnet luar. Besarnya momen magnet induksi sangat kecil dan arahnya kebalikan dari medan magnet luar. Material diamagnetik mempunyai suseptibilitas yang sangat kecil (dalam orde 10^{-5}) dan negatif sehingga permeabilitas magnetik bahan lebih kecil dibandingkan permeabilitas ruang hampa. Bahan diamagnetik merupakan bahan yang ditolak magnet dan tidak dapat dimagnetisasi (Dini dkk, 2013) .

Paramagnetisme adalah gejala kemagnetan suatu bahan, dimana jika bahan tersebut diberikan medan magnet luar, maka momen magnet pada bahan tersebut tersejajarkan pada arah medan magnet yang diberikan. Nilai suseptibilitasnya sangat kecil (dalam orde 10^{-5}) dan positif. Resultan medan magnet atomis masing-masing atom atau molekulnya tidak nol, tetapi resultan medan magnet atomis total seluruh atom atau molekul dalam bahan nol, disebabkan karena gerakan atom atau molekul acak sehingga resultan medan magnet atom masing-masing saling meniadakan. Bahan paramagnetisme dapat ditarik oleh magnet namun tidak dapat dimagnetisasi (Dini dkk, 2013).

Feromagnetisme adalah gejala terjadinya penyejajaran momen-momen magnet pada suatu material karena diberikan medan magnet luar. Akan tetapi

didalam feromagnetisme terdapat interaksi pertukaran diantara atom-atom berdekatan. Sehingga momen-momen magnet dapat tersejajarkan dalam derajat penyejajaran yang tinggi. Material feromagnetik memiliki suseptibilitas dengan nilai yang besar dan positif. Berdasarkan koersivitasnya material feromagnetik dapat dibedakan menjadi dua yakni *soft* magnetik material dan *hard* magnetik material. Untuk material yang memiliki nilai koersivitas yang tinggi disebut sebagai *hard* magnetik material sedangkan untuk material yang mempunyai nilai koersivitas yang rendah disebut *soft* magnetik material (Hasan, 2008).

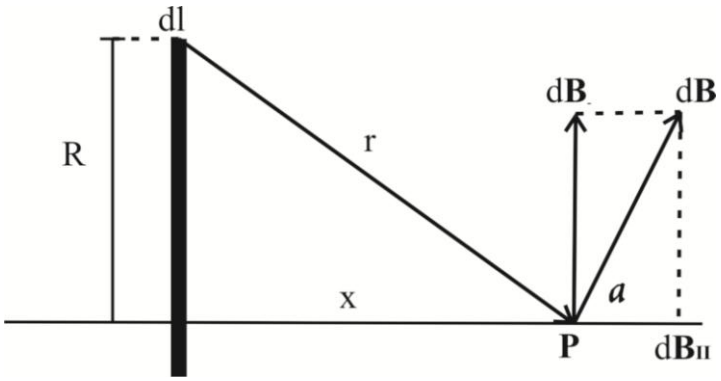
2.1.2. Medan Magnet disekitar Arus

Saat ini sifat kemagnetan tidak hanya dimiliki oleh bahan magnet permanen saja, kawat berarus listrik ternyata dapat juga menghasilkan sifat kemagnetan walaupun tidak permanen. Oersted adalah orang yang pertama kali dapat membuktikan adanya medan magnet pada kawat yang dialiri arus listrik. Arah garis-garis gaya magnet yang dihasilkan kawat berarus listrik dapat ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan, "*Bila kita menggenggam kawat dengan tangan kanan sedemikian sehingga ibu jari menunjukkan arah arus, maka lipatan ke empat jari lainnya menyatakan arah putaran garis-garis gaya magnet.*" (Endarko & Yudoyono, 2007).

Medan magnet disekitar arus listrik lebih dikenal dengan induksi magnet. Besar induksi magnet pertama kali diselidiki dan diteliti oleh Biot dan Savart. Dari hasil penelitiannya nanti akan diperoleh suatu persamaan matematis yang menjelaskan dan menyatakan induksi magnet yang disebut sebagai Hukum Biot Savart. Dari penyelidikan kedua orang tersebut didapat suatu kesimpulan bahwa besarnya induksi magnet pada suatu titik yang ditimbulkan oleh penghantar berarus listrik adalah (Haromain, 2010) :

a. Sebanding dengan arus listrik.
b. Sebanding dengan panjang elemen kawat penghantar.
c. Berbanding terbalik dengan besar kuadrat jarak antara titik tersebut terhadap elemen kawat penghantar.

d. Sebanding dengan sinus sudutantara arah arus dengan garis penghubung elemen kawat ke titik yang bersangkutan.



Gambar 2. Medan magnet pada kawat

(Gustara, 2016)

Persamaan Biot Savart dapat dinyatakan dalam hubungan :

$$d\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, dl\, \sin\alpha}{4\pi r^2} \tag{2.1}$$

Untuk $d\boldsymbol{B}$ tegak lurus,

$$r = \frac{\mu_0\, I\, dl\, \sin 90°}{4\pi r^2}$$

$$d\boldsymbol{B_{II}} = d\boldsymbol{B}\, \sin\alpha \tag{2.2}$$

Subtitusi persamaan (2.1) ke persamaan (2.2) :

$$d\boldsymbol{B_{II}} = \frac{\mu_0 I\, dl\, \sin\alpha}{4\pi r^2} \tag{2.3}$$

Induksi magnet di **P** oleh seluruh kawat lingkaran ($dl = 2\,\pi R$)

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, (2\,\pi R) \sin\alpha}{4\pi r^2}$$

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, (2\,\pi R) \sin\alpha}{4\pi r^2} \tag{2.4}$$

Bila titik **P** berjarak x dari pusat lingkaran, maka

$$r^2 = x^2 + R^2$$

dan

$$\sin\alpha = \frac{R}{r}$$

Sehingga induksi magnet di titk tersebut adalah

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, R^{\,2}}{2r^3} \tag{2.5}$$

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, R^{\,2}}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \tag{2.6}$$

Bila **P** terletak di pusat lingkaran, maka x = 0 dan induksi magnetnya sebesar

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, R^2}{2R^3}$$

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I}{2R} \tag{2.7}$$

Dengan:

$\boldsymbol{B}$ = medan magnet

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (Wb $A^{-1}m^{-1}$)

I = Arus listrik (A)

R = jari-jari lingkaran

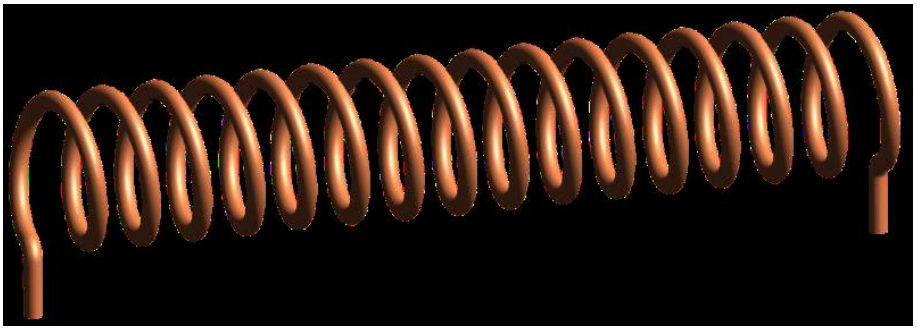
x = jarak titik P dari pusat lingkaran (m)

r = sisi miring antara x dan R (m)

(Haromain, 2010)

2.1.3. Selenoid

Solenoid adalah salah satu jenis kumparan yang terbuat dari kabel panjang yang dililitkan secara rapat dan dapat diasumsikan bahwa panjangnya jauh lebih besar dari pada diameternya. Dalam kasus solenoid ideal, panjang kumparan adalah tak hingga dan dibangun dengan kabel yang saling berhimpit dalam lilitannya, dan medan magnet di dalamnya adalah seragam dan paralel terhadap sumbu solenoid (Gustara, 2016).



Gambar 3. Kumparan selenoid

(Gustara, 2016)

Kuat medan magnet untuk selenoid adalah :

$$\boldsymbol{B} = \frac{\mu_0 I\, N}{2R} \tag{2.8}$$

dengan :

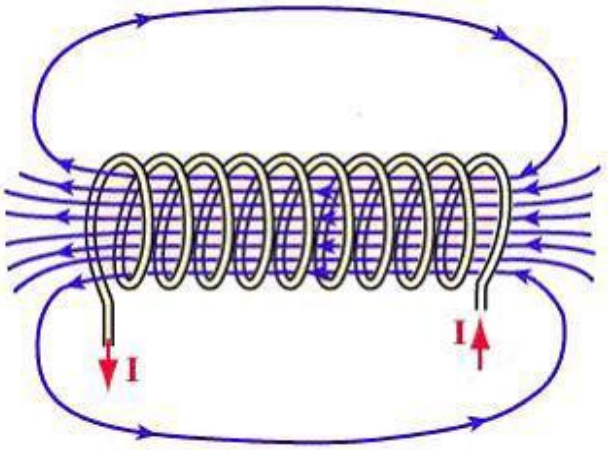
$\boldsymbol{B}$ = Kuat medan magnet (T)

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ (Wb $A^{-1}m^{-1}$)

I = Arus listrik (A)

N = Jumlah lilitan

Adapun garis medan magnet yang timbul dari lilitan solenoid dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Garis medan magnet selenoid

2.2. Sensor

Sistem instrumentasi pengukuran terdiri dari beberapa elemen yang digunakan untuk menjalankan fungsi tertentu. Elemen-elemen fungsional ini

adalah sensor sebagai perubah besaran fisika menjadi besaran listrik, prosesor sinyal sebagai pengubah keluaran sensor menjadi besaran lain untuk di transmisikan kembali, dan penampil data sebagai penampil nilai-nilai yang terukur (Bolton, 2004).

Istilah sensor digunakan untuk mendeskripsikan suatu elemen yang menghasilkan sinyal yang memiliki relasi dengan besaran yang diukur. Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses di mana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya (Bolton, 2004). Terdapat beberapa persyaratan dari sensor, yaitu :

1. Linearitas

   Hubungan antara besaran input yang dideteksi menghasilkan besaran output dengan hubungan berbanding lurus. Dalam pengertian lain linearitas diartikan pemetaansatu-satu antara input-output sebagai fungsi linear. Secara umum ada tiga bentuk penyajian linearitas (Pramudijanto.):

   a. Endpoint Linearity (Linearitas awal-akhir);

   b. Independent straight-line linearity (linearitas garis lurus);

   c. Least-squares Linearity (linearitas regresi).

2. Sensitivitas

   Menunjukkan berapa banyak keluaran dari suatu sistem instrumen / elemen sistem berubah ketika besaran yang sedang diukur berubah pada suatu nilai yang ditetapkan.

$$sensitivitas = \frac{\Delta y}{\Delta x} \tag{2.9}$$

3. Tanggapan waktu

   Perilaku sistem antara waktu ketika nilai masukan sistem berubah dan waktu ketika nilai yang diberikan oleh sistem atau elemen mencapai keadaan tunak.

4. Tidak bergantung temperatur

   Output dari sistem instrumen tidak terpengaruhi suhu lingkungan, kecuali untuk sistem pengukuran suhu.

5. Stabilitas waktu

   Kemampuan sistem untuk menghasilkan keluaran yang sama ketika digunakan untuk mengukur suatu masukan yang konstan dalam periode waktu tertentu.

6. Stabilitas tinggi

   Stabilitas sebuah sistem merupakan kemampuan sistem untuk menghasilkan keluaran yang sama ketika digunakan untuk mengukur suatu masukan yang konstan dalam periode waktu tertentu.

7. Tanggapan dinamik yang baik

   Output dari sistem harus segera mengikuti input dengan bentuk dan besar yang sama.

8. *Repeatability*

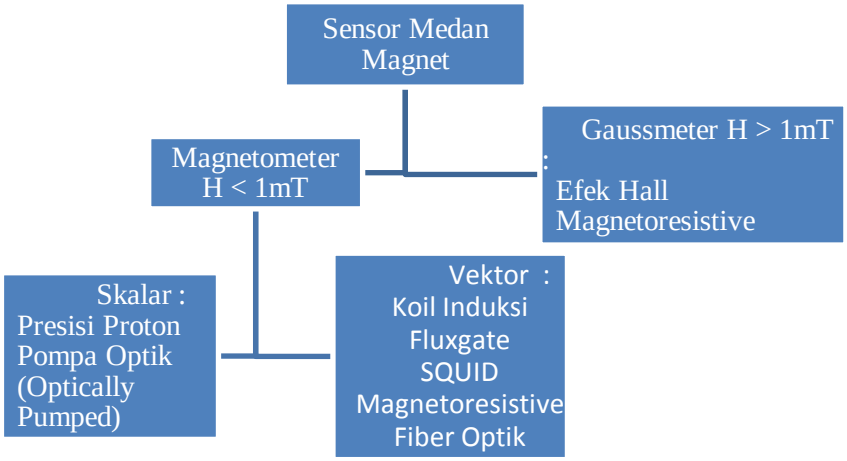
   Untuk menyatakan kemampuan sebuah sistem pengukuran dalam memberikan nilai yang sama untuk pengukuran yang dilakukan secara berulang-ulang terhadap variabel yang sama.

$$repeatability = \frac{\max - min}{full\ scale} \times 100\% \tag{2.10}$$

2.2.1. Sensor Magnetik

Ada beberapa metode sensor magnetik yang digunakan untuk mengukur medan magnet. Metode tersebut dibagi menjadi lima jenis utama, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan untuk dijadikan sebagai prinsip mengukur medan magnet (Lisnasari, 2010).

Sensor magnetik dibagi dua berdasarkan kepekaan pengukuran dimana magnetometer lebih peka untuk mengukur medan magnet rendah dan gaussmeter lebih peka untuk mengukur medan tinggi. Pada pengukuran medan magnet rendah (magnetometer) terdapat dua tipe sensor yaitu tipe sensor berdasarkan komponen vektor dan sensor berdasarkan besaran skalar (Yusuf, 2012).



Gambar 5. Bagan klasifikasi sensor magnetik

Berikut ini tabel rentang jangkauan dari beberapa sensor magnetik :

Tabel 1. Tabel karakteristik sensor magnet

Instrumen	Rentang (mT)	Resolusi (nT)	Bandwidth (Hz)
Koil induksi	$10^{-10} – 10^{6}$	Variable	$0,1 - 10^{6}$
Fluxgate	$10^{-4} – 0,5$	0,1	$Dc – 2x10^{3}$
SQUID	$10^{-9} – 0,1$	10^{-4}	Dc – 5
Hall Effect	$0,1 – 3x10^{4}$	100	$Dc - 10^{8}$
Magnetoresistance	$10^{-3} – 5$	10	$Dc - 10^{7}$
Proton precession	0,02 – 0,1	0,05	Dc – 2
Optically pumped	0,01 – 0,1	0,005	Dc – 5

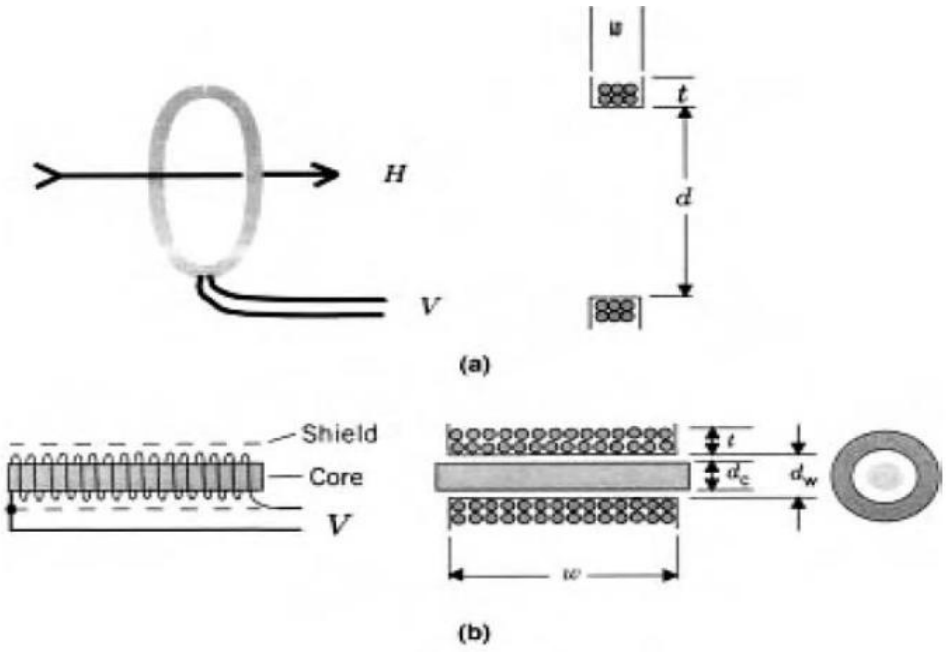
a. Metode kumparan induksi

Kumparan induksi merupakan salah satu perangkat paling sederhana penginderaan medan magnet, merupakan fungsi transfer

$$V = f(\vec{B}) \tag{2.11}$$

hasil dari hukum Faraday tentang induksi, dimana bila ada suatu fluks magnet φ yang melewati suatu koil akan menghasilkan tegangan yang

proporsional (berbanding lurus) dengan perubahan fluks (Yusuf, 2012). Metode induksi bekerja melalui pengukuran fluks magnetik yang merangkum mengenai Gaya Gerak Listrik induksi (GGL induksi), dimana kuat medan dapat diukur sepanjang lintasan elektrik dengan disertai adanya perubahan fluks di dalamnya (Lisnasari, 2010). Mengenai induksi elektromagnetik Faraday menyimpulkan bahwa sebuah arus listrik dapat diinduksikan dalam suatu rangkaian oleh medan magnet yang berubah-ubah (Serway, 1995).



Gambar 6. Sensor kumparan induksi

(a)Inti udara (b) inti feromagnetik

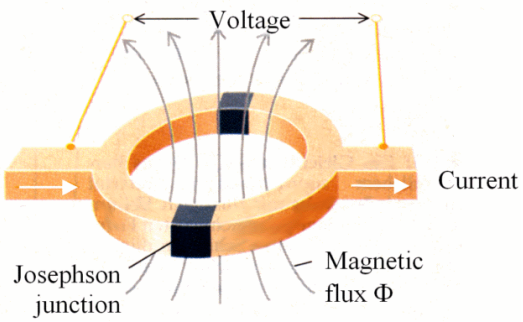
(Yusuf, 2012)

Fluks magnetik dapat diubah dengan berbagai cara. Arus yang menghasilkan medan magnet dapat ditingkatkan atau diturunkan, magnet permanen dapat digerakkan keluar masuk rangkaiannya, rangkaiannya sendiri dapat digerakkan mendakati dan menjauhi sumber fluks, orientasi kumparannya dapat diubah, atau luasan rangkaian dalam suatu medan magnetik dapat diperbesar atau diperkecil. Sehingga untuk membangkitkan GGL induksi dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut (Giancoli, 1998) :

1) Menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan.
2) Menggerakkan magnet disekitar kumparan.
3) Mengubah medan magnetik dengan menaikkan atau menurunkan arus dalam kumparan.
4) Menggerakkan kumparan disekitar sumber fluks.

b. SQUID (*Superconducting Quantum Interface Devices*)

SQUID adalah detektor medan magnet eksternal **H** yang terbentuk dari dua sambungan Joseohson / *Josephson Junction (JJ)* identik yang tersusun paralel membentuk lup. Sementara itu, sambungan Josephson tersusun dari dua superkonduktor identik yang disambungkan oleh isolator tipis (JJ-SIS) atau bahan normal tipis (JJ-SNS). Sensitivitasnya terhadap medan **H** yang sangat tinggi menjadikan SQUID memiliki aplikasi diberbagai bidang : biomedis, geofisik, giroskopik inti, komunikasi dalam laut, deteksi radiasi, optomagnetik, evaluasi nondestruktif bahan, suseptometer mikro, dan komputasi kuantum (Wisodo, dkk, 2015). Metode ini digunakan untuk mendeteksi medan magnet lemah antara 10^{-14} – 10^{-9} tesla. Metode ini teliti saat mengukur medan magnet yang sangat kecil, tetapi tidak bisa saat digunakan untuk mendeteksi medan magnet diatas 10^{-9} tesla (Lisnasari, 2010). Pada metode ini diperlukan helium cair dan nitrogen cair dengan temperatur tinggi dalam pengoperasiannya (Indrasari, dkk, 2012).



Gambar 7. Josephson Junction

(Yusuf, 2012)

c. Magnetoresistiv

Efek magnetoresistive merupakan perubahan resistansi pada suatu ferromagnetik material yang disebabkan oleh adanya medan magnet eksternal. Magnetoresistive menggunakan prinsip resistivitas bahan pengisi sensor. Material seperti Pemalloy (nikel dan besi) dapat digunakan sebagai sensor magnetoresistansi (*Anisotropic Magnetoresistance*-AMR sensor) (Yusuf, 2012). GMR (*Giant Magnetoresistance*) merupakan suatu material yang memiliki karakteristik magnetoresistansi yang tinggi, dan sifat-sifat magnetik dan elektrik yang baik. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki tersebut, GMR sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi berbagai alat pengindera medan magnet generasi mendatang (Djamal.).GMR terjadi karena perubahan MR yang cukup besar yang disebabkan oleh adanya hamburan pada saat *transport* elektron (Hasibuan, dkk, 2015).

d. Metode *Fluxgate*

Sensor *fluxgate* bekerja dengan membandingkan medan magnet yang diukur B_{ext} dengan medan magnet referensi B_{ref}. Medan magnet referensi dapat berbentuk sinyal bolak-balik sinusoida, persegi, atau segitiga, yang dieksitasikan pada inti melalui kumparan primer. Dalam bentuk sederhana, sensor magnetik *fluxgate* terdiri dari dua kumparan, yaitu kumparan primer sebagai kumparan eksitasi (A) dan kumparan sekunder sebagai kumparan *pick-up* (B) (Indrasari, dkk, 2012) dengan menggunakan dua buah inti material magnetis, seperti mumetal, permalloy, ferrite dan sebagainya.

Gambar 8. *Fluxgate* magnetometer

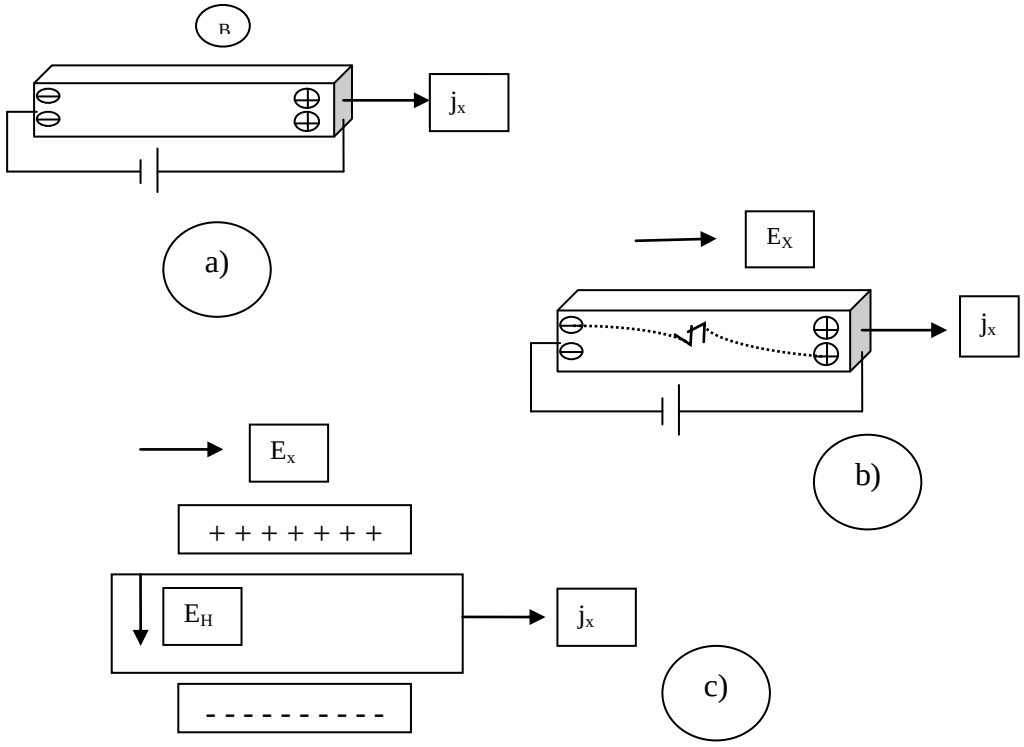
(Yusuf, 2012)

e. Metode *Hall Effect*

Hall Effect merupakan jenis sensor pengukuran yang tertua dibidang teknologi pengukuran medan magnet yang paling umum digunakan dalam gaussmeter terutama untuk pengaplikasiannya mengukur medan magnet yang tinggi (> 1 mT) (Gustara, 2016). Sensor *Effect Hall* merupakan sensor yang akan menghasilkan tegangan keluaran yang berbeda-beda sebagai respon terhadap perubahan dalam medan magnet. Sensor ini sering sekali digunakan dalam proses pengukuran karena fungsinya yang aplikatif. Selain untuk mendapatkan adanya medan magnet, sensor *Effect Hall* ini juga bisa digunakan untuk sensor posisi, sensor deteksi kecepatan dan sensor arus (Haromain, 2011).

Effect Hall merupakan suatu fenomena dimana bila sebuah bahan dialiri arus listrik serta diletakkan di medan magnet, maka terjadi pengumpulan atau penumpukan muatan pada kedua sisi penghantar yang menyebabkan munculnya medan listrik antara kedua sisi. *Effect Hall* merupakan fenomena yang merepresentasikan interaksi muatan dengan medan magnet pada sebuah pelat konduktor. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan

meninjau suatu balok logam yang dialiri arus listrik dan ditempatkan pada medan magnet yang arahnya tegak lurus arah arus listrik.



Gambar 9. Prinsip *Hall Effect*

a) logam yang dialiri arus ditempatkan di medan magnet B b) terdapat medan listrik Ex pada logam c) muncul medan listrik Eh sehingga elektron terkumpul di kedua sisi logam

(Lisnasari, 2010)

Sebelum diberikan medan magnet, terdapat arus pada arah sumbu *x* positif sehingga elektron akan bergerak dengan kecepatan *v* pada arah sumbu *x* negatif. Ketika diberikan medan magnet dan adanya medan listrik E_x, gaya

$$F = -e\,(E + vxB) \qquad (2.11)$$

Dengan : *F* = Gaya listrik

E = medan Listrik

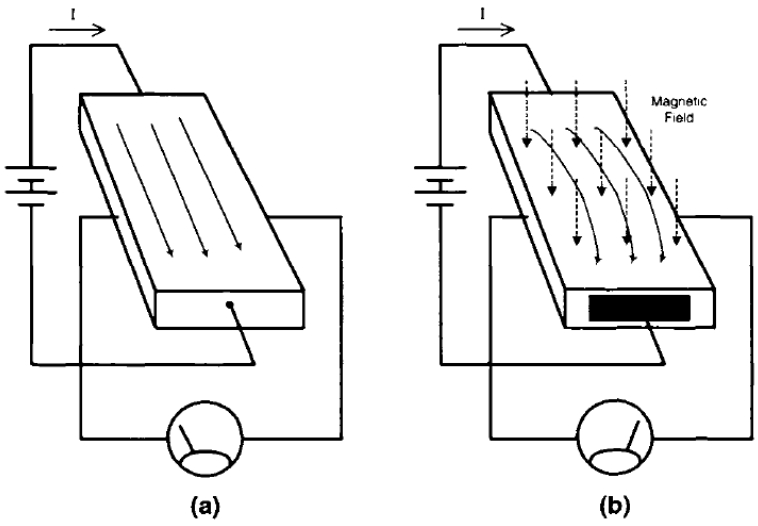
Vx = kecepatan elektron pada sumbu x

B = medan magnet

e = muatan elektron

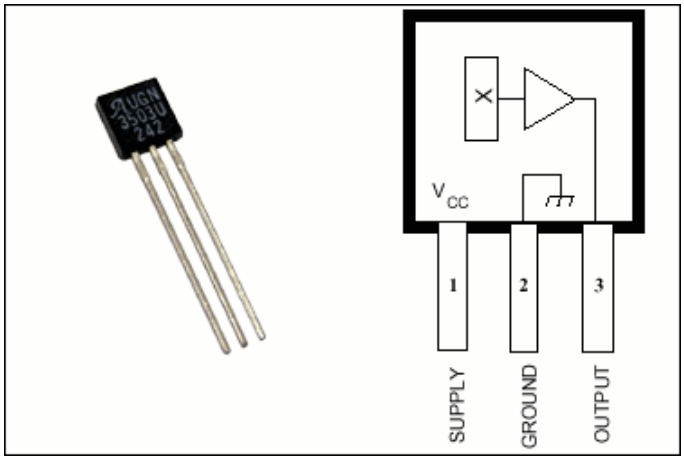
menyebabkan elektron turun kebawah. Pada akhirnya, elektron terakumulasi ke permukaan lebih rendah dan menghasilkan muatan negatif dibagian tersebut. Kemudian muatan positif ke permukaan atas karena pada daerah tersebut kekurangan elektron. Kombinasi muatan positif dan negatif ini menimbulkan adanya medan listrik kebawah, yang disebut sebagai medan Hall, E_H (Lisnasari, 2010). Medan Hall yang ada karena pengumpulan muatan menghasilkan gaya yang melawan Gaya *Lorentz.* Proses ini terus berlanjut sampai gaya Hall sepenuhnya mampu membatalkan Gaya Lorentz.

Elemen Hall adalah dasar dari sensor medan magnet. Elemen tersebut memerlukan suatu pengkondisian sinyal untuk membuat keluarannya dapat digunakan pada beberapa aplikasi. Pada gambar (a) dan (b) terlihat dasar dari sensor Efek Hall. Jika tegangan Hall diukur saat tidak ada medan magnetik, nilai keluarannya akan nol (gambar (a)). Kemudian jika ada medan magnet maka akan timbul tegangan Hall (gambar (b)) (Haromain, 2011).



Gambar 10. Prinsip sensor *Hall Effect*

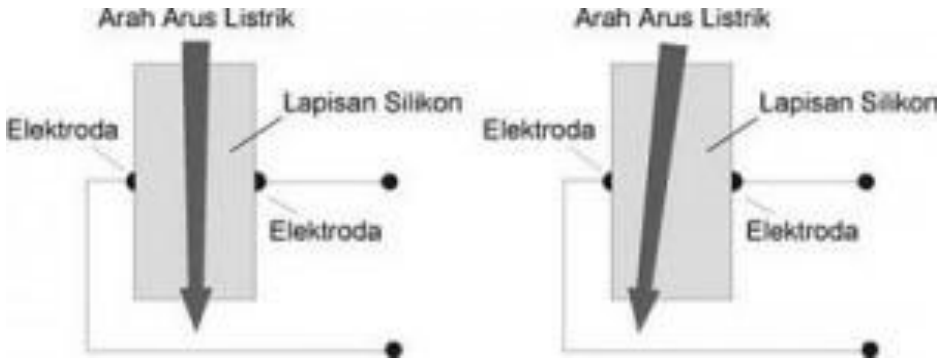
Berikut ini contoh tipe sensor *Hall Effect,*yaitu UGN3503



Gambar 11. Sensor *Hall Effect* UGN3503

(http://320volt.com/wp-content/uploads/2008/11/ugn3503-hall-efekt-eleman.png)

Sensor ini memberikan output berupa tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. sensor *Hall Effect* ini dibangun dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing sisi silikon. Pada saat tanpa ada pengaruh dari medan magnet maka beda potensial antar kedua elektroda tersebut 0 karena arus listrik mengalir ditengah kedua elektroda. Ketika terdapat medan magnet mempengaruhi sensor ini maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati atau menjauh sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet. Hal ini menghasilkan beda potensial diantara kedua elektroda dari sensor *Hall Effect*, dimana beda potensial tersebut sebanding dengan kuat medan magnet yang diterima oleh sensor (Premono, dkk, 2015).



Gambar 12. Prinsip kerja sensor *Hall Effect*

(Premono, dkk, 2015)

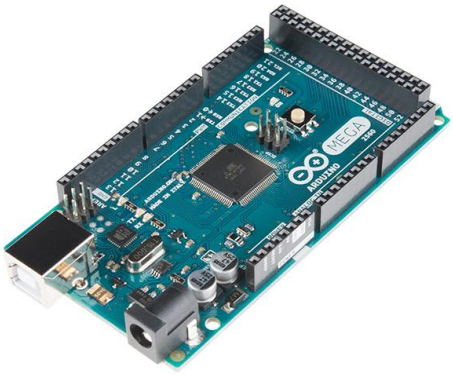
2.3. Instrumen

2.3.1. Arduino MEGA

Arduino MEGA 2560 merpakan papan mikrokontroler berbasis ATMega2560. Arduino MEGA 2560 memiliki 54 pin digital *input.output,* dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai *input* analog, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power, header ICSP,* dan tombol *reset.* Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler.

Adapun spesifikasi dari mikrokontroler ATMega 2560 ini adalah sebagai berikut :

1. Saluran I/O sebanyak 54 buah yaitu *port A, port B, port C,* dan *port D.*
2. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
3. 13µs – 260 µs waktu konversi.
4. Kecepatan transfer data sampai 400 kHz.
5. 16 MHz kristal osilator.
6. 15 pin sebagai *output* PWM.
7. 16 pin sebagai *input* analog.
8. 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*).
9. Koneksi USB.
10. Tegangan Operasi 5V.
11. *Input Vltage* (disarankan) 7-12 V.
12. Arus DC per pin I/O 40 mA.
13. *Flash Memory* 256 KB (8 KB digunakan untuk *bootloader*).
14. SRAM 8KB.
15. EEPROM 4KB.
16. *Clock Speed* 16 MHz.



Gambar 13. Arduino Mega 2560

(https://cdn.sparkfun.com//assets/parts/6/4/3/3/11061-01c.jpg)

Untuk membuat program Arduino dan mengupload ke dalam board arduino kita membutuhkan software Arduino IDE. IDE (Integrated Development Environment) adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroller. Arduino MEGA dapat diprogram dengan *software* arduino. ATMega 2560 pada Arduino Mega sudah tersedia *preburned* dengan *bootloader* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru.

Gambar 14. IDE Arduino

2.3.2. Sensor posisi SRF04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Sensor ultrasonik secara umum digunakan untuk suatu pengukuran nonkontak seperti aplikasi pengukuran jarak. Komponen utama dari sensor ultrasonik terdiri dari *transmitter*, *receiver*, dan *control circuit*. *Control Circuit* berfungsi untuk melakukan pengolahan dan analisis data yang telah diterima. *Transmitter* berfungsi untuk pemancar berkas gelombang ultrasonik dan *receiver* berfungsi untuk menerima berkas gelombang.

Prinsip kerja sensor ultrasonik adalah mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik kemudian hasil pantul pancaran pengirim diukur dalam bentuk waktu. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek (Purwanto, 2011).

Gambar 15. Sensor ultrasonik SRF04

(http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf)

$$L_0 = (vt\ \cos\theta)/2 \qquad (2.12)$$

Dengan = L_0 = jarak sensor dengan objek v = kecepatan gelombang ultrasonik

t = waktu tempuh θ = sudut antara berkas gelombangdan garis tegak lurus

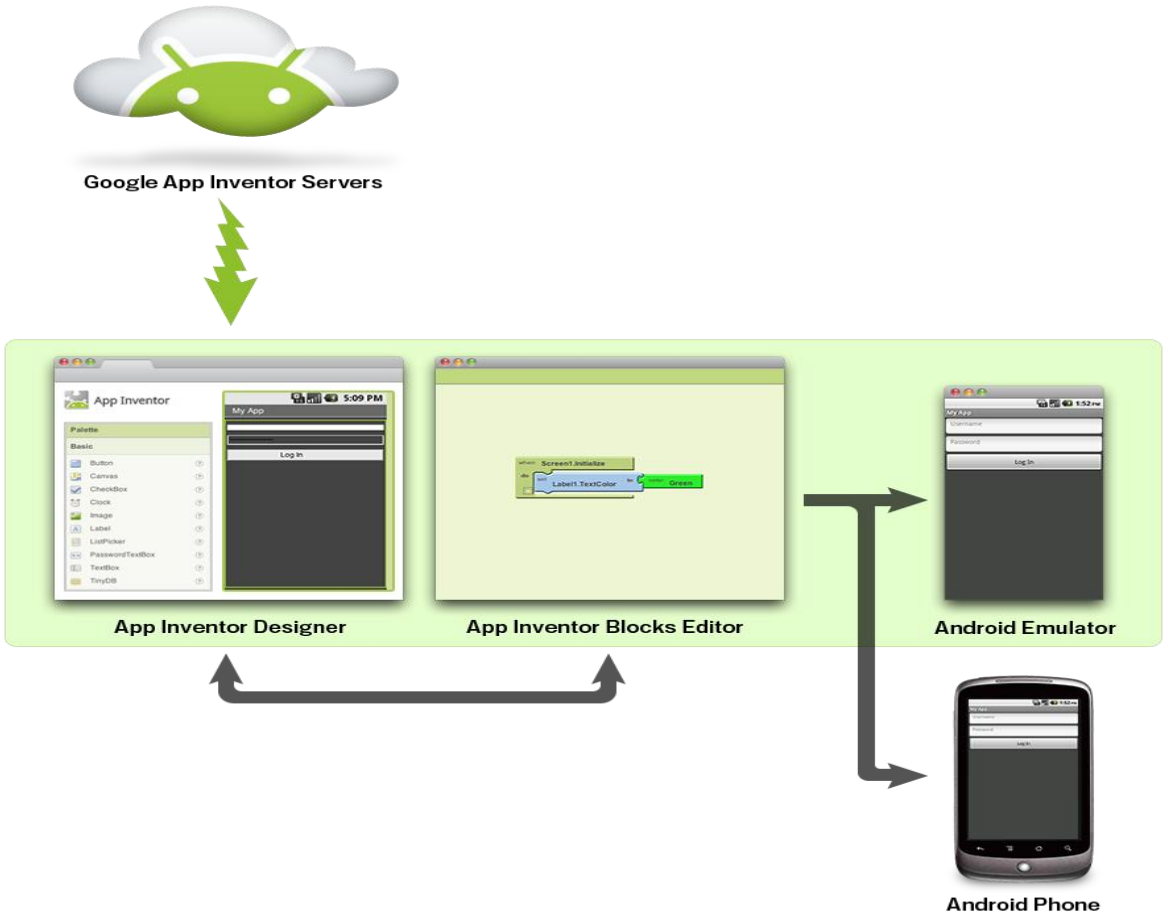
2.4. Aplikasi Android

2.4.1. MIT App Inventor

MIT App Inventor digunakan untuk membuat aplikasi andorid yang dapat mengendalikan gerak dari alat. App Inventor merupakan aplikasi *web builder* dirilis pada 15 Desember 2010 yang bersifat *open source* untuk membuat aplikasi yang berjalan di sistem operasi Android yang disediakan oleh Googlelabs dan dikelola oleh Massachusets Institute of Technology (MIT) (Sanuaka, 2015). Tujuan awal pembuatan adalah untuk mendorong mereka yang tidak bisa coding

untuk belajar algoritma pemrograman hingga tertarik untuk mempelajari pemrograman lebih jauh. App Inventor ini berbasis visual block programming, disebut demikian karena pengguna dapat menggunakan tampilan grafis GUI dan fitur *drag and drop visual object* dalam membuat aplikasi tanpa menuliskan kode program.

MIT App Inventor sebenarnya bisa dijalankan secara *online* maupun *offline.* Namun ada perbedaan mendalam antara keduanya, khususnya dalam hal instalasi dan konfigurasi. Ada serangkaian proses yang cukup panjang untuk menginstal MIT App Inventor dan menggunakannya secara *offline*. App Inventor memiliki prinsip kerja sebagai berikut :

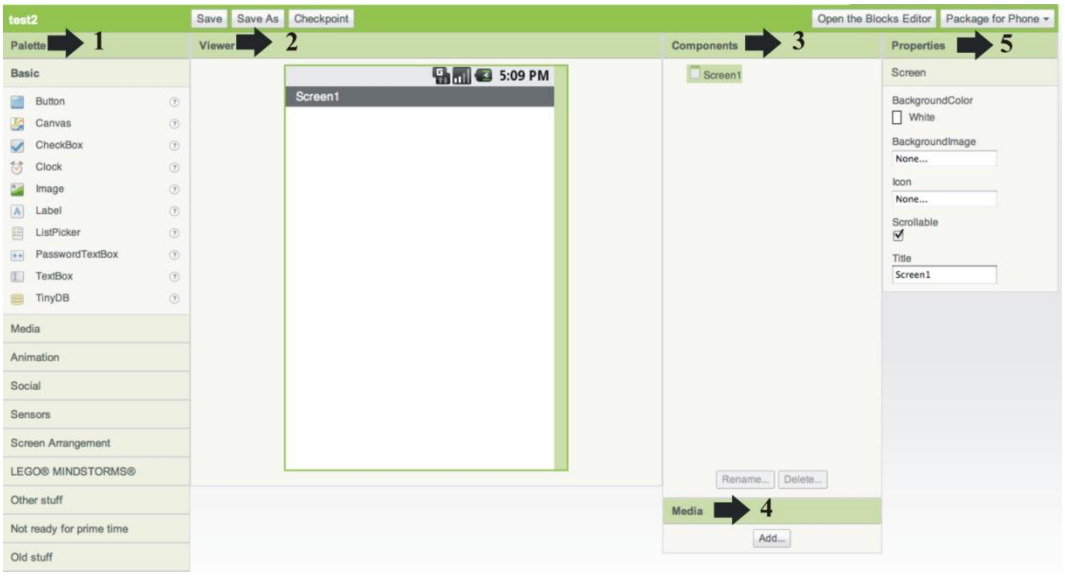


Gambar 16. Prinsip kerja APP Inventor

(http://appinventor.mit.edu/explore/sites/all/files/support/main/AppInventor-Doc-Diagram.png)

Pada lingkungan kerja App Inventor ini, terdapat beberapa komponen yang terdiri dari:

1. Komponen desainer



Gambar 17. Komponen desainer APP Inventor

Komponen desainer berjalan untuk memilih komponen yang dibutuhkan dan mengatur property nya. Pada komponen desainer terdapat lima bagian yaitu :

1) Palette : List komponen yang standar digunakan.
2) Viewer : Untuk menempatkan komponen dan mengaturnya sesuai tampilan pada aplikasi yang diinginkan.
3) Component : Tempat list komponen yang dipakai pada aplikasi yang kita buat.
4) Media : Mengambil media audio atau gambar untuk aplikasi yang kita buat.
5) Properties : Mengatur properties komponen yang digunakan.

2. Block editor

Block editor digunakan untuk mengatur perlakuan dari komponen-komponen yang telah kita pilih dari komponen desainer pada aplikasi kita. Block editor ini berbasis java, dengan memasangkan *block* yang sesuai seperti saat layaknya bermain *puzzle*. Jadi dapat dikatakan jika kita salah di

dalam menyusun *block-block* perintah maka eksekusi perintah dari program yang dibuat tidak dapat berfungsi.

Gambar 18. Blok editor APP Inventor

3. Emulator

Emulator digunakan untuk menjalankan dan mencoba project aplikasi yang telah kita buat. Jadi App Inventor telah menyediakan emulator android bagi pengguna yang tidak memiliki android untuk mengetes project aplikasi yang dibuat.

Gambar 19.Emulator APP Inventor

2.5. Penelitian yang Relevan

Sistem pendeteksi material magnetik memiliki berbagai macam metode salah satunya menggunakan metode *Hall Effect.* Teknologi untuk mendeteksi medan magnet dengan metode ini sudah banyak di lakukan penelitian dan pengembangan. Di tahun 2009 dalam jurnalnya "Aplikasi Sensor UGN 3505 Sebagai Pendeteksi Medan Magnet", Yulastri merancang alat ukur untuk mendeteksi medan magnet di sekitar menggunakan sensor *Hall Effect* UGN3505 dan di visualisasikan pada LCD. Dalam penelitian ini digunakan mikrokontroler ATMega 8535 dan ADC internal 10 bit. Alat yang dibuat di aplikasikan untuk mengetahui medan magnet pada benda-benda yang bersifat konduktor.

Di tahun yang sama Suryono dkk dalam jurnalnya "Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa" melakukan penelitian sensor UGN3503 dengan mikrokontroler AT89S51. Sensor dikarakterisasi di dalam dan diluar sangkar faraday dengan mendekatkannya pada sumber magnet permanen dan magnet koil buatan. Sistem ini dapat diaplikasikan pada pengukuran massa yang memerlukan ketelitian tinggi. Hasil didapat sifat keluaran dari sensor tidak linear terhadap sumber magnet permanen dengan persamaan $Y = 0{,}4697 + 2{,}4357X + 0{,}0176X^2 + 0{,}0002X^3$ dan $2{,}688 - 0{,}0044X + 0{,}0001X^2$ pada sumber magnet koil, dimana Y adalah tegangan dan X adalah jarak.

Dalam penelitian lain, pada jurnalnya "Alat Pendeteksi Medan Magnet Terkait dengan K3", Muhamad Nur Jihad merancang alat pendeteksi medan magnet untuk mengetahui medan magnet yang dikeluarkan oleh peralatan kantor dan rumah tangga yang menggunakan sumber listrik. Pada penelitiannya digunakan sensor *Hall Effect* UGN3505 dengan mikrokontroler ATMega 8. Dari penelitian ini didapat jarak aman dari penggunaan peralatan rumah tangga yang terhubung sumber listrik agar mengurangi paparan radiasi medan magnet.

Johan Whyudi (2013) dalam jurnalnya "Desain dan Karakterisasi Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3503 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumparan Leybold P6271 Secara Non Destruktif" menggunakan sensor magnetik UGN3503 untuk mengukur nilai arus listrik pada kumparan. Hal ini lebih baik

jika biasanya mengukur arus dengan memutus rangkaian, pada penelitian ini dilakukan pengukuran arus dengan mengukur medan magnet secara non destruktif. Hasilnya terdapat kesalahan rata-rata sebesar 1,44 %

Selain itu, Pujo Premono (2015) dalam jurnalnya "Rancang Bangun Alat Instrumentasi Pengukuran Digital Kuat Medan Magnetik dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535" membuat alat pengukuran menggunakan sensor pendeteksi medan magnet UGN3503 dan mikrokontroler ATMega8535. Nilai output sensor dikuatkan dengan IC LM324. Hasil dari penelitian ini didapat error pengukuran dari alat ini adalah 18,18 %.

Dari tiga penelitian tersebut, Imam Haromain (2010) dalam skripsinya "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler" mengembangkan alat pengukur medan magnet dengan sensor *Hall Effect* A1302 yang dapat di gerakkan menggunakan motor DC sehingga sensor dapat di variasikan posisinya. Dalam penelitian ini digunakan mikrokontroler AT89SB253 dan ADC eksternal 12 bit. Hasil akhir dari penelitian ini di dapat hubungan besar medan magnet terhadap posisi pengukuran.

Sensor magnetik yang beredar di pasaran banyak sekali jenis dan tipenya, dari penelitian-penelitian yang telah dipaparkan di atas tiga diantaranya menggunakan sensor yang sama dengan seri yang berbeda yaitu sensor UGN3503 dan UGN3505, selain itu digunakan sensor magnet jenis A1302. Penggunaan mikrokotroler pada penelitian-penelitian tersebut pun berbeda-beda, semuanya memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Dalam perancangan sistemnya, alat yang dibuat masih bersifat statis tidak bisa dikendalikan pergerakannya. Namun pada penelitian Imam Haromain dibuat sistem penggerak sensor menggunakan motor DC sehingga mendapat variasi jarak sensor dari sumber medan magnetik. Pada penelitian yang dilakukan penulis, akan dibuat aplikasi android sebagai sistem kendali yang dapat mengontrol gerak sistem prototipe untuk dapat menjelajah suatu lokasi dan mendeteksi anomali medan magnet pada beberapa posisi. Dari sistem ini akan digunakan sensor magnetik yang berbeda yaitu sensor *Hall Effect* jenis UGN3503 ditambah sensor ultrasonik SRF04 untuk mendeteksi posisi alat, modul *Bluetooth* HC05 sebagai pentransfer

data pada aplikasi android, dan mikrokontroler Arduino UNO sebagai otak dari alat ini.

2.6. Kerangka Berpikir

Prototipe pendeteksi material magnetik dengan sistem kendali menggunakan aplikasi android merupakan sebuah sistem yang dibuat dengan tujuan utamanya adalah mendeteksi medan magnet dari material magnetik yang posisinya berada jauh dari jangkauan kita. Dalam prototipe ini dibutuhkan sensor magnetik untuk mendeteksi nilai kuat medan magnetik dari material uji, dan sensor jarak untuk mengetahui posisi dari material uji tersebut. Sebagai pengontrol dari kerja sistem ini digunakan mikrokontroler Arduino UNO untuk mengatur kerja dari sensor-sensor yang saling terintegrasi.

Apabila sistem telah mendeteksi besar medan magnet serta posisi dari material magnetik, maka sistem akan secara otomatis dan *realtime* mengirim data tersebut pada aplikasi android yang dibuat khusus yang terhubung dengan sistem menggunakan teknologi *bluetooth*. Selain itu, aplikasi ini pun yang akan mengendalikan gerak dari prototipe ini sehingga prototipe dapat menjelajah suatu wilayah dengan luas tertentu. Saat data diterima pada aplikasi, akan muncul peringatan apakah terdeteksi suatu material magnetik atau tidak.

BAB III.
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tujuan Operasional

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penjelajah pendeteksi material berdasarkan medan magnetik berbasis mikrokontroler arduino uno dengan sensor *Hall Effect.*

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Juli 2017 di Laboratorium Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.

3.3. Alat dan bahan

Alat :

1. Power Supply
2. Laptop
3. Kabel USB
4. Sensor Hall Effect UGN3503
5. Sensor PING SRF04
6. Kit mobil 4WD
7. Gearbox
8. Baterai LiPo 2,2 A 11,1 V
9. IC L293D motor driver (2)
10. Modul bluetooth HC05
11. Modul Real Time Clock (RTC)
12. Modul SD card
13. Kabel jumper

Bahan :

1. Timah
2. Akrilik
3. Baut
4. Bahan magnetik

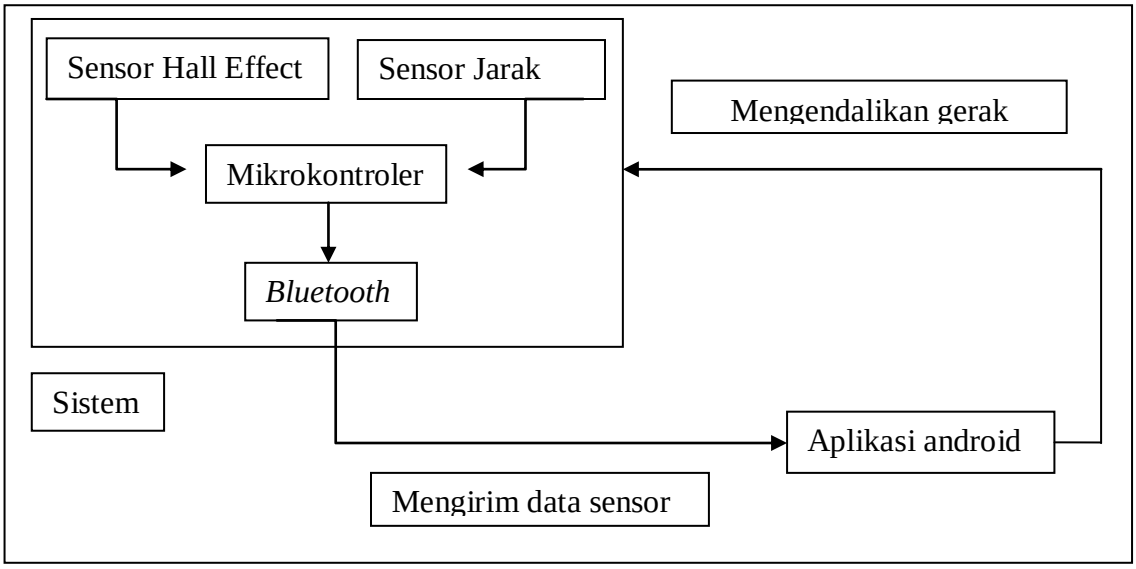
3.4. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dan pengembangan. Penelitian ini mengembangkan sistem penjelajah pendeteksi material berdasarkan medan magnetiknya dengan memanfaatkan teknologi nir kabel berupa *bluetooth* dan pembuatan aplikasi pengendali sistem penjelajah. Informasi nilai medan magnetik akan ditampilkan pada aplikasi di android.

3.5. Prosedur Penelitian

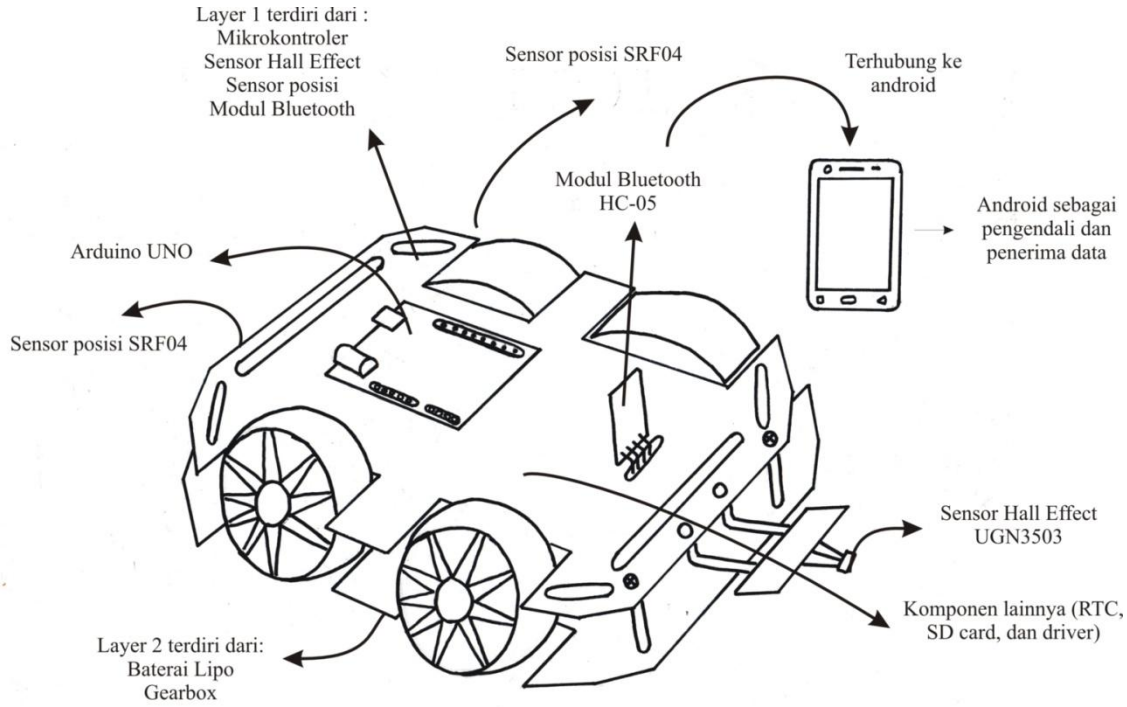
1. Studi literatur mengenai medan magnetik, *Hall Effect*, dan spesifikasi komponen yang diperlukan dalam pembuatan prototipe.
2. Preparasi alat dan bahan yang dibutuhkan.
3. Kalibrasi sensor *hall effect* dan sensor jarak serta pengujian kedua sensor tersebut.
4. Pembuatan aplikasi pengendali gerak prototipe dengan koneksi *bluetooth*, serta pengujian aplikasi.
5. Perancangan prototipe berupa pendeteksi medan magnet, pengukur posisi, serta sistem kendali.
6. Pengujian keseluruhan prototipe dan pengambilan data dengan mendeteksi berbagai macam material magnet.

3.6. Blok Diagram Sistem

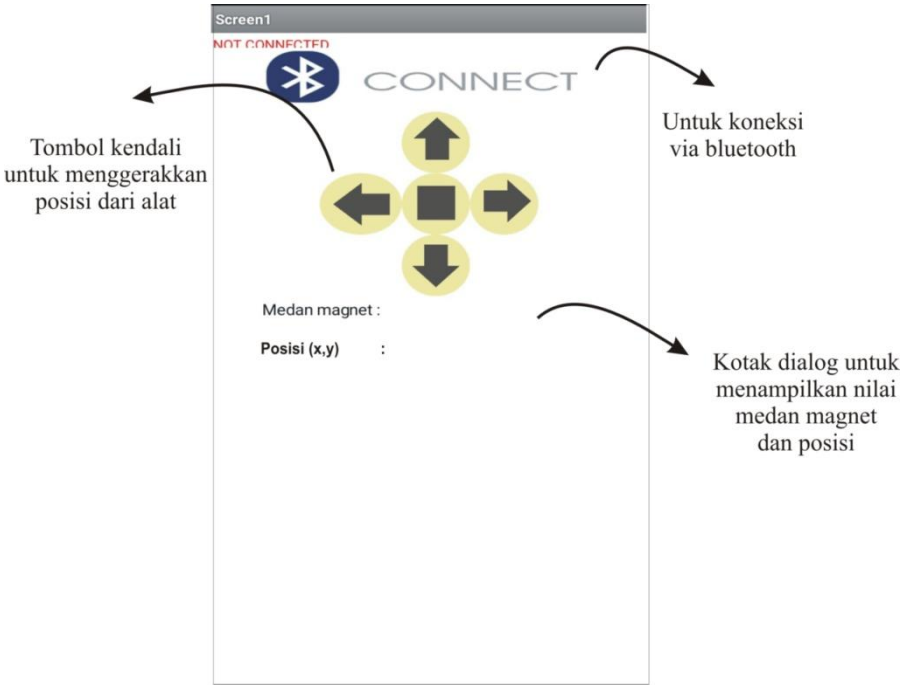


3.7. Skema Alat

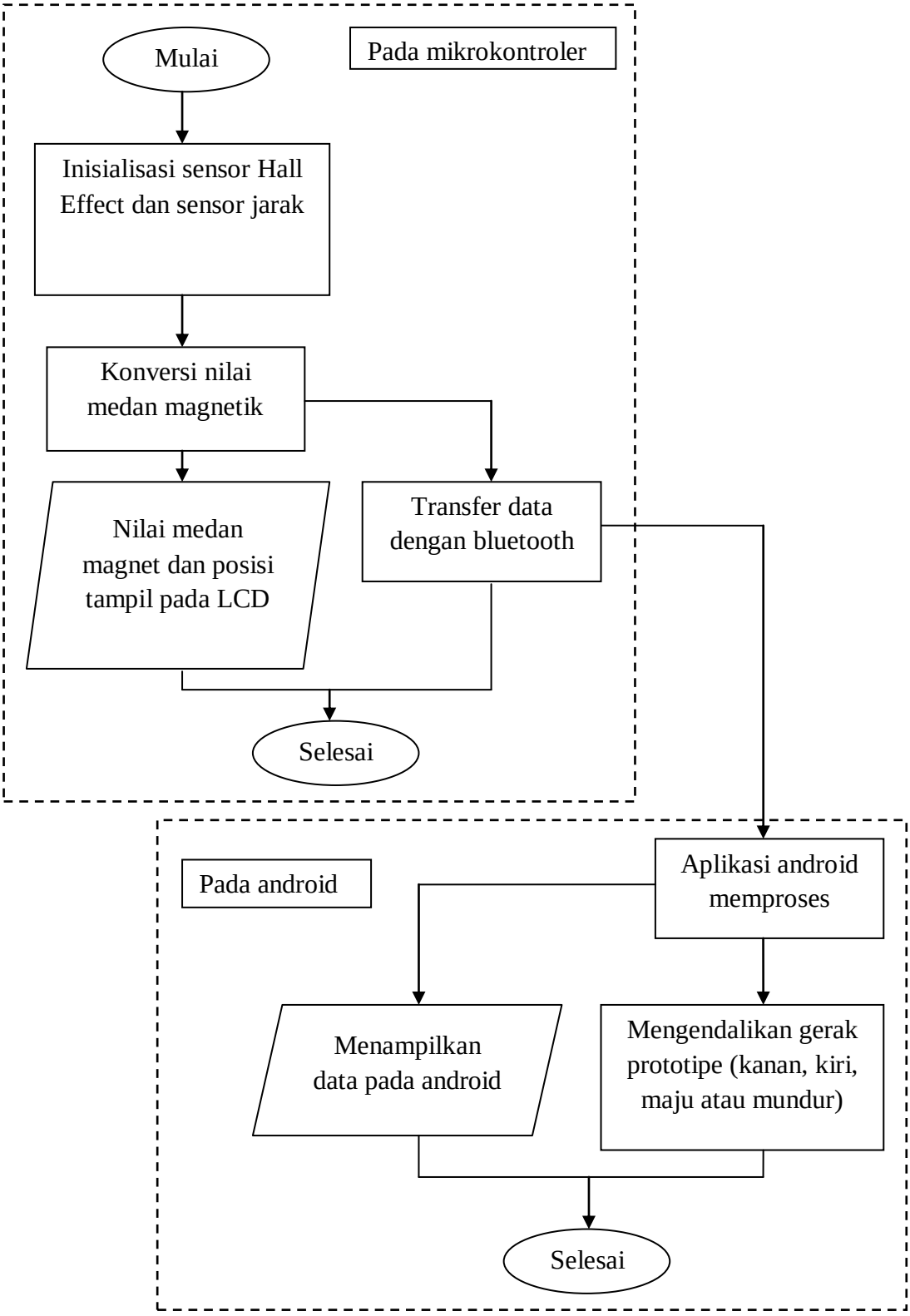
Rancang alat



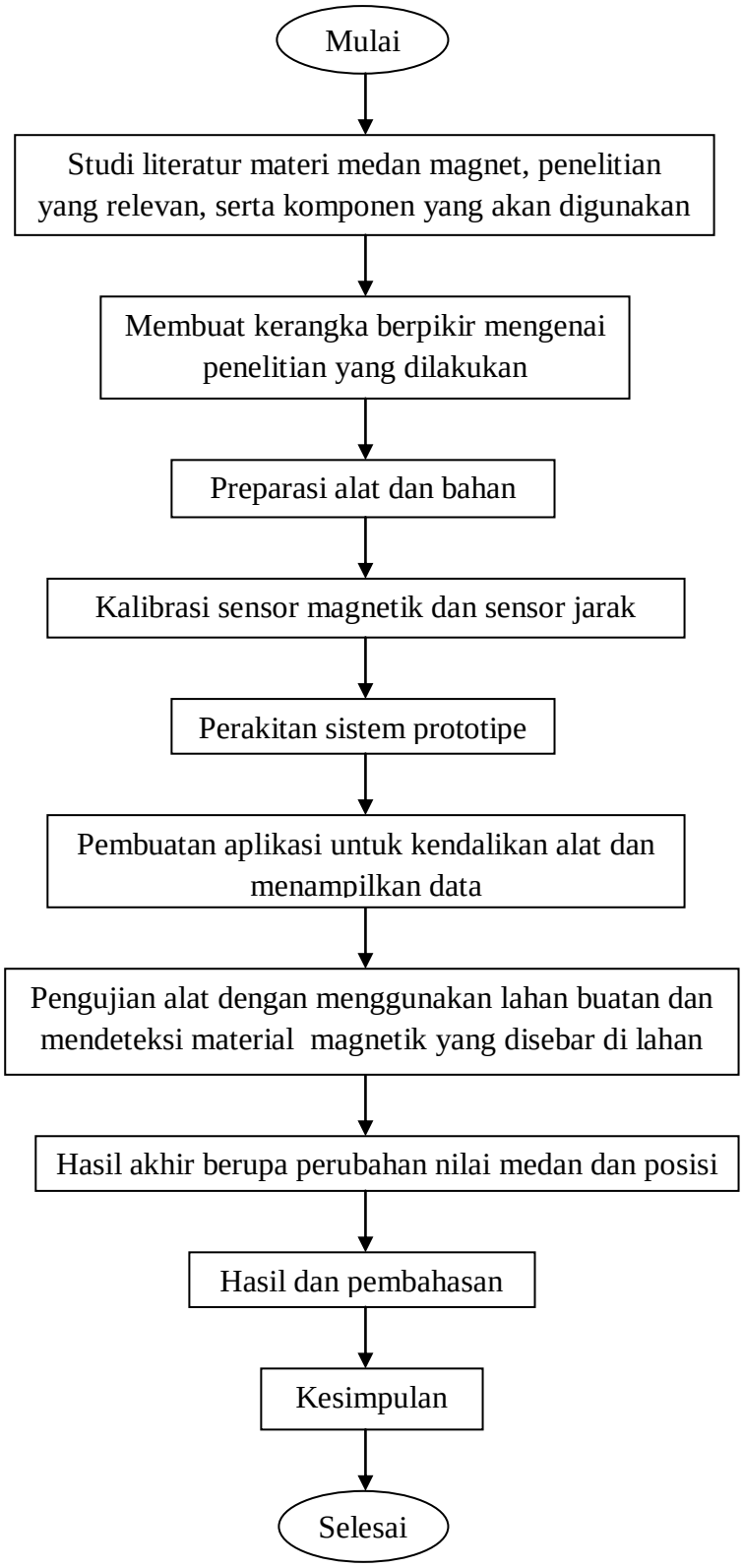
Rancang aplikasi



3.8. Bagan Alir Program



3.9. Diagram Alir Penelitian



BAB IV.
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakterisasi Sensor Magnetik Hall Effect UGN3503

4.1.1. Karakterisasi dengan kumparan kalibrasi

Dalam tahapan karakterisasi sensor magnetik Hall Effect UGN3503 digunakan sumber medan magnet buatan berupa kumparan kalibrasi selenoid dengan bahan tembaga berdiameter 0,7 cm yang dililitkan pada pipa berdiameter 5,6 cm dengan jumlah lilitan 740.

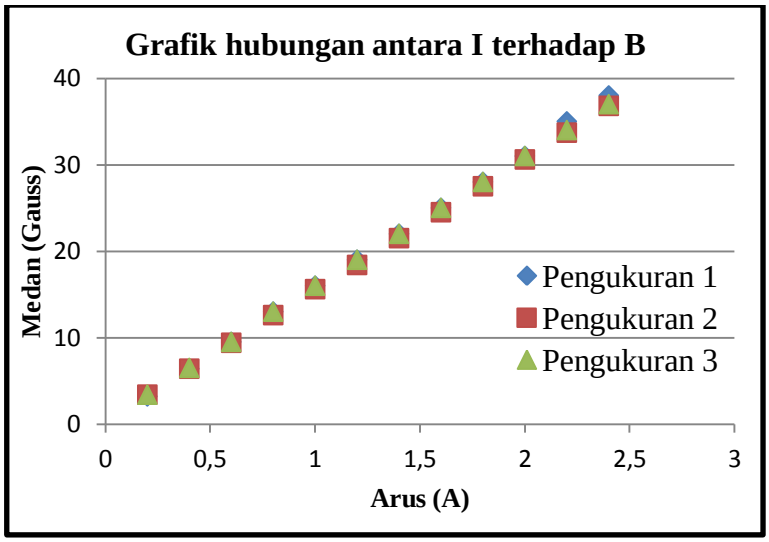
Gambar 20. Proses karakterisasi sensor magnetik *Hall Effect* UGN3503

Karakterisasi dilakukan dengan mengaliri arus listrik DC pada kumparan kalibrasi sebesar 0,2 – 2,4 A dengan interval 0,2 A. Medan magnet yang dihasilkan dari kumparan tersebut kemudian diukur menggunakan Gaussmeter tipe IDR-325 dan kemudian dilakukan pembacaan yang sama pada sensor magnetik UGN3503. Dari tiga kali pengukuran diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil pengukuran medan magnet pada Gaussmeter

I (A)	Pengukuran 1 (G)	Pengukuran 2 (G)	Pengukuran 3 (G)	Rata-rata (G)
0,2	3,2	3,4	3,4	3,33
0,4	6,4	6,4	6,5	6,43
0,6	9,5	9,4	9,5	9,47
0,8	12,6	12,6	12,7	12,63

I (A)	Pengukuran 1 (G)	Pengukuran 2 (G)	Pengukuran 3 (G)	Rata – rata (G)
1,0	15,8	15,6	15,7	15,7
1,2	18,9	18,4	18,8	18,7
1,4	22	21,5	21,7	21,73
1,6	24,9	24,5	24,8	24,73
1,8	28,2	27,5	27,9	27,87
2,0	31,4	30,6	31	31
2,2	34,7	33,7	34,1	34,17
2,4	37,8	36,8	37,3	37,3



Grafik 1. Hubungan arus terhadap medan magnet pada Gaussmeter dengan 3 kali pengambilan data

Dari data pengukuran dengan Gaussmeter, didapat fungsi medan ukur sebagai berikut.

$$B(I) = 15{,}389\, I + 0{,}2493 \qquad (4.1)$$

Dengan B adalah medan magnet dalam Gauss dan I adalah kuat arus dalam A.

Tabel 3. Data medan hitung berdasarkan fungsi

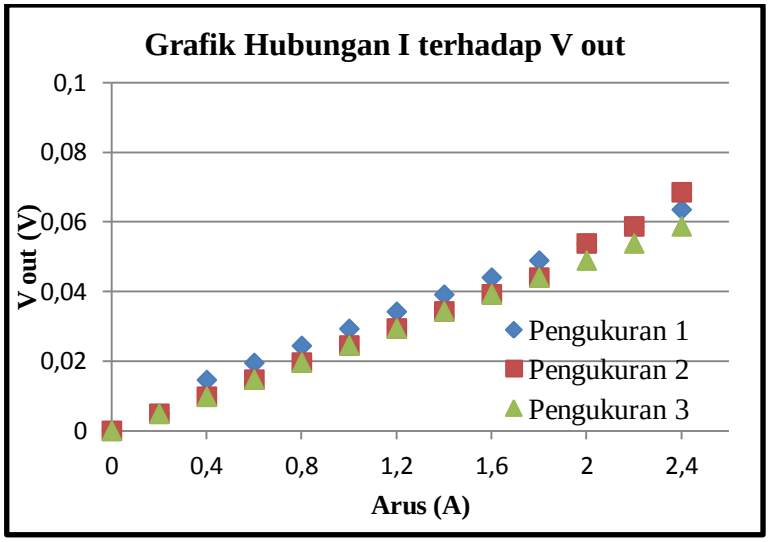
I (A)	B hitung (G)
0,2	3,3271
0,4	6,4049
0,6	9,4827
0,8	12,5605
1	15,6383
1,2	18,7161
1,4	21,7939
1,6	24,8717
1,8	27,9495
2	31,0273
2,2	34,1051
2,4	37,1829

Setelah mengambil data menggunakan Gaussmeter, dilakukan tiga kali pengukuran tegangan keluaran pada sensor magnetik UGN3503 dan diperoleh data sebagai berikut

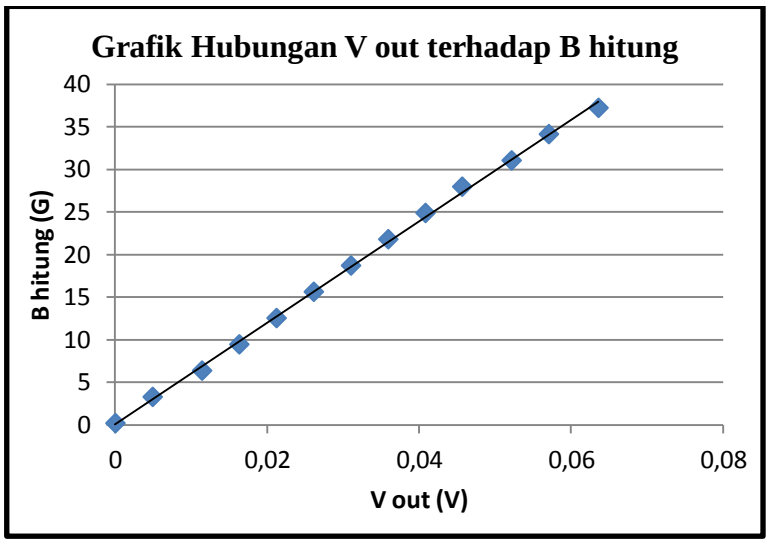
Tabel 4. Data tegangan keluaran pada sensor UGN3503

I (A)	Pengukuran 1 (V)	Pengukuran 2 (V)	Pengukuran 3 (V)	Rata-rata (V)
0,2	0,0049	0,0049	0,0049	0,0049
0,4	0,0146	0,0098	0,0098	0,0114
0,6	0,0195	0,0147	0,0147	0,0163
0,8	0,0244	0,0196	0,0196	0,0212
1,0	0,0293	0,0245	0,0245	0,0261
1,2	0,0342	0,0294	0,0294	0,031
1,4	0,0391	0,0343	0,0343	0,0359
1,6	0,044	0,0392	0,0392	0,0408
1,8	0,0489	0,044	0,044	0,045633
2,0	0,0537	0,0538	0,0489	0,052133

I (A)	Pengukuran 1 (V)	Pengukuran 2 (V)	Pengukuran 3 (V)	Rata-rata (V)
2,2	0,0586	0,0587	0,0538	0,057033
2,4	0,0635	0,0685	0,0587	0,063567



Grafik 2. Hubungan arus terhadap tegangan keluaran sensor



Grafik 3. Hubungan tegangan keluaran sensor rata-rata terhadap nilai medan hitung

Respon medan magnet (B) terhadap perubahan tegangan keluaran sensor (V) adalah linear diperoleh persamaan :

$$B\ (V) = 595{,}39\ V + 0{,}1068 \qquad (4.2)$$

Nilai B dalam Gauss dan tegangan V dalam Volt. Sensitivitas (S) sensor merupakan perbedaan rasio dari perubahan sinyal keluaran terhadap perubahan sinyal input, dapat diukur melalui persamaan (Indrasari dkk) :

$$S = \frac{\Delta keluaran}{\Delta masukan} \tag{4.3}$$

Sehingga diperoleh sensitivitas sensor sebesar 595 G/V dengan kesalahan relatif 2,55 %.

Dari hasil pengukuran dengan menggunakan fungsi transfer, dibandingkan nilai tersebut dengan hasil pengukuran Gaussmeter.

Tabel 5.Tabel nilai B fungsi dan B pada Gaussmeter

B sensor (G)	B gaussmeter (G)
3,02421	3,3271
6,89425	6,4049
9,81166	9,4827
12,7291	12,5605
15,6465	15,6383
18,5639	18,7161
21,4813	21,7939
24,3987	24,8717
27,2764	27,9495
31,1465	31,0273
34,0639	34,1051
37,9538	37,1829

Untuk menentukan nilai *error* antara nilai medan pada sensor dengan nilai pada alat ukur dapat digunakan rumus RMSE sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12}\left(B_{sensor} - B_{gaussmeter}\right)^2}{n}} \tag{4.4}$$

Didapat nilai *error* sebesar 0,39 Guss. Dari nilai *error* yang diperoleh dapat diartikan sensor yang digunakan memiliki perbedaan pembacaan medan sebesar 0,39 Gauss terhadap alat ukur Gaussmeter.

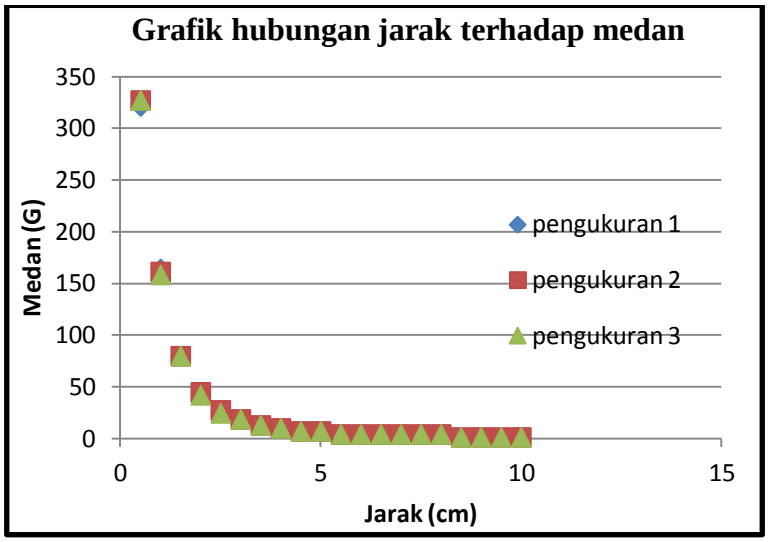
4.1.2. Karakterisasi jarak jangkauan sensor magnetik Hall Effect UGN3503

Karakterisasi jarak jangkauan telah dilakukan dengan menggerakan pengganggu berupa magnet permanen jenis Neodynium menjauhi sensor dengan interval jarak 0,5 cm sehingga didapat rentang jarak deteksi sensor. Data jangkauan pembacaan medan magnet adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Data jangkauan menggunakan magnet dengan diameter 2 cm dan ketebalan 0,15 cm

Sampel pertama d = 2cm ketebalan = 0,15 cm				
Jarak (cm)	Pengukuran 1 (G)	Pengukuran 2 (G)	Pengukuran 3 (G)	Rata-rata (G)
0,5	320,994	326,8147	326,8147	324,87447
1	163,8536	160,9436	158,0335	160,94357
1,5	79,4631	79,4631	79,4631	79,4631
2	41,6327	44,5428	41,6327	42,602733
2,5	24,1726	27,0827	24,1726	25,142633
3	18,3526	18,3526	18,3526	18,3526
3,5	12,5326	12,5326	12,5326	12,5326
4	9,6226	9,6226	9,6226	9,6226
4,5	6,7125	6,7125	6,7125	6,7125
5	6,7125	6,7125	6,7125	6,7125
5,5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
6	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
6,5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
7	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
7,5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
8	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025

Jarak (cm)	Pengukuran 1 (G)	Pengukuran 2 (G)	Pengukuran 3 (G)	Rata-rata (G)
8,5	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
9	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
9,5	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
10	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925

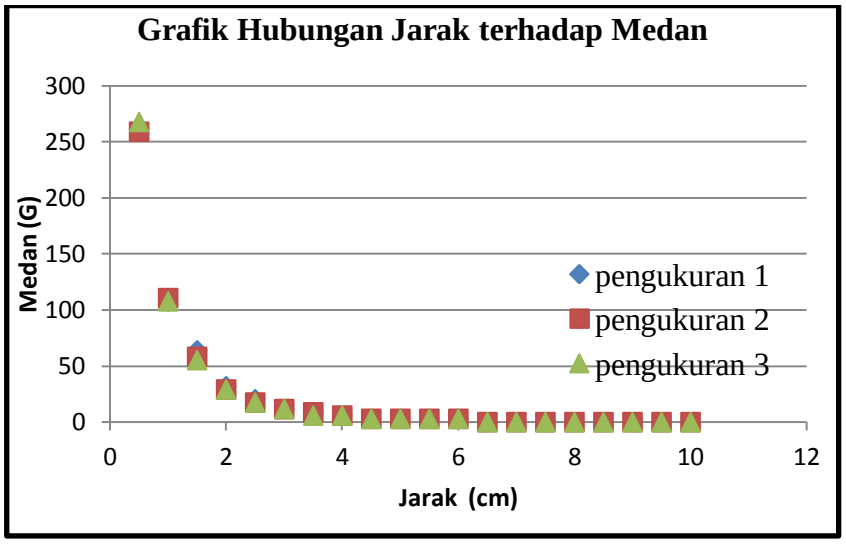


Grafik 4. Hubungan jarak jangkauan terhadap medan magnet pada sampel jenis pertama

Tabel 7. Data jangkauan menggunakan magnet dengan diameter 1,5 cm dan ketebalan 0,1 cm

sampel kedua d = 1,5 cm ketebalan = 0,1 cm				
Jarak (cm)	Pengukuran 1 (G)	Pengukuran 2 (G)	Pengukuran 3 (G)	Rata-rata (G)
0,5	280,2544	283,1644	280,2544	281,2244
1	99,8322	102,7432	102,7432	101,772867
1,5	44,5428	47,4529	47,4529	46,4828667
2	24,1726	24,1726	24,1726	24,1726
2,5	15,4426	15,4426	15,4426	15,4426
3	9,6226	9,6226	9,6226	9,6226

jarak (cm)	pengukuran 1 (G)	pengukuran 2 (G)	pengukuran 3 (G)	rata-rata (G)
3,5	6,7125	6,7125	6,7125	6,7125
4	6,7125	3,8025	6,7125	5,7425
4,5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
5,5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
6	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
6,5	3,8025	3,8025	3,8025	3,8025
7	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
7,5	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
8	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
8,5	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
9	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
9,5	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
10	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925



Grafik 5. Hubungan jarak jangkauan terhadap medan magnet pada bahan magnet jenis kedua

Dari kedua data diatas terlihat bahwa jangkauan kerja efektif berada pada rentang 0,5 sampai 5 cm dan nilai medan magnetik berbanding terbalik dengan jarak (Indrasari dkk, 2012).

$$B \sim \frac{1}{R} \tag{4.4}$$

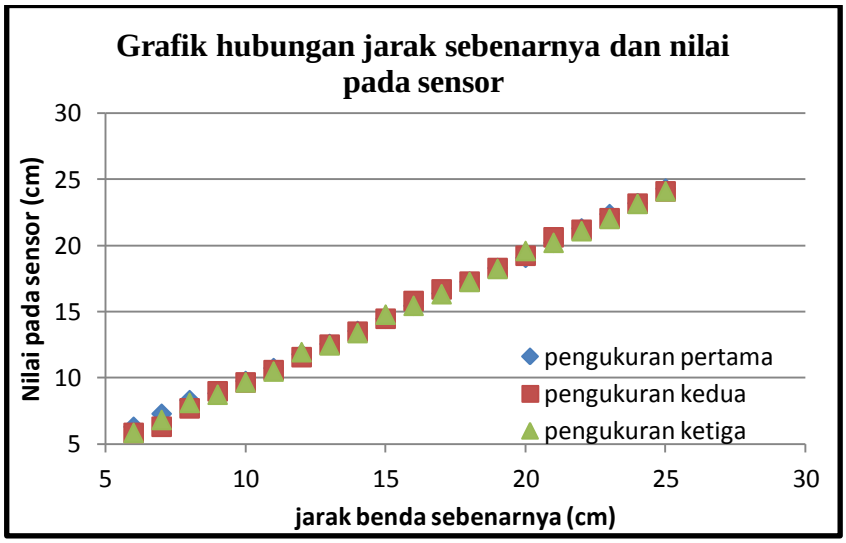
4.2. Karakterisasi sensor PING SRF04

Karakterisasi dilakukan dengan cara menaruh penghalang di hadapan sensor dan membuat variasi jarak pengukuran dari 6 – 25 cm menggunakan alat ukur mistar. Setiap sensor dilakukan tiga kali pengukuran jarak. Berikut data hasil pembacaan jarak kedua sensor SRF04.

Tabel 8. Hasil pengukuran jarak pada sensor SRF04 pertama

jarak (cm)	Pengukuran 1 (cm)	Pengukuran 2 (cm)	Pengukuran 3 (cm)	Rata–rata (cm)
6	6,32	5,859	5,859	6,013
7	7,302	6,323	6,838	6,821
8	8,333	7,715	8,127	8,058
9	8,849	9,003	8,746	8,866
10	9,777	9,674	9,674	9,708
11	10,756	10,601	10,498	10,62
12	11,804	11,581	11,959	11,78
13	12,577	12,526	12,474	12,53
14	13,557	13,505	13,402	13,49
15	14,485	14,485	14,794	14,59
16	15,464	15,825	15,464	15,58
17	16,392	16,701	16,34	16,48
18	17,285	17,285	17,268	17,28
19	18,316	18,316	18,247	18,29
20	19,089	19,244	19,605	19,31
21	20,223	20,636	20,223	20,36
22	21,306	21,203	21,1	21,2

jarak (cm)	Pengukuran 1 (cm)	Pengukuran 2 (cm)	Pengukuran 3 (cm)	Rata–rata (cm)
23	22,388	22,079	22,027	22,16
24	23,213	23,179	23,162	23,18
25	24,313	24,107	24,107	24,18



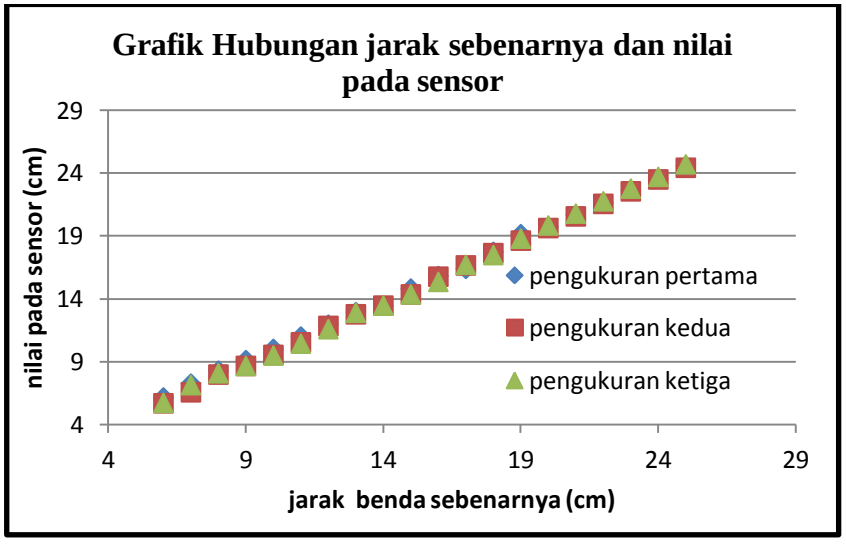
Grafik 6. Pembacaan jarak sensor pertama

Dari data tersebut diketahui bahwa sensor dapat bekerja efektif mulai dari jarak 6 cm dengan kesalahan relatif terbesar adalah 4,8%

Tabel 9. Hasil pengukuran jarak pada sensor SRF04 kedua

jarak (cm)	Pengukuran 1 (cm)	Pengukuran 2 (cm)	Pengukuran 3 (cm)
6	6,168	5,704	5,739
7	7,268	6,581	7,148
8	8,299	7,99	8,093
9	9,141	8,677	8,677
10	10,034	9,553	9,502
11	11,014	10,55	10,447
12	11,959	11,856	11,598
13	12,955	12,784	12,904

jarak (cm)	Pengukuran 1 (cm)	Pengukuran 2 (cm)	Pengukuran 3 (cm)
14	13,471	13,471	13,471
15	14,828	14,364	14,364
16	15,825	15,772	15,361
17	16,392	16,667	16,718
18	17,749	17,646	17,491
19	19,158	18,643	18,797
20	19,742	19,639	19,845
21	20,67	20,567	20,79
22	21,667	21,564	21,77
23	22,612	22,56	22,776
24	23,54	23,505	23,711
25	24,588	24,433	24,708

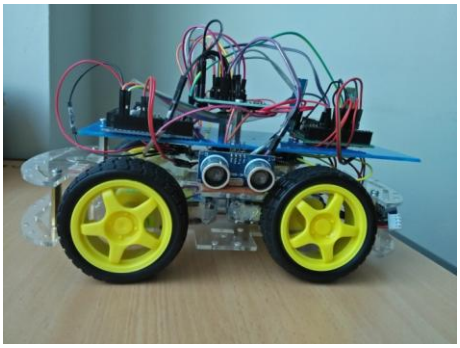


Grafik 7. Pembacaan jarak sensor kedua

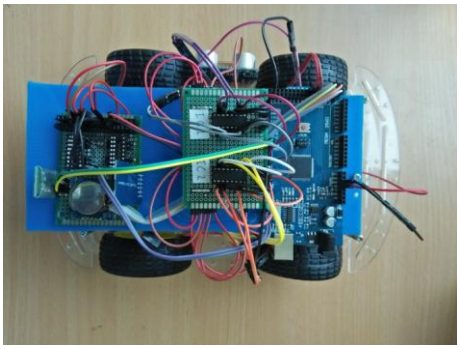
Pada pengujian sensor yang kedua didapat kesalahan relatif terbesar 3,9 %

4.3. Perakitan Sistem Prototipe

Pada penelitian ini, perancangan peangkat keras dilakukan dengan merangkai komponen-komponen pada kerangka robot prototipe pengukur medan magnetik. Ukuran dari prototipe yang digunakan adalah 25 cm x 16 cm dengan rangka robot dibuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 0,3 cm dan ban prototipe terbuat dari karet dengan diameter ban 6,8 cm.



Gambar 21. Rancang alat tampak samping



Gambar 22. Rancang alat tampak atas

4.4. Pengujian Aplikasi

Berikut ini hasil pengujian sistem kendali dari aplikasi terhadap *output* pada motor DC.

Tabel 10. Tabel pengujian sistem kendali

Tombol	Kondisi	Motor A		Motor B		Motor C		Motor D	
		Pin +	Pin -	Pin +	Pin -	Pin +	Pin -	Pin +	Pin -
	Maju	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH
	Mundur	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW
	Berhenti	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW
	Belok kanan	HIGH	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	HIGH
	Belok kiri	LOW	LOW	LOW	HIGH	HIGH	LOW	LOW	LOW

4.5. Pengujian jangkauan sistem kendali

Berikut hasil pengujian jarak jangkauan apikasi kendali melalui bluetooth dalam suatu ruangan tanpa ada penghalang

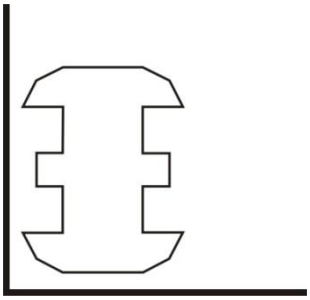
Tabel 11. Hasil pengujian jarak jangkauan sistem kendali

Jarak (m)	Hasil
3	Terkoneksi
6	Terkoneksi
9	Terkoneksi
12	Terkoneksi
15	Terkoneksi
18	Terkoneksi
21	Terkoneksi
24	Terkoneksi
27	Terkoneksi
30	Terkoneksi
33	Terkoneksi
36	Terkoneksi

Jarak (m)	Hasil
39	Terkoneksi
42	Terkoneksi

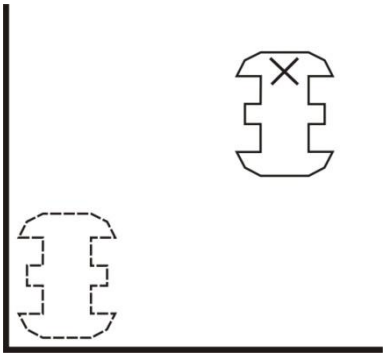
4.6. Pengujian pengukuran medan magnet dan posisi

Ilustrasi pergerakan dari sistem penjelajah, mula-mula sistem ditempatkan pada lokasi awal dengan jarak 6 cm dari penghalang yang berada di belakang dan samping kiri sebagai perhitungan posisi awal.



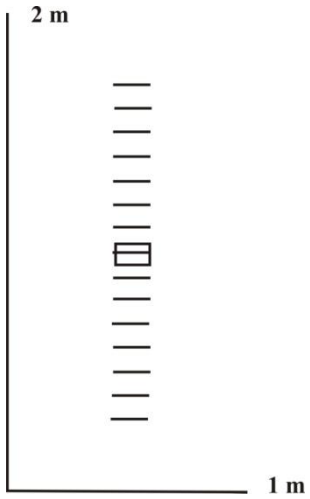
Gambar 23. Ilustrasi posisi awal x,y (0,0) pada sistem

Kemudian sistem akan bergerak dikendalikan ke lokasi pengukuran yang akan dituju dan posisi sistem di atur sesuai posisi awal agar pengukuran posisi didapat nilai posisi x,y yang benar.



Gambar 24. Ilustrasi pendeteksian sistem

Pengujian dilakukan dengan dua kondisi, pertama dengan menggunakan satu sampel dan kedua menggunakan banyak sampel yang di sebar di lahan uji. Untuk pengujian pertama, sampel di taruh di satu titik dan di lakukan pengukuran medan dengan variasi jarak y dengan posisi x tetap seperti pada gambar ilustrasi berikut.



Gambar 25. Ilustrasi lahan uji untuk satu sampel

Pengukuran dilakukan sebanyak 4 kali dengan perbedaan antara tidak ada sampel, sampel pertama, sampel kedua dan sampel ketiga dengan menggunakan variasi jenis dan ukuran sampel.

Sampel 1
Barium Heksaferit
(2x2x0,8 cm)

Sampel 2
Neodymium (1x0,2 cm)
Neodymium (0,5x0,3 cm)

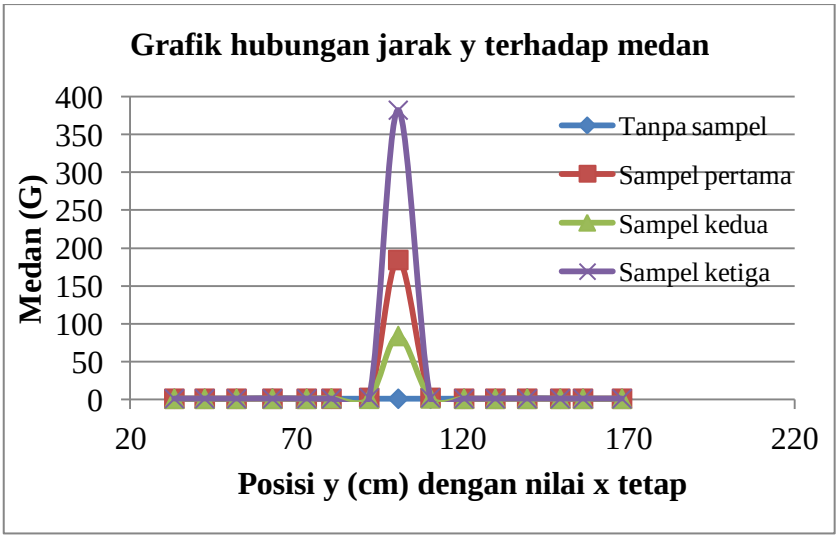
Sampel 3
Barium Heksaferit (2x2x0,8 cm)
Neodymium (2x0,2 cm)

Gambar 26. Sampel uji dengan bahan dan ukuran yang berbeda

Berikut data yang didapat dari kedua pengujian.

Tabel 12. Data pengukuran persebaran medan magnet

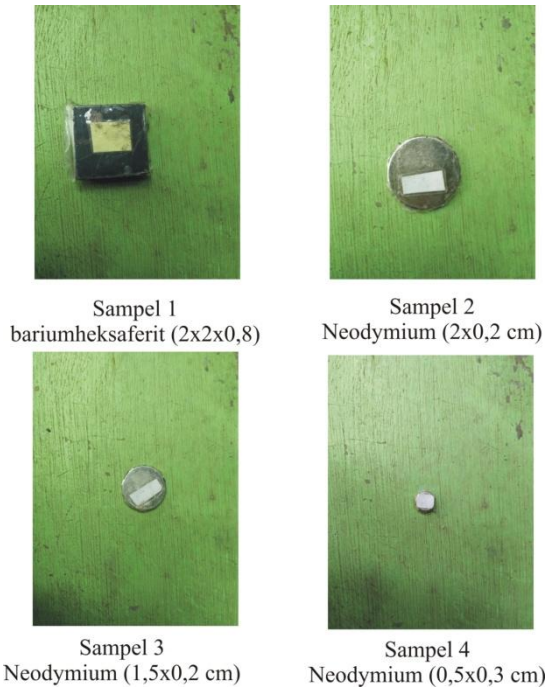
y (cm)	Tanpa sampel (G)	Sampel 1 (G)	Sampel 2 (G)	Sampel 3 (G)
33,21	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
42,35	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
51,94	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
62,75	1,2675	0,8925	0,8925	0,8925
73,06	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
80,52	0,8925	0,8925	1,455	0,8925
91,89	0,8925	2,0175	0,8925	2,0175
100,64	0,8925	184,2237	83,8281	382,1052
110,36	0,8925	2,0175	1,455	2,0175
120,46	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
129,87	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
139,47	1,2675	0,8925	0,8925	0,8925
149,42	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
156,27	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925
168,01	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925



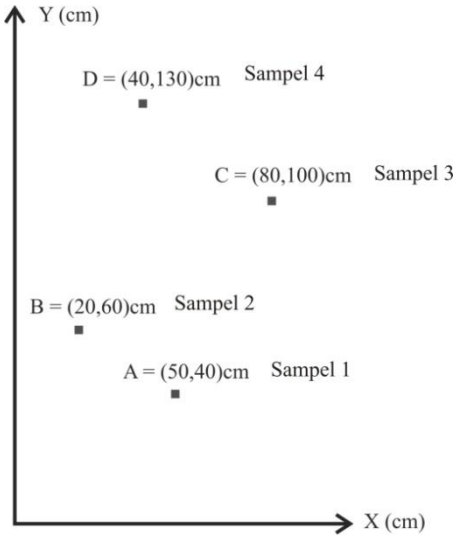
Grafik 8. Persebaran medan magnet pada posisi berubah terhadap y dengan x tetap

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat perbedaan persebaran medan magnet pada lahan uji koordinat y saat tidak terdapat sampel dengan lahan uji diberi sampel.

Kemudian dilakukan pengujian dengan beberapa sampel yang disebar pada lahan uji. Terdiri dari 4 sampel dengan jenis dan ukuran yang berbeda.



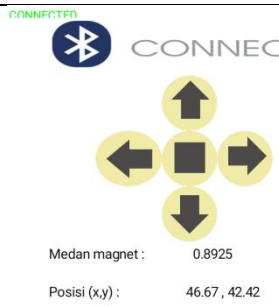
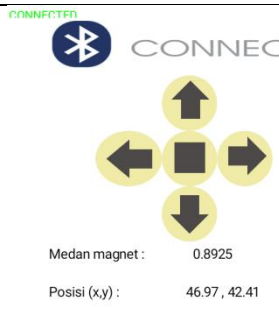
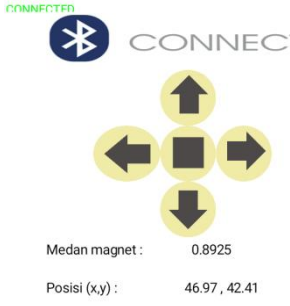
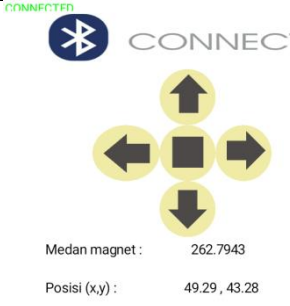
Gambar 27. 4 macam sampel uji

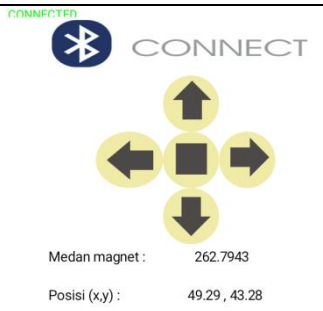
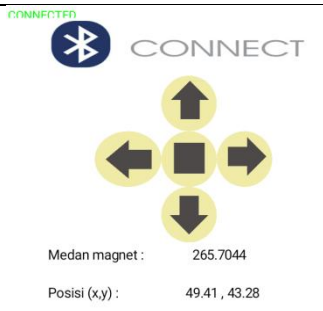


Gambar 28. Letak koordinat sampel magnet pada lahan uji

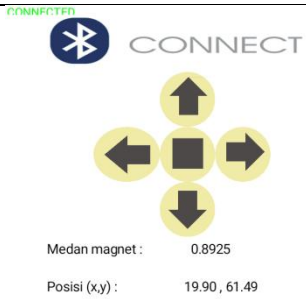
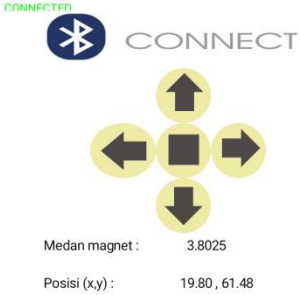
Berikut merupakan hasil pengujian prototipe pada lahan uji ketika tidak ada sampel dan ketika terdapat sampel.

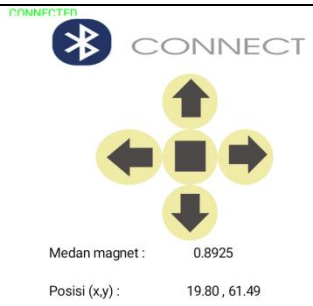
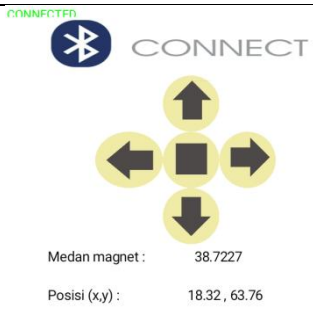
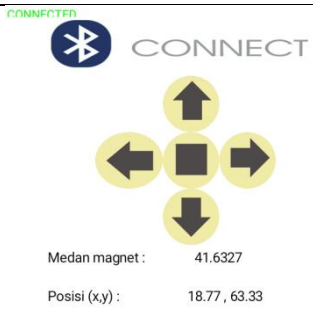
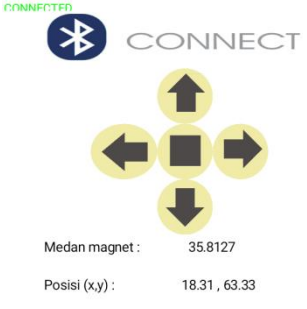
Tabel 13. Hasil pengujian pada lokasi pertama

Lokasi	Tanpa sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan aplikasi
Pertama (50 , 40) cm	46,67	42,42	0,8925	
	46,97	42,41	0,8925	
	46,97	42,41	0,8925	
Lokasi	Dengan sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan Aplikasi
Pertama (50 , 40) cm	49,29	43,28	262,7943	

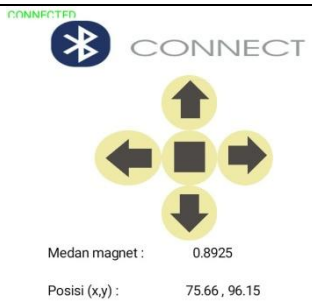
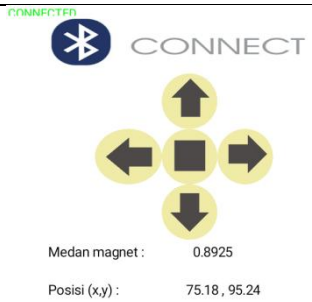
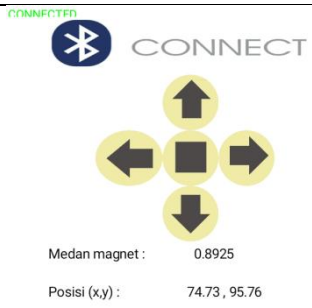
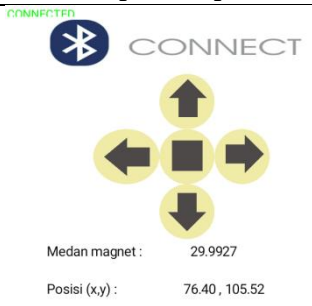
	49,29	43,28	262,7943	
	49,41	43,28	265,7044	

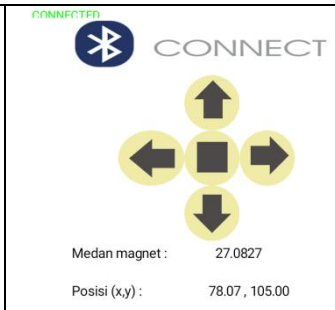
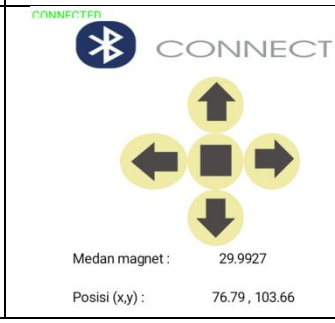
Tabel 14. Hasil pengujian pada lokasi kedua

Lokasi	Tanpa sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan aplikasi
Kedua (20 , 60) cm	19,9	61,49	0,8925	
	19,8	61,48	3,8025	

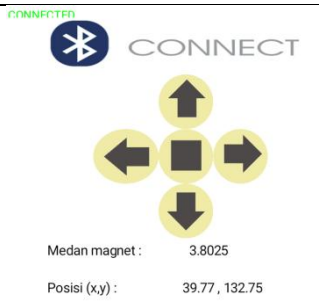
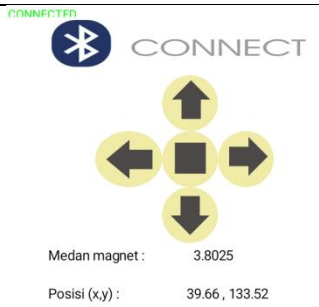
	19,8	61,49	0,8925	
Lokasi	Dengan sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan Aplikasi
Kedua (20 , 60) cm	18,32	63,76	38,7227	
	18,77	63,33	41,6327	
	18,31	63,33	35,8127	

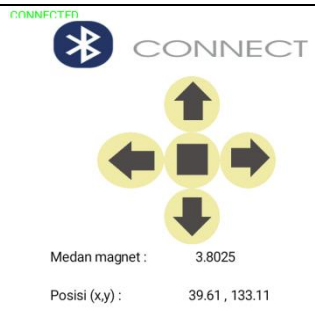
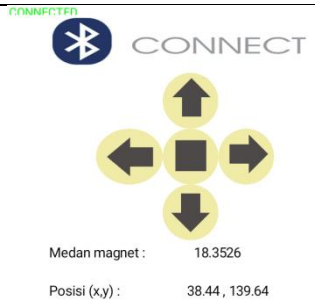
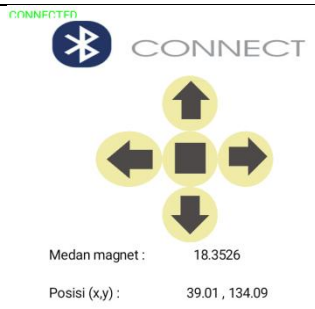
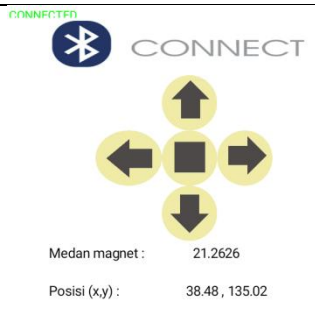
Tabel 15. Hasil pengujian pada lokasi ketiga

Lokasi	Tanpa sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan aplikasi
Ketiga (80 , 100) cm	75,66	96,15	0,8925	
	75,18	95,24	0,8925	
	74,73	95,76	0,8925	
Lokasi	Dengan sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan Aplikasi
Ketiga (80 , 100) cm	76,4	105,52	29,9927	

	78,07	105	27,0827	
	76,79	103,66	29,9927	

Tabel 16. Hasil pengujian pada lokasi keempat

Lokasi	Tanpa sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan aplikasi
Keempat (40 , 130) cm	39,77	132,75	3,8025	
	39,66	133,52	3,8025	

	39,61	133,11	3,8025	
Lokasi	Dengan sampel			
	x (cm)	y (cm)	B (G)	Tampilan Aplikasi
Keempat (40 , 130) cm	38,44	139,64	18,3526	
	39,01	134,09	18,3526	
	38,48	135,02	21,2626	

Tabel 17. Nilai rata-rata persebaran medan magnet beserta posisi

Lokasi	Dengan sampel			Tanpa sampel		
	x (cm)	y (cm)	B (G)	x (cm)	y (cm)	B (G)
Pertama	49,33	43,28	263,764	46,87	42,413	0,8925
Kedua	18,467	63,473	38,7227	19,833	61,487	1,8625
Ketiga	77,087	104,73	29,0227	75,19	95,717	0,8925
Keempat	38,643	136,25	19,3226	39,68	133,13	3,8025

Pada tabel diatas dapat dilihat perbedaan nilai medan magnet yang diukur pada lahan uji ketika tidak terdapat sampel dan ketika terdapat sampel di 4 titik lokasi yang berbeda. Hasil pengukuran menunjukkan medan yang terukur saat tidak ada sampel sekitar 0,8925 – 3,8025 G, dan medan magnet meningkat ketika terdapat sampel dimana semakin kuat medan pada sampel maka semakin besar nilai medan magnetnya.

BAB V.
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Prototipe pendeteksi material magnetik dapat bekerja dengan baik.
2. Dari proses karakterisasi sensor magnetik didapat nilai sensitivitas sebesar 595 G/V dengan kesalahan relatif 2,55 % dan jangkauan kerja efektif dari sensor berada pada rentang 0,5 – 5 cm.
3. Jangkauan efektif sistem kendali melalui modul *bluetooth* adalah 0 – 42 m tanpa penghalang.
4. Prototipe pendeteksi dapat mendeteksi persebaran medan magnet pada lahan uji dengan satu sampel dan banyak sampel. Diperoleh rentang pembacaan medan magnet pada sampel dari 19,3226 - 263,764 G.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan masih terdapat beberapa kekurangan, berikut saran bagi penelitian selanjutnya adalah :

1. Karakterisasi sensor magnetik dapat diakukan menggunakan kumparan kalibrasi dalam sangkar faraday agar tidak terengaruh medan luar.
2. Dapat digunakan metode sensor magnetik lain yang memiliki sensitivitas lebih sehingga nilai medan magnet yang dideteksi dpaat lebih presisi.
3. Dapat digunakan roda yang dapat bergerak lebih dinamis sehingga pergerakan dari alat dapat lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

Bolton, W., 2004. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol.:* Erlangga.

Burhanuddin, A., H, D., dkk, 2009. *Sistem Monitoring Pemakaian Tinta Via Web di PT. Temprina (Jawa Pos).* Jurusan Teknik Elektronika , ITS.

Cutnell, J. D. & Johnson, K. W., 2013. *Introduction to Physics.* 9. : John Wiley & Sons, Inc..

Dini, A. A., Y. & Kamus, Z., 2013. *Pengukuran Medan Magnetik Batuan Menggunakan Sensor Fluxgate.* Pilar Of Physics, Volume 2.

Djamal, M., R., Wirawan, R. & Sanjaya, E., . *Sensor Magnetik GMR, Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya*. Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng&DIY.

Endarko & Yudoyono, G., 2007. *Draf Modul FISIKA.* Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Biro Perencanaan Dan Kerjasama Luar Negeri.

Giancoli, D., 1998. *Physics*. New Jersey : Prentice Hall.

Gustara, M. Y., 2016. *Deteksi Medan Magnet Kereta Untuk Informasi Dini Sistem Pemberhentian Darurat Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 dengan Sensor Solenoid.*

Haromain, I., 2010. *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Medan Magnet Berbasis Mikrokontroler*. Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Hasan, 2008. *Studi Sifat Magnetik Alloy Fe97-xSi3Alx (x = 4.5 dan 6% at).* Magister Ilmu Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Hasibuan, F. A., Pardede, I. & Suharyadi, E., 2015. *Kajian Magnetoresistansi pada Nanopartikel Magnetite (Fe3O4) yang Dienkapsulasi dengan Polyethylene Glycole (PEG) dan Biomaterial dengan Sensor Lapisan Tipis Co/Cu Multilayer Berbasis Giant Magnetoresistance (GMR).*

Indrasari, W., Djamal, M., Srigutomo, W., & Ramli. 2011. *A Magnetic Distance Sensor with High Sensitivity Based on Double Secondary Coil of Fluxgate.* IOSR Jurnal of Applied Physics (IOSR-JAP).vol2.

Indrasari, W., Djamal, M. & U., 2012. *Karakteristik Sensor Magnetik Fluxgate Kumparan Sekunder Ganda Menggunakan Elemen Sensor Multi-Core*. Seminar Nasional Fisika.

Jihad, N, M., 2012. *Alat Pendeteksi Medan Magnet Terkait dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).* Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, UNY.

Lisnasari, Y., 2010. *Rancang Bangun Sensor Magnetik Berdasarkan Metode Induksi Sebagai Teslameter*.

Parangin-angin, B., 2013. *Bab II Landasan Teori,* Skripsi, Universitas Sumatera Utara.

Pramudijanto, J., *Instrumentasi Sistem Pengaturan;Karakteristik Dasar Sensor*. Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.

Premono, P., Soedjarwanto, N. & Alam, S., 2015. *Rancang Bngun Alat Instrumentasi Pengukur Digital Kuat Medan Magnetik dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega8535.* ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Volume 9.

Purwanto, A., 2011. *Rancang Bangun Otomasi Sistem Analisis Kecelakaan Sepeda Motor dengan Memanfaatkan Global Positioning System dan Short Message Service.* Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Sanuaka, A. A., 2015. *Makalah Programing Multimedia APP Inventor.*

Serway, R., 1995. *Physics for Scientist and Engineering with Modern Physics.* New York, USA: Prentice Hall pub.

Suryono., Riyanti, A., Suseno, E, J. , 2009. *Karakterisasi Sensor Magnetik Efek Hall UGN3503 terhadap Sumber Magnet dan Implementasinya pada Pengukuran Massa.* Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, Berkala Fisika, Vol.12, No.1.

Wahyudi, J., Pauzi, G. A. & W., 2013. *Desain dan Karakteristik Penggunaan Sensor Efek Hall UGN3505 untuk Mengukur Arus Listrik pada Kumparan Leybold P6271 Secara Non Destruktif*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika.

Wibowo, A, S., Rizal, Achmad., Murti, A, M., 2008. *Detektor Logam Menggunakan Sensor Induktif dengan Metode Beat Frequency Oscilator.* Teknik Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom.

Wisodo, H. dkk, 2015. *Peran Vorteks pada Prinsip Kerja SQUID berdasarkan Model Ginzburg - Landau Termodifikasi.* Ist National Research Symposium-UM

Yulastri, 2009. *Aplikasi Sensor UGN3505 Sebagai Pendeteksi Medan Magnet.* Staf Pengajar Elektro Politeknik Negeri Padang, Elektron : vol.1 no.1.

Yusuf, E., 2012. *Tugas Pengukuran & Instrumentasi pada Sistem Tenaga Ep 6071 ; Pengukuran Medan Magnet.* Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN

1. Code Arduino

```
int trigPin = 33;
int trigPin1 = 30;
int echoPin = 31;
int echoPin1 = 32;
float medan,durasi,durasi1,cm,cm1,x,y;
//L293D
//Motor A
const int MP1  = 2;  // Pin 14 of L293
const int MP2  = 3;  // Pin 10 of L293
//Motor B
const int MP3  = 4; // Pin  7 of L293
const int MP4  = 5;  // Pin  2 of L293
//Motor C
const int MP5  = 6;  // Pin 14 of L293
const int MP6  = 7;  // Pin 10 of L293
//Motor D
const int MP7  = 8; // Pin  7 of L293
const int MP8  = 9;  // Pin  2 of L293
int state
int flag=0;        //makes sure that the serial only prints once thestate
int stateStop=0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
Serial.begin (9600);
pinMode (trigPin,OUTPUT);
pinMode (echoPin,OUTPUT);
pinMode (trigPin1,OUTPUT);
pinMode (echoPin1,OUTPUT);
}
// UGN
void sensor ()
{
int nilai_sensor = analogRead (A0);
float V_out = (nilai_sensor*5)/1023.00;
float delta = (V_out - 2.55);
```

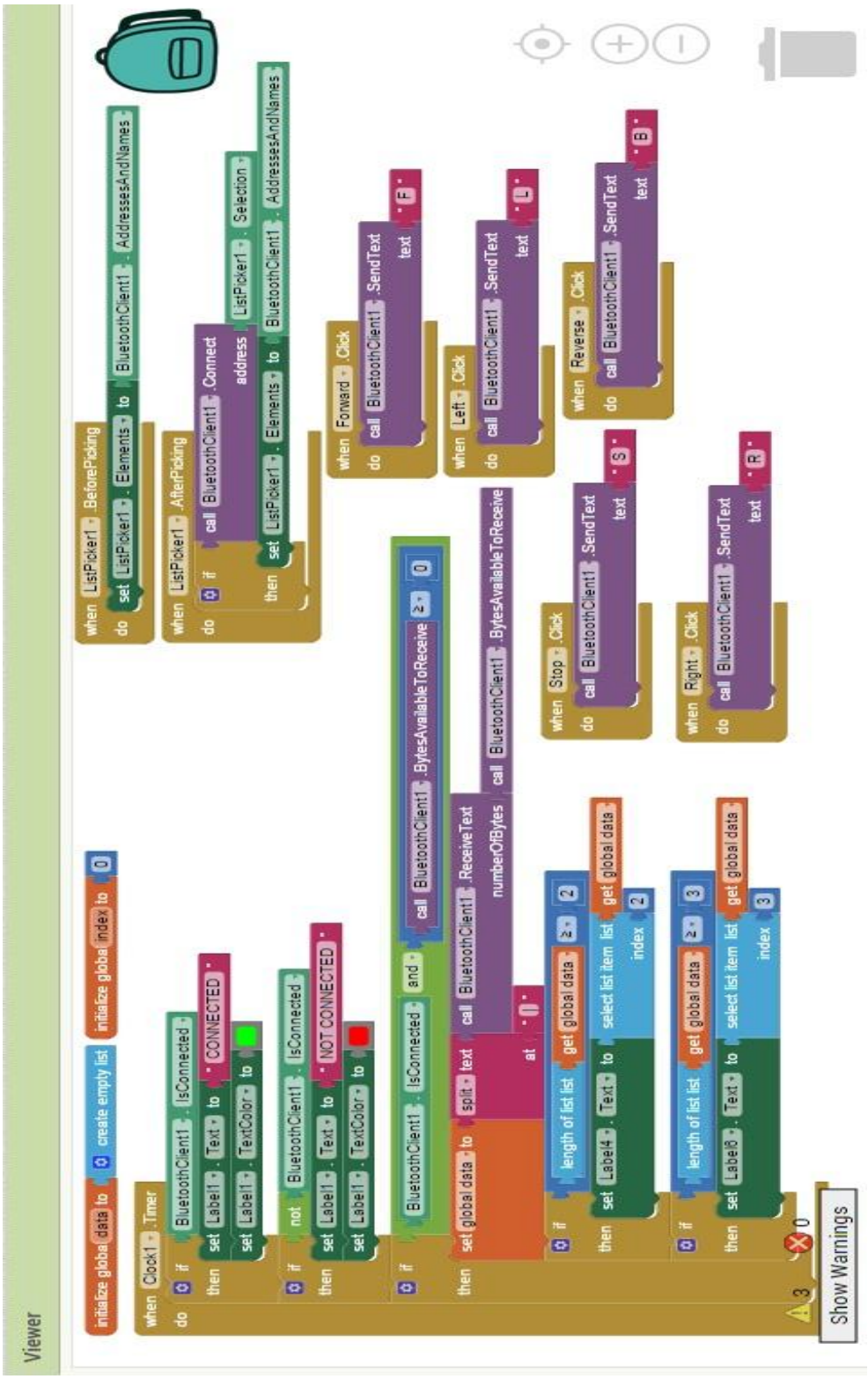
```
float medan = (595.39 * delta)+0.1068;
//PING 1
digitalWrite (trigPin, LOW);
delayMicroseconds (5);
digitalWrite (trigPin, HIGH);
delayMicroseconds (10);
digitalWrite (trigPin, LOW);
pinMode (echoPin, INPUT);
durasi = pulseIn (echoPin, HIGH);
cm = (durasi/2)/29.1;
y = cm+30;
//ping 2
digitalWrite (trigPin1, LOW);
delayMicroseconds (5);
digitalWrite (trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds (10);
digitalWrite (trigPin1, LOW);
pinMode (echoPin1, INPUT);
durasi1 = pulseIn (echoPin1, HIGH);
cm1 = (durasi1/2)/29.1;
x = cm1+7;
Serial.print ("HASIL|  ");
Serial.println (medan,2);
Serial.print ("|");
Serial.print (x,2);
Serial.print (" , ");
Serial.print (y,2);
Serial.println ();
//Serial.println ();
delay (2000);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
sensor ();
//delay (1000);

    if(Serial.available() > 0){
      state = Serial.read();
      flag=0;
```

```
}
// if the state is 'F' the DC motor will go forward
if (state == 'F')
{
digitalWrite(MP1, LOW);
digitalWrite(MP2, HIGH);
digitalWrite(MP3, HIGH);
digitalWrite(MP4, LOW);
digitalWrite(MP5, LOW);
digitalWrite(MP6, HIGH);
digitalWrite(MP7, HIGH);
digitalWrite(MP8, LOW);
//sensor ();
   if(flag == 0){
     Serial.println("Go Forward!");
     flag=1;
   }
}
// if the state is 'R' the motor will turn left
else if (state == 'R')
{
digitalWrite(MP1, LOW);
digitalWrite(MP2, HIGH);
digitalWrite(MP3, HIGH);
digitalWrite(MP4, LOW);
digitalWrite(MP5, LOW);
digitalWrite(MP6, LOW);
digitalWrite(MP7, LOW);
digitalWrite(MP8, LOW);
//sensor ();
   if(flag == 0){
     Serial.println("Turn RIGHT");
     flag=1;
   }
   //delay(1500);
   state=3;
   stateStop=1;
}
// if the state is 'S' the motor will Stop
else if (state == 'S' || stateStop == 1)
```

```
{
digitalWrite(MP1, LOW);
digitalWrite(MP2, LOW);
digitalWrite(MP3, LOW);
digitalWrite(MP4, LOW);
digitalWrite(MP5, LOW);
digitalWrite(MP6, LOW);
digitalWrite(MP7, LOW);
digitalWrite(MP8, LOW);
//sensor ();
   if(flag == 0){
     Serial.println("STOP!");
     flag=1;
   }
   stateStop=0;
}
// if the state is 'L' the motor will turn LEFT
else if (state == 'L')
{
digitalWrite(MP1, LOW);
digitalWrite(MP2, LOW);
digitalWrite(MP3, LOW);
digitalWrite(MP4, LOW);
digitalWrite(MP5, LOW);
digitalWrite(MP6, HIGH);
digitalWrite(MP7, HIGH);
digitalWrite(MP8, LOW);
//sensor ();
   if(flag == 0){
     Serial.println("Turn RIGHT");
     flag=1;
   }
   //delay(1500);
   state=3;
   stateStop=1;
}
// if the state is 'B' the motor will Reverse
else if (state == 'B')
{
digitalWrite(MP1, HIGH);
```

```
  digitalWrite(MP2, LOW);
  digitalWrite(MP3, LOW);
  digitalWrite(MP4, HIGH);
  digitalWrite(MP5, HIGH);
  digitalWrite(MP6, LOW);
  digitalWrite(MP7, LOW);
  digitalWrite(MP8, HIGH);
  //sensor ();
     if(flag == 0){
       Serial.println("Reverse!");
       flag=1;
     }
  }
}
```

2. Blok perintah aplikasi



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nadya Hidayatie merupakan puteri pertama dari Ibu Eva Afrida Sungkar dan Bapak Achmad Musta'in yang lahir di Bogor, 20 April 1995. Pendidikan formal dimulai dari SDIT Muhammadiyah 1 Cileungsi (2001 - 2005), SDN Cileungsi 06 (2005 - 2007), SMPN 1 Cileungsi (2007 - 2010), SMAN 1 Cileungsi (2010 - 2013) dan Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negri Jakarta (2013 - 2017). Semasa kuliah pernah menjadi asisten laboratorium Elektronika Dasar, Fisika Dasar I dan Mikroprosesor dan Antarmuka, peraih poster terbaik-3 dalam Seminar Nasional Fisika UNJ 2015, pengisi acara dalam Seminar Nasional Fisika UNJ tahun 2014 dan 2015, pengisi acara dalam 8th International Conference on Science, Mathematics and Technology Education 2015 dan menjadi pemakalah seminar bidang Fisika Instrumentasi dalam Seminar Nasional Fisika UNJ tahun 2017. Pernah bekerja sama dengan Pusat Teknologi Material – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (PTM-BPPT) untuk melaksanakan Praktik Kerja Lapangan pada tahun 2016. Diluar bidang akademik, penulis pernah aktif dalam organisasi Art of Physics jurusan Fisika UNJ sebagai bendahara umum pada tahun 2015-2016.