

**SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN DAN AKSELERASI  
DENGAN SISTEM KOMUNIKASI LORA**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan  
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Zainul Muttaqin Alghifari NIM : 1052160

Febrian Athala NIM : 1052111

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG  
TAHUN 2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SISTEM PENGUKURAN KECEPATAN LARI DAN AKSELERASI  
DENGAN SISTEM KOMUNIKASI LORA**

Oleh:

Zainul Muttaqin Alghiffari      /1052160  
Febrian Athala                      /1052111

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan/Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka  
Belitung

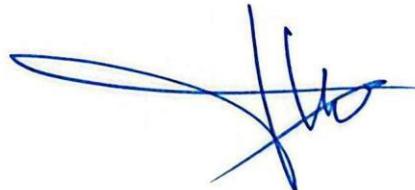
Menyetujui,

Pembimbing 1



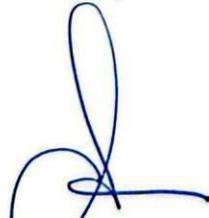
Indra Dwisaputra, M.T.

Pembimbing 2



Surojo, M.T.

Penguji 1



Oesirendi, M.T.

Penguji 2



Zanu Saputra, M.Tr.T.

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1	Zainul Muttaqin Alghiffari	NIM: 1052160
Nama Mahasiswa 2	Febrian Athala	NIM: 1052111

Dengan Judul : Sistem Pengukuran Kecepatan Lari dan Akselerasi

Dengan Komunikasi Lora

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 5 Agustus 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Zainul Muttaqin Alghiffari

.....

2. Febrian Athala

.....  


## ABSTRAK

Dalam olahraga atletik kecepatan merupakan aspek penting. Memahami kecepatan pelari membantu menyusun program latihan yang efektif. Meskipun banyak sistem pengukuran kecepatan tersedia, masalah akurasi dan efisiensi masih ada, terutama dengan alat canggih yang mahal. Stopwatch sering digunakan, tetapi rentan terhadap kesalahan manusia. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengukuran kecepatan yang inovatif, akurat, dan terjangkau, dengan digitalisasi monitoring untuk meningkatkan performa atlet. Sistem yang ada menggunakan *Gate* system namun memiliki kekurangan dalam akurasi. Dengan perkembangan teknologi, sensor kini lebih sensitif dan kompak, meningkatkan potensi hasil penelitian ini. Penelitian sebelumnya menunjukkan perlunya peningkatan presisi dan akurasi alat. Sistem kami, "Sistem Pengukuran Kecepatan Lari dan Akselerasi Dengan Sistem Komunikasi LoRa," menggunakan sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 dan modul NRF24L01 untuk komunikasi antar *Gate* tanpa internet. Alat ini dapat membantu atlet dan pelatih dalam menyusun program latihan yang lebih baik. Data dikumpulkan melalui studi literatur dan konsultasi, dilanjutkan dengan perancangan *Hardware* dan *Software*. *Hardware* dirancang dengan dimensi 156x100x100mm dan *Software* menggunakan bahasa C++ untuk Arduino serta MIT App *Inventor* untuk aplikasi. Pengujian menunjukkan rata-rata akurasi pengukuran kecepatan dan akselerasi hingga 99% dengan jangkauan komunikasi hingga 100 meter. Hasil ini menunjukkan potensi sistem untuk meningkatkan pemantauan dan performa atlet secara signifikan.

**Kata Kunci :** Kecepatan, Akselerasi, LoRa, Sensor Fotoelektrik E3JK-R4M1,

Modul NRF24L01.

## **ABSTRACT**

*In athletics, speed is an important aspect. Understanding a runner's speed helps to develop an effective training program. Although many speed measurement systems are available, accuracy and efficiency issues still exist, especially with expensive state-of-the-art tools. Stopwatches are often used, but are prone to human error. This research aims to develop an innovative, accurate, and affordable speed measurement system, with digitized monitoring to improve athlete performance. Existing systems use the Gate system but have shortcomings in accuracy. With the development of technology, sensors are now more sensitive and compact, increasing the potential yield of this research. Previous research has shown the need for improved precision and accuracy. Our system, "Running Speed and Acceleration Measurement System with LoRa Communication System," uses E3JK-R4M1 photoelectric sensor and NRF24L01 module for communication between gates without internet. This tool can help athletes and coaches in developing better training programs. Data is collected through literature studies and consultations, followed by the design of Hardware and Software. The hardware is designed with dimensions 156x100x100mm and the software uses C++ language for Arduino and MIT App Inventor for applications. Tests showed an average speed and acceleration measurement accuracy of up to 99% with a communication range of up to 100 meters. These results demonstrate the potential of the system to significantly improve athlete monitoring and performance.*

**Keywords :** *Speed, Acceleration, LoRa, Photoelectric Sensor E3JK-R4M1, NRF24L01 Module.*

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim Alhamdulillahirabbil alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayahnya sehingga Penulis dapat menyelesaikan proyek akhir serta laporan akhir berjudul “Sistem Pengukuran Kecepatan Lari Dan Akselerasi Dengan Sistem Komunikasi Lora” dengan baik.

Allahumma shalli ala muhammad wa ala ali muhammad, Shalawat teriring salam kepada uswatun hasanah, nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat, dan orang-orang shaleh yang turut memperjuangkan risalah nabi Muhammad SAW, seseorang yang amat sangat Penulis kagumi dan menjadi contoh dalam kehidupan sehari-hari, beliaulah yang menginspirasi penulis untuk senantiasa menuntut ilmu dan berjuang untuk keilmuan sehingga berguna bagi bangsa, nusa, agama, dan masyarakat dunia. Maka dalam kata pengantar karya ilmiah ini, penulis tidak melewatkan nama beliau untuk dimasukkan kedalam tulisan laporan akhir ini. Laporan proyek akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat wajib kelulusan Diploma IV di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dengan adanya laporan proyek akhir ini diharapkan para pembaca dapat memperoleh informasi dari proyek akhir yang dibuat oleh Penulis. Selama melakukan studi sampai dengan pembuatan proyek akhir hingga penyusunan laporan proyek akhir ini, Penulis mendapat banyak pembelajaran, bimbingan, bantuan, dukungan serta motivasi dari berbagai pihak. Sehingga dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T. Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika. Telah memberikan banyak pembelajaran, dukungan, dan motivasi untuk penulis.
3. Bapak Indra Dwisaputra, M.T. selaku Ketua Prodi D-IV Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan dosen pembimbing I

serta Bapak Surojo, M.T sebagai pembimbing II, atas dukungan, kritik dan saran dalam membangun sistem.

4. Ayah, Ibu dan Keluarga terkasih yang tidak henti-hentinya mendoakan dan telah banyak memberikan dukungan penuh secara moril ataupun materil selama melaksanakan studi di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Serta teman-teman dan sahabat terkhusus rekan-rekan di kelas TE B dan TE A yang telah kebersamai perjuangan, banyak membantu dalam prosesi studi penulis di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.



Sungailiat, 5 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 Kecepatan dan Akselerasi.....	4
2.2 Sensor Inframerah .....	6
2.3 Teknologi Komunikasi LoRa (Jarak Jauh) .....	9
2.4 Integrasi Sensor dengan Sistem LoRa.....	11
2.5 MIT App <i>Inventor</i> .....	12
2.6 Software Arduino IDE (Integrated Development Environment) .....	13
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	16
3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	17
3.2 Sistem Kerja Alat.....	17
3.3 Perancangan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> .....	19

3.3.1	Perancangan <i>Hardware</i> Desain <i>Box Gate</i> Utama .....	19
3.3.2	Perancangan <i>Hardware</i> Desain <i>Box Gate</i> 1 – <i>Gate</i> 4.....	20
3.3.3	Perancangan <i>Hardware</i> Desain Reflektor.....	21
3.3.4	Perancangan <i>Hardware</i> .....	22
3.3.5	Perancangan <i>Software</i> .....	25
3.4	Pembuatan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> .....	27
3.4.1	Pembuatan <i>Hardware</i> .....	27
3.4.2	Pembuatan <i>Software</i> .....	29
3.5	Pengujian Alat.....	29
3.6	Pengambilan Data.....	30
3.7	Analisa Data .....	31
3.8	Pembuatan Makalah Proyek Akhir.....	32
BAB IV HASIL DAN PELAKSAAN.....		33
4.1	Bentuk Fisik Alat.....	33
4.4.1	<i>Gate</i> Utama.....	33
4.4.2	<i>Gate</i> 1-4.....	34
4.4.3	Refrektor.....	36
4.2	Pengujian Jarak HC05 .....	37
4.3	Pengujian Sensor Inframerah .....	40
4.4	Pengujian NRF24L01 .....	41
4.4.4	Pengukuran Jarak Dan Waktu Pengiriman NRF24L01 .....	41
4.4.5	Pengukuran Perbandingan Waktu Alat Dengan Waktu <i>Stopwatch</i> .	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA .....		47
LAMPIRAN .....		49

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pengujian Pengukuran HC05 dengan Halangan.....	37
Tabel 4. 2 Pengujian Pengukuran HC05 Tanpa Halangan.....	38
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Inframerah.....	40
Tabel 4. 4 Pengujian NRF24L01 <i>Gate</i> 1 – <i>Gate</i> 4.....	41
Tabel 4. 5 Pengukuran Waktu Pada Program Dengan Waktu Stopwatch .....	44



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor Inframerah.....	8
Gambar 2. 2 Prinsip kerja energi meter LoRa secara umum .....	11
Gambar 2. 3 Aplikasi MIT.....	13
Gambar 2. 4 Tampilan Aplikasi Arduino .....	14
Gambar 3. 1 Diagram Pelaksanaan Proyek Akhir .....	16
Gambar 3. 2 Blok Diagram Utama .....	17
Gambar 3. 3 Blok diagram <i>Gate</i> 1 sampai <i>Gate</i> 4 .....	18
Gambar 3. 4 Desain <i>Box Gate</i> Utama.....	19
Gambar 3. 5 Desain <i>Box Gate</i> 1 – <i>Gate</i> 4 .....	20
Gambar 3. 6 Reflektor .....	21
Gambar 3. 7 Wiring Diagram <i>Gate</i> 1-4.....	22
Gambar 3. 8 Wiring Diagram <i>Gate</i> Utama.....	24
Gambar 3. 9 Desain Aplikasi.....	26
Gambar 3. 10 Proses Pencetakan Box 3D Print.....	28
Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan Gate Utama.....	33
Gambar 4. 2 Hasil Pembuatan <i>Gate</i> 1- <i>Gate</i> 4.....	35
Gambar 4. 3 Hasil Pembuatan Reflektor .....	36
Gambar 4. 4 Ilustrasi Sistem Pengukuran Kecepatan Lari.....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup .....	49
Lampiran 2 Kode Pemograman .....	51
Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian .....	60



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Di dunia olahraga, kecepatan merupakan aspek penting yang berperan utama dalam kesuksesan seorang atlet. Olahraga menjadi kebutuhan jasmani yang harus dipenuhi orang agar dapat tubuh menjadi lebih sehat. Banyak ragam dalam olahraga dan cara melakukannya, dari olahraga ringan sampai berat. Salah satunya dengan berjalan terlihat sederhana namun memiliki pengaruh yang baik pada tubuh (Pasir Pengaraian, 2022). Memahami kecepatan pelari dapat memberikan keuntungan besar dalam merancang program latihan yang efektif dan meningkatkan performa atlet. Saat ini, terdapat banyak sistem pengukuran kecepatan pelari yang tersedia, namun masih ada keterbatasan dalam hal akurasi dan efisiensi. Penggunaan alat canggih untuk monitoring oleh para pelatih atlet masih jarang karena biaya yang mahal. Contoh alat pengukuran yang sering digunakan adalah stopwatch, namun adanya *delay* dalam penekanan tombol *start* dan *stop* dapat mengurangi akurasi. Dengan adanya penelitian ini yang memiliki tujuan mengembangkan sistem pengukuran kecepatan pelari secara akurat, inovatif serta melakukan digitalisasi dalam monitoring pengukurannya dengan biaya yang lebih terjangkau, sehingga dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan performa atlet.

Dalam pembuatan dan pengembangan alat pengukur kecepatan lari atlet yang menggunakan *Gate system*, masih terdapat banyak kekurangan yang memerlukan pembaruan agar tingkat akurasi pengukuran menjadi lebih baik. Perkembangan zaman yang pesat telah menghasilkan alat pengukuran dan sensor yang lebih canggih, baik dari segi sensitivitas maupun ukuran, yang dapat meningkatkan hasil penelitian dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang pernah dilakukan oleh (Herman, 2021), disampaikan bahwa kematangan tingkat presisi dan akurasi prototipe ini sangat diperlukan untuk menghasilkan alat pengukur yang baik bagi atlet, pelatih, dan praktisi olahraga lainnya (Herman et al., 2021). Penelitian yang sedang berlangsung menggunakan listrik dari PLN secara langsung, sehingga

jika terjadi pemadaman listrik, maka alat-alat tersebut akan berhenti beroperasi (Nugraha et al., 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya, terlihat bahwa terdapat beberapa kekurangan dalam pembuatan alat pengukuran kecepatan. Kekurangan ini perlu diperhatikan dan segera diatasi agar dapat membantu pelatih dalam memantau dan meningkatkan performa lari atlet.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperlukan sistem yang mampu mengukur kecepatan lari dengan tingkat akurasi yang lebih baik seperti pada saat atlet telah sampai garis *finish* maka tidak terdapat *delay* dalam jumlah waktu yang didapatkan atlet. Alat ini didukung oleh sistem nirkabel dan penggunaan baterai sebagai power supply, sehingga bisa digunakan secara fleksibel di mana saja. Oleh karena itu, proyek akhir kami yang berjudul "Sistem Pengukuran Kecepatan Lari dan Akselerasi dengan Sistem Komunikasi LoRa" dilengkapi dengan sensor fotoelektrik E3JKR4M1 yang berfungsi sebagai pendeteksi pelari yang melewati gerbang. Penggunaan sensor ini dipilih karena keunggulannya terhadap intensitas cahaya, sehingga cocok digunakan di luar ruangan. Untuk komunikasi antar *Gate* digunakan modul NRF24L01 karena tidak memerlukan internet, sehingga penggunaan di tempat dengan kualitas internet yang buruk tidak akan terpengaruh. Alat ini diharapkan dapat membantu para atlet lari dalam menyusun program latihan, sehingga dapat memajukan olahraga nasional.

## **1.2 Perumusan Masalah**

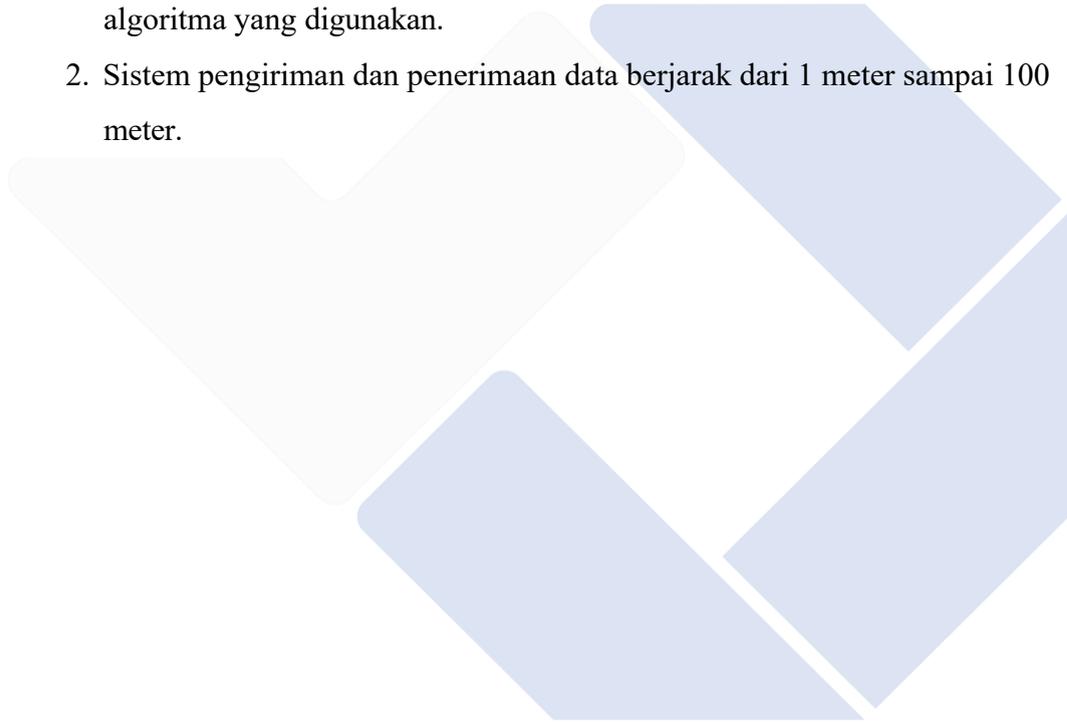
1. Bagaimana cara membuat serta mendesain sistem pengukuran yang mampu mendeteksi kecepatan lari dan percepatan dengan tingkat akurasi tinggi menggunakan teknologi komunikasi LoRa?
2. Bagaimana cara menguji pengiriman dan penerimaan data dengan menggunakan teknologi LoRa?
3. Bagaimana cara membuat aplikasi untuk mengukur dan menampilkan kecepatan lari?

### **1.3 Tujuan Proyek Akhir**

1. Merancang dan membuat alat untuk mengukur kecepatan lari.
2. Menguji pengiriman data dengan menggunakan komunikasi LoRa.
3. Mengembangkan aplikasi untuk monitoring pengukuran kecepatan lari.

### **1.4 Batasan Masalah**

1. Sistem ini mungkin memiliki batasan dalam hal ketepatan pengukuran kecepatan dan percepatan, yang dipengaruhi oleh kualitas sensor dan algoritma yang digunakan.
2. Sistem pengiriman dan penerimaan data berjarak dari 1 meter sampai 100 meter.



## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Kecepatan dan Akselerasi

Kecepatan merupakan proses berpindah dari tempat awal menuju ketempat lain dalam selang waktu yang sangat singkat. Dalam penelitiannya menurut (Widiastuti, 2020) kecepatan merupakan kemampuan untuk berpindah dari lokasi awal ke lokasi lain dalam waktu yang sesingkat mungkin. Kecepatan dapat bersifat lokomotor, dengan gerakan siklik yang dilakukan berulang kali seperti dalam lari, atau melibatkan gerakan bagian tubuh, seperti pukulan. Kecepatan penuh atau maksimal, lari sprint 100 meter menunjukkan kemampuan menggerakkan posisi tubuh untuk berpindah dengan cepat. Untuk mencapai kecepatan maksimal dalam lari, penting untuk memperhatikan beberapa hal: tubuh dicondong ke arah depan, lalu langkah kaki lebih panjang, ayunan tangan sinkron dengan gerakan kaki, dan gerakan lengan harus disesuaikan, dengan kepala tangan yang rileks. Bertujuan agar mendapatkan kecepatan maksimal hingga garis *finish* (Pramdhan dan Aulia, 2018).

Rumus dasar untuk menghitung kecepatan adalah:

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Waktu}} = m/s \quad (2.1)$$

$$\text{Percepatan} = \frac{\text{kecepatan2} - \text{kecepatan1}}{\text{waktu tempuh}} = m/s^2 \quad (2.2)$$

Di mana:

- **Kecepatan:** adalah laju pergerakan suatu objek.
- **Jarak:** adalah seberapa jauh objek tersebut bergerak.
- **Waktu:** adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut.
- **Percepatan:** adalah perubahan kecepatan yang terjadi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Andibowo Teguh pada tahun 2024 dengan judul “Pengaruh Program Pelatihan Kecepatan terhadap akselerasi dan

kecepatan maksimum”, dijelaskan tentang dampak dari pelatihan kecepatan terhadap akselerasi dan kecepatan maksimum untuk pemain sepak bola. Tujuan pelatihan ini untuk menganalisis:

1. Pengaruh pelatihan kecepatan terhadap peningkatan dari akselerasi pemain sepak bola.
2. Pengaruh pelatihan kecepatan terhadap peningkatan dari kecepatan maksimum pemain sepak bola.
3. Perbedaan pengaruh pelatihan kecepatan terhadap peningkatan dari akselerasi serta kecepatan maksimum pemain sepak bola.

Penelitian ini memfokuskan pada kajian dampak program pelatihan kecepatan terhadap peningkatan akselerasi sebagai komponen penting dalam olahraga sepak bola yang harus dikembangkan melalui program pelatihan yang efektif. Metode eksperimen semu dengan *nonequivalent control group design* digunakan dalam penelitian ini. Sampel penelitian merupakan 22 atlet sepak bola dari SBB Safo Jomblo. Data dikumpulkan melalui tes lari dengan jarak 15 meter untuk mengukur akselerasi dan tes lari dengan jarak 30 meter untuk mengukur kecepatan maksimum, baik saat *pretest* maupun *posttest*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa program pelatihan kecepatan secara signifikan meningkatkan kecepatan maksimum pemain sepak bola. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa:

1. Program pelatihan kecepatan memiliki pengaruh signifikan terhadap akselerasi pemain sepak bola.
2. Program pelatihan kecepatan memiliki pengaruh signifikan terhadap terjadinya peningkatan kecepatan maksimum pada pemain sepak bola
3. Terdapat perbedaan terhadap pengaruh program pelatihan kecepatan terhadap terjadinya peningkatan akselerasi dan kecepatan maksimum pemain sepak bola.

Berdasarkan analisis data, disimpulkan bahwa terdapat peningkatan akselerasi dan kecepatan maksimum pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol setelah diberikan pelatihan kecepatan. (Andibowo, 2024).

Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Ilham Muhammad Siddiq (2021). Dalam penelitiannya yang berjudul “Tingkat Akselerasi pemain yang

tergabung dalam ekstrakurikuler sepak bola di MAN 3 Kabupaten Ciamis”, ia membahas pengaruh yang terjadi pada program pelatihan kecepatan terhadap akselerasi serta kecepatan maksimum pemain sepak bola. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis:

1. Pengaruh pelatihan kecepatan terhadap peningkatan akselerasi
2. Pengaruh pelatihan kecepatan terhadap peningkatan yang terjadi pada kecepatan maksimum.
3. Perbedaan pengaruh pelatihan kecepatan terhadap peningkatan yang terjadi pada akselerasi serta kecepatan maksimum pada pemain sepak bola.

Penelitian ini menyoroti pentingnya komponen kondisi fisik kecepatan dalam olahraga sepak bola, terutama akselerasi dan kecepatan maksimum. Kecepatan adalah salah satu komponen penting dalam permainan sepak bola, sehingga diperlukan program pelatihan yang efektif untuk meningkatkan akselerasi dan kecepatan maksimum pemain (Sidiq et al., 2021).

Berdasarkan dua penelitian mengenai akselerasi dan kecepatan yang berkaitan dengan proyek akhir yang sedang dikerjakan, penelitian pertama lebih relevan. Penelitian pertama menunjukkan kesamaan dengan proyek akhir, yaitu kebutuhan akan sistem yang dapat mengukur kecepatan lari dengan akurasi tinggi. Alat ini juga didukung oleh sistem nirkabel dan baterai yang fleksibel, serta dilengkapi dengan sensor fotoelektrik E3JKR4M1 yang mendeteksi pelari saat melewati gerbang. Penggunaan sensor ini disebabkan oleh keunggulannya dalam mendeteksi dengan intensitas cahaya yang tinggi, sehingga bisa digunakan di luar ruangan.

## **2.2 Sensor Inframerah**

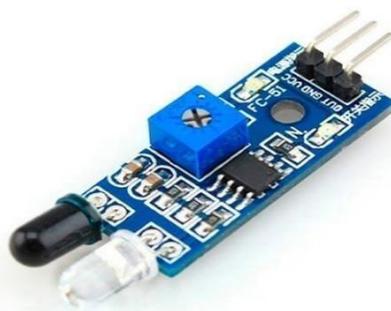
Sensor inframerah adalah alat bantu yang dirancang oleh peneliti untuk mengukur kelincahan. Dilihat dari efektivitasnya, alat ukur ini memiliki penilaian yang baik karena dapat langsung merekam data yang terlihat pada monitor. Dari segi efisiensi waktu, tenaga, dan biaya, alat ini lebih menguntungkan karena hasilnya yang valid dan biayanya yang cukup terjangkau. Selain itu, sensor

inframerah dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan, bisa digunakan di dalam dan bisa di luar ruangan, tanpa mengurangi akurasi pengukuran. Kelebihan lainnya adalah kemampuan untuk melakukan pengukuran secara kontinu dan *real-time*, memungkinkan pengguna mendapatkan data langsung tanpa perlu menunggu proses pengolahan data. Dengan semua keunggulan ini, sensor inframerah menjadi pilihan yang sangat efisien dan efektif untuk pengukuran kelincahan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Lamsyah Abdil Hafiz berjudul “Penerapan Sensor Inframerah dalam Memberikan Instruksi Terhadap Gerbang Logika Pada Palang Pintu Otomatis,” jurnal ini mengkaji penggunaan sensor inframerah untuk mengirim instruksi ke gerbang logika pada palang pintu otomatis. Sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi objek dan memberikan perintah kepada IC gerbang logika agar bisa membuka dan menutup palang parkir secara otomatis. Analisis dilakukan terhadap jarak objek ke sensor, tekstur warna, jenis objek, dan cara inputnya diberikan ke IC gerbang logika. Penelitian ini juga membahas definisi parkir dan satuan ruang parkir, fungsi dan kecepatan palang pintu parkir, pengertian sensor dan berbagai jenis sensor umum, penjelasan tentang inframerah dan sejarahnya, serta pengertian gerbang logika. Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini, sensor inframerah diuji coba untuk mengirimkan instruksi menuju gerbang logika di palang pintu secara otomatis. Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa sensor inframerah dapat mendeteksi keberadaan objek dan memberikan input ke gerbang logika pada sistem palang pintu otomatis. Parameter yang dianalisis mencakup jarak objek, tekstur warna, dan jenis objek untuk melihat bagaimana sensor inframerah memberikan instruksi ke gerbang logika. Sistem ini mampu membuka lalu menutup palang parkir dengan sistem otomatis berdasarkan input dari sensor inframerah (Hafiz, 2022).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rifki Abdul Aziz mengenai keran wudhu otomatis dengan sensor inframerah dibahas mengenai penggunaan air dalam berwudhu yang sering kali melebihi kebutuhan dan menjadi salah satu indikator pemborosan air. Masalah ini timbul karena keran air seringkali dibiarkan terbuka dengan aliran maksimal atau tidak ditutup dengan baik setelah digunakan. Kelangkaan air bersih saat ini menjadi isu global yang memengaruhi hampir 2

miliar orang dan diperkirakan akan semakin parah pada tahun 2025. Pertumbuhan populasi yang pesat berdampak pada penurunan sumber air bersih, sehingga pemborosan air dalam berwudhu menjadi masalah yang perlu diatasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem penghematan air dengan menggunakan sensor inframerah yang berbasis arduino untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan air dalam berwudhu. Metode yang digunakan meliputi pengembangan keran air wudhu otomatis dengan sensor inframerah dan mikrokontroler arduino, serta pengujian perbandingan antara keran air otomatis dan manual sebanyak lima kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keran air wudhu yang telah dibuat otomatis bisa menghemat air hingga 40,04% dibandingkan dengan keran manual, sehingga dapat mengurangi pemborosan air dalam berwudhu. (M. Iman Wahyudi & Rifki Abdul Aziz, 2022). Gambar sensor inframerah dapat dilihat di gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Sensor Inframerah

Sumber: [electronicsbot.blogspot.com/2019/06/module-sensor-inframerah-proximity.html](https://electronicsbot.blogspot.com/2019/06/module-sensor-inframerah-proximity.html)

Berdasarkan kedua penelitian yang telah dibahas, keduanya menyoroti bahwa sensor inframerah memiliki kemampuan yang sama karena sensor ini dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan, bisa di dalam dan di luar ruangan, tanpa mengurangi akurasi pengukuran. Keunggulan lain dari sensor ini adalah kemampuannya untuk melakukan pengukuran secara kontinu dan *real-time*,

sehingga pengguna bisa mendapatkan data langsung tanpa harus menunggu proses pengolahan data yang memakan waktu.

### 2.3 Teknologi Komunikasi LoRa (Jarak Jauh)

Long Range adalah kepanjangan dari LoRa, merupakan teknologi yang dikembangkan dan dipatenkan oleh Semtech sebagai komunikasi secara offline. Teknologi ini memanfaatkan spektrum penyebaran dengan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), yang sebelumnya umumnya digunakan pada aplikasi militer serta komunikasi yang membutuhkan tingkat keamanan tinggi. LoRa menawarkan jangkauan yang luas dengan konsumsi daya cukup rendah, serta kecepatan data yang terbatas, lalu data transmisi yang aman. Teknologi ini dapat diterapkan dalam jaringan privat, publik, atau hibrida, memungkinkan jangkauan yang lebih luas dibandingkan dengan jaringan seluler. LoRa berguna di berbagai sektor, termasuk pertanian, rumah pintar, industri, transportasi, dan kesehatan. Semtech juga menyediakan perangkat keras berupa *Gateway* dan *transceiver* pada LoRa, *Gateway* LoRa memiliki fungsi sebagai penghubung terhadap perangkat sensor serta aplikasi cloud.(Liandana, 2019).

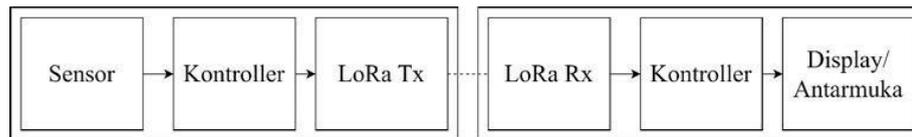
Dalam penelitian Arifah Ramadhani (2021). Dibahas desain sistem stasiun cuaca yang memanfaatkan teknologi komunikasi LoRa (*Long Range*) berbasis *Internet of Things*. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi cuaca secara *real-time*, mencakup intensitas cahaya, suhu, kelembaban, curah hujan, arah angin, tekanan udara, dan kecepatan angin. Data yang diambil dari sensor pada *node-node* dikirim ke *Gateway* menggunakan komunikasi LoRa, dan *Gateway* kemudian mengirimkan data tersebut ke server IoT untuk pemantauan. LoRa dipilih karena jangkauan transmisi yang luas dan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya ideal untuk aplikasi stasiun cuaca. Topologi jaringan yang diterapkan adalah topologi bintang, di mana *node-node* sensor terhubung langsung ke *Gateway* dalam komunikasi *half-duplex*. Sistem ini terdiri dari dua *node* sensor dan satu *Gateway* LoRa. *Node* pertama mengumpulkan data intensitas cahaya, suhu, kelembaban dan tekanan udara, sementara *node* kedua mengumpulkan data curah hujan, arah angin,

dan kecepatan angin. Data dari *node* dikirim ke *Gateway* melalui LoRa, dan *Gateway* meneruskan data ke server IoT (*Thingspeak*) untuk pemantauan *real-time*. Pengujian jarak dilakukan dalam kondisi *Line of Sight* (LoS) dan *Non-Line of Sight* (NLoS) untuk parameter RSSI, SNR, *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data berhasil dikirim dari *node* ke *Gateway* pada jarak LoS hingga 1 km dan NLoS hingga 500 m. Data yang diterima oleh *Gateway* berhasil dipantau secara *real-time* melalui platform *Thingspeak*, yang membuktikan bahwa komunikasi LoRa efektif untuk kebutuhan sistem stasiun cuaca dalam pemantauan cuaca secara *real-time* (Ramadhani et al., 2021).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Abdillah pada tahun 2021, teknologi LoRa memiliki keunggulan dalam transmisi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, mirip dengan jaringan selular, dan cocok untuk perangkat sensor yang mengandalkan baterai. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja LoRa di area pedesaan di Indonesia. Uji coba dilakukan pada frekuensi 923 MHz dengan antena omni 2 dBi, daya transmisi 20 dBm, dan *coding rate* 4/5. Parameter yang diukur meliputi RSSI (*Received Signal Strength Indication*), *delay*, dan *packet loss*, dengan pengujian jarak 4000 m dan *spreading factor* (SF) dari SF7 hingga SF11. Metodologi yang digunakan mencakup rangkaian *Node Client* dan *Node Server*. Pengujian berlangsung di Desa Pulau Gambar, Kecamatan Serbajadi, Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi LoS (*Line of Sight*) dan NLoS (*Non Line of Sight*) sangat mempengaruhi nilai RSSI dan *packet loss*. Penggunaan *spreading factor* yang tinggi dapat mengurangi *packet loss* dan meningkatkan jarak jangkauan, meskipun dalam kondisi NLoS. Meskipun penambahan pada nilai *spreading factor* memperpanjang waktu pengiriman serta waktu penerimaan data, teknologi LoRa terbukti efektif di Desa Pulau Gambar, hampir mencakupi seluruh wilayah di desa (Abdillah et al., 2021).

Dapat disimpulkan dari dua penelitian yang telah dibahas bahwa teknologi komunikasi LoRa diterapkan dalam pemantauan cuaca secara *real-time* berfungsi dengan baik dan berhasil mengirimkan secara akurat untuk pemantauan cuaca yang dibutuhkan oleh stasiun pemantau cuaca. Berdasarkan analisis dari studi pustaka

secara umum diatas, terkait sistem pemantauan energi listrik secara nirkabel menggunakan protokol komunikasi LoRa dijelaskan dalam konsep blok diagram sederhana seperti gambar 2.2 yang ada di bawah ini.



Gambar 2. 2 Prinsip kerja energi meter LoRa secara umum

Gambar 2.2 menjelaskan prinsip kerja dari transmisi data energi menggunakan komunikasi LoRa. Prosesnya dimulai dengan membaca nilai energi melalui sensor energi meter. Data yang diperoleh dari sensor tersebut kemudian dimasukkan dan diproses oleh kontroler atau mikrokontroler. Selanjutnya, data ditransmisikan menggunakan modul LoRa, dengan LoRa Tx sebagai pengirim dan LoRa Rx sebagai penerima. Setelah data energi diterima oleh node penerima, data tersebut disimpan dalam kontroler atau mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut dan ditampilkan pada display atau antarmuka. Sub-bab berikutnya akan membahas bagian-bagian dari blok diagram yang terdapat dalam gambar 2.2, yang mencakup sensor, kontroler, transmisi nirkabel, dan tampilan antarmuka.

#### 2.4 Integrasi Sensor dengan Sistem LoRa

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Imam Fahrudi (2023) dengan judul “Pengujian Komunikasi Perangkat Lora untuk Pengiriman Data Detak Jantung Menggunakan Topologi Point to Point Berbasis LoraWAN,” dibahas mengenai penerapan protokol LoraWAN untuk mengirimkan data sensor berupa rekaman dari detak jantung secara *point to point*. Penelitian ini memanfaatkan keunggulan jaringan LoraWAN yang memiliki jangkauan luas dan konsumsi daya rendah, sehingga cocok digunakan dalam sistem telemedis di daerah yang sulit dijangkau untuk akses ke fasilitas kesehatan.(Fahrudi et al., 2022).

Pengiriman data rekaman detak jantung dari sensor yang terhubung dan terintegrasi dengan sistem telemedis dilakukan secara berkala. Data yang diterima oleh LoraWAN *Gateway* akan diteruskan ke *server*. Sistem telemedis ini meliputi sensor EKG, arduino dengan jaringan LoRa, satu LoraWAN *Gateway*, dan *server* yang terintegrasi dengan pusat data berbasis web dan aplikasi Android. Sistem ini menggunakan protokol LoraWAN untuk komunikasi data sensor secara *point-to-point*. Implementasi sistem telemedis melibatkan komponen-komponen yang disebutkan di atas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konektivitas antara tiga titik sensor dari berbagai lokasi mampu mengirimkan data sensor dengan baik dalam jarak terbatas kurang dari satu kilometer. Penelitian ini membahas implementasi sistem telemedis berbasis protokol LoraWAN untuk pengiriman data detak jantung secara *point-to-point*, dengan tujuan mempermudah akses kesehatan di daerah yang sulit dijangkau. Selain itu, penelitian ini juga menjelaskan cara sensor terhubung dengan modul LoRa untuk transmisi data.

## **2.5 MIT App Inventor**

MIT App *Inventor* adalah sebuah *platform* untuk membuat aplikasi sederhana tanpa perlu mempelajari atau menggunakan banyak bahasa pemrograman. Pengguna bisa merancang aplikasi Android sesuai keinginan mereka dengan memanfaatkan berbagai layout dan komponen yang tersedia.(Edriati et al., 2021). App *Discovery* adalah alat pembuatan aplikasi Android yang didasarkan pada pemblokiran video dan memungkinkan pengguna membuat aplikasi tanpa memerlukan pengkodean. Pemrograman blok berarti pengguna melihat, memanipulasi, mengatur, dan menyeret serta melepaskan “blok”. Ini adalah simbol dan fungsi spesifik yang digunakan pemrogram saat membuat program dan hanya dapat dipanggil tanpa menulis kode program. Program pengembangan perangkat lunak ini merupakan program Google dan saat ini dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology*.

Mit App *Invertor* adalah alat *startup* perangkat lunak gambar memblokir gambar karena mereka menerimanya pengguna dapat menggunakan, melihat dan

mengedit dan seret dan lepas garis bukti hukum desain dan konstruksi Sistem dapat menjalankan aplikasi seluler *androidRephrase*.

Dalam penelitian menurut (Sura Menda Ginting et al., 2022). Program MIT adalah program ini dirancang khusus untuk ponsel dan juga digunakan dalam pembelajaran aktif dibangun, mempunyai wewenang dan program ini mengajak siswa untuk belajar memecahkan masalah bersama informasi yang menciptakan dan membangun menerapkan apa yang dia pelajari. Dalam penelitiannya memiliki tujuan untuk menguji media pembelajaran yang dikembangkan dan mengetahui respons siswa terhadap media pembelajaran tersebut. Gambar di bawah ini merupakan tampilan dari aplikasi MIT yang akan dibuat:



Gambar 2. 3 Aplikasi MIT

## 2.6 Software Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk merancang logika pemrograman terintegrasi pada berbagai perangkat keras. Dengan Arduino IDE, Anda dapat menulis program, mengompilasinya menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam Arduino IDE adalah

bahasa C, yang memungkinkan pembuatan logika untuk input dan output (Rohman et al., 2021). Pemrograman menggunakan Arduino IDE menjadi lebih sederhana berkat banyaknya pustaka yang tersedia. Program Arduino IDE terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

1. Editor perangkat lunak digunakan untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa pemrograman yang sedang diproses. Program dalam Arduino disebut sketsa.
2. Compiler berfungsi untuk mengubah kode program (bahasa pemrograman) menjadi kode biner, karena kode biner adalah bahasa yang dimengerti oleh mikrokontroler.
3. Loader bertugas memuat kode biner ke dalam memori mikrokontroler.

Program yang dibuat dengan Arduino IDE disebut sketsa. Sketsa ditulis dalam editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi tertentu. Struktur kendali Arduino umumnya terdiri dari dua bagian utama yakni *loop* dan *setup*. *Loop* kosong berisi perintah yang dijalankan hanya sekali setelah Arduino dinyalakan.



Gambar 2. 4 Tampilan Aplikasi Arduino

Arduino merupakan program IDE (*Integrated Development Environment*) yang memungkinkan Anda mengembangkan aplikasi mikrokontroler dengan mudah, mulai dari penulisan program, kompilasi, hingga pengujian hasil kompilasi melalui terminal (Andrianto, 2019).

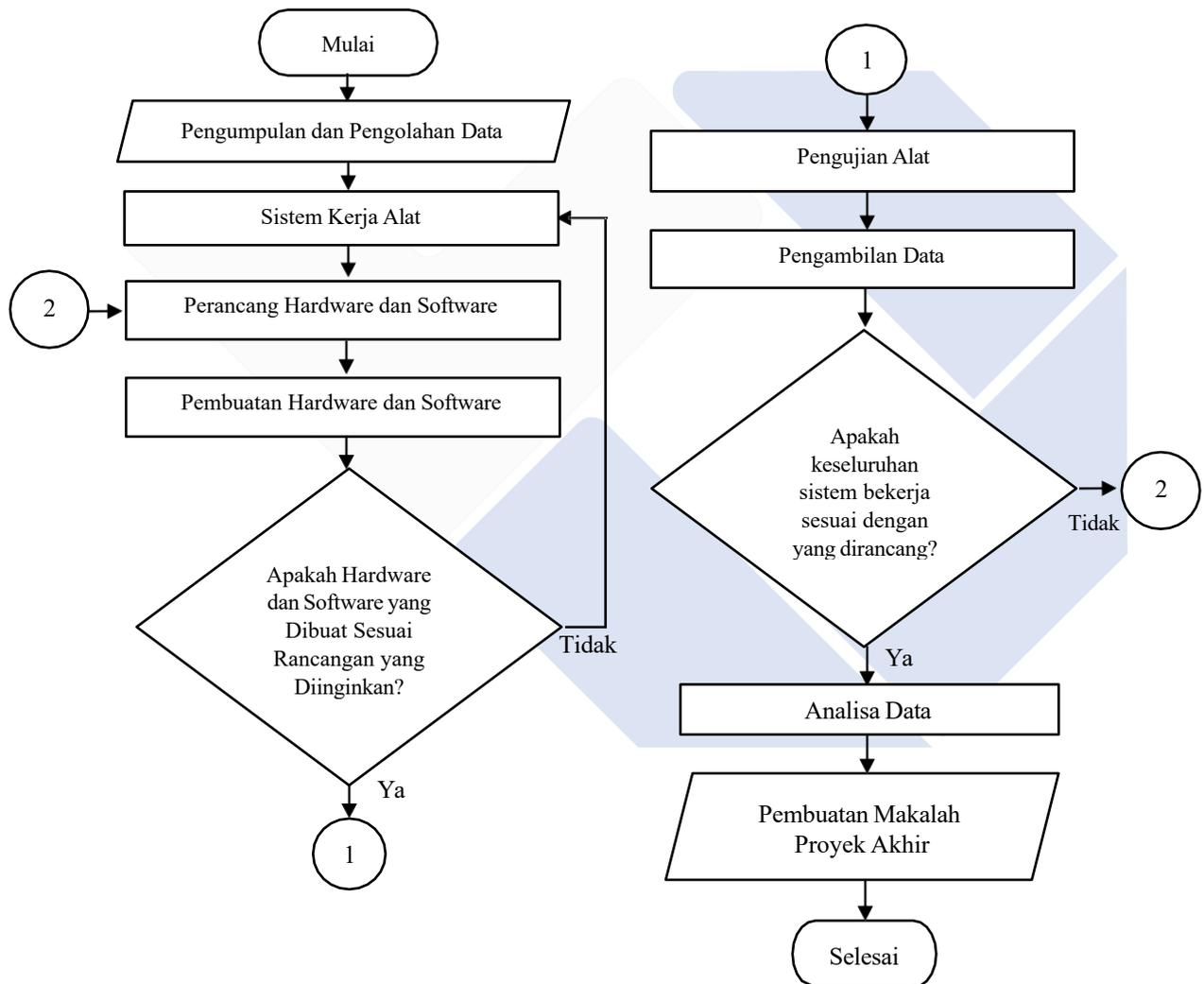
Di aplikasi arduino inilah dapat diatur segala tuntutan yang harus dilakukan. Dalam hal ini *Software* Arduino IDE menyimpan segala jenis program yang dibutuhkan dalam pengerjaan, karena *Software* Arduino IDE ini merupakan satu satunya aplikasi yang tersedia untuk membuat program tersebut. Hal ini dapat di atur di *Library Software* Arduino IDE itu sendiri untuk menginstall *library* yang diperlukan untuk kebutuhan program



### BAB III

#### METODE PELAKSANAAN

Tahapan pelaksanaan yang dilakukan pada pembuatan proyek akhir ini dapat dijelaskan melalui flowchart untuk mempermudah dalam proses pembuatan proyek akhir yang berjudul “Sistem Pengukuran Kecepatan Lari Dan Akselerasi Dengan Sistem Komunikasi Lora”, berikut :



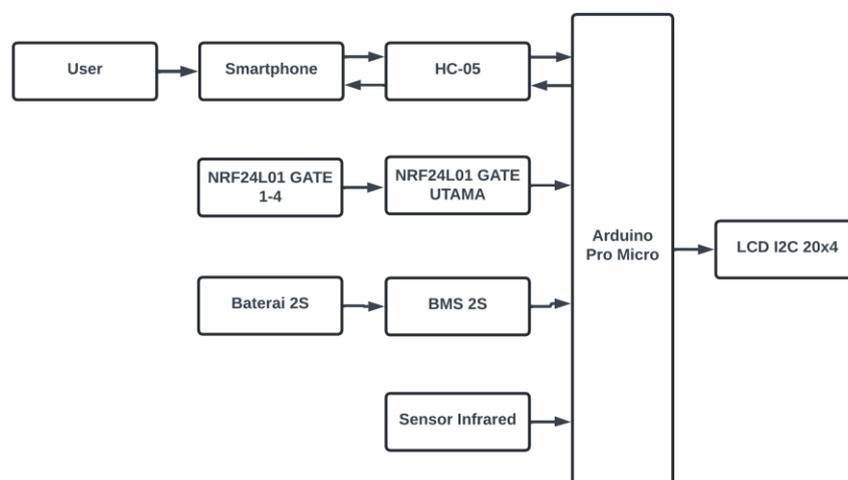
Gambar 3. 1 Diagram Pelaksanaan Proyek Akhir

### 3.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur yang berkaitan dengan proyek akhir yang akan dibuat. Dalam melakukannya, akan diperoleh suatu informasi yang berkaitan dengan proyek akhir yang akan dibuat dan sebagai referensi dalam proses pembuatan maupun penulisan. Penulis akan menggunakan beberapa cara dalam mengumpulkan data. Pertama yaitu pengumpulan melalui jurnal-jurnal yang berkaitan dengan judul proyek akhir dan yang kedua yaitu pengumpulan data melalui konsultasi dengan pembimbing mengenai proyek akhir yang akan dibuat. Setelah data yang diperlukan terkumpul, langkah selanjutnya adalah merancang perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dibuat.

### 3.2 Sistem Kerja Alat

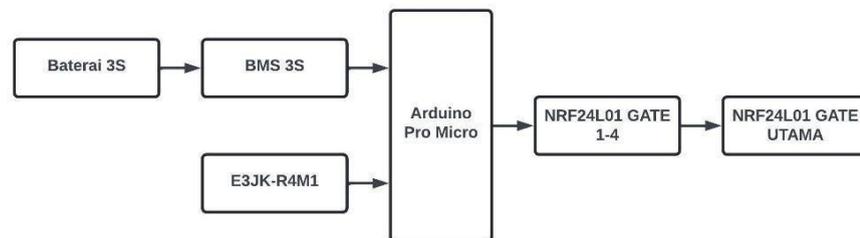
Berikut Gambar 3.2 merupakan blok diagram pada *Gate* utama yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan awal atau sebagai pemulai untuk alat ini menjalankan sistemnya.



Gambar 3. 2 Blok Diagram Utama

Pada gambar 3.2 terdapat komponen berupa modul HC-05, modul NRF24L01 *Gate* utama, modul BMS 2S, dan sensor inframerah merupakan inputan, arduino pro micro sebagai proses, lalu LCD I2C 20x4 menjadi output. user, smartphone, modul NRF24L01 *Gate* 1-4 baterai 2S tidak termasuk input dikarenakan proses data pada *smartphone* akan diproses pada modul HC-05, NRF *Gate* 1-4 berfungsi sebagai *transmitter* yang akan mengirimkan data ke NRF *Gate* utama yang berfungsi sebagai *reciver* terlebih dahulu, barulah data akan diproses dan masuk ke arduino pro micro. Baterai 2S merupakan power supply alat pada *Gate* utama yang terhubung dengan BMS 2S untuk menstabilkan baterai 2S dan juga berguna untuk pengecasan baterai 2S.

Gambar 3.3 dibawah ini adalah blok diagram pada *Gate* 1 sampai dengan *Gate* 4 yang akan mengirimkan data sebagai indikasi bahwa pelari sudah melewati jarak yang ditentukan pada setiap *Gate*.



Gambar 3. 3 Blok diagram *Gate* 1 sampai *Gate* 4

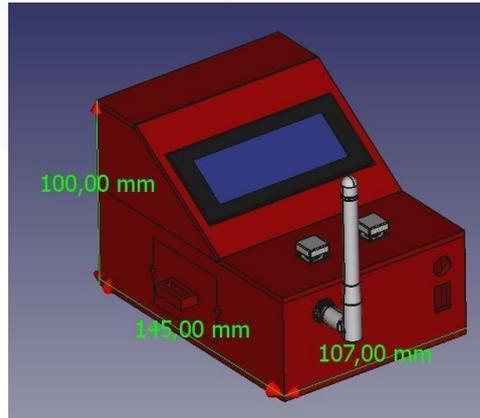
Pada gambar 3.3 terdapat kompoen berupa modul BMS 3S, dan sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 menjadi input, arduino pro micro menjadi proses, dan modul NRF24L01 *Gate* 1-4. Baterai 3S menjadi power supply untuk *Gate* 1-4 dikarenakan tegangan kerja dari sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 12Volt DC. NRF *Gate* 1-4 berfungsi sebagai *transmitter* dan ngirimkan data ke NRF *Gate* utama.

### 3.3 Perancangan *Hardware* dan *Software*

Pada tahap ini, penulis akan melakukan tahapan perancangan *Hardware* dan *Software*. Perancangan *Hardware* memiliki fungsi sebagai penentu bentuk fisik suatu *Hardware* yang akan dirancang dan penempatan masing-masing komponen pada proyek akhir tersebut. Pada tahapan perancangan *Software*, penulis akan menentukan dan mengembangkan sistem perangkat lunak yang akan digunakan, termasuk arsitektur, algoritma, dan antarmuka pengguna, sehingga perangkat keras yang telah dirancang dapat berfungsi dengan optimal sesuai dengan kebutuhan proyek akhir.

#### 3.3.1 Perancangan *Hardware* Desain *Box Gate* Utama

Perancangan *Hardware* di bawah ini merupakan perancangan desain 3D dari *box Gate* utama yang akan dibuat. Gambar perancangan desain 3D sebagai berikut:



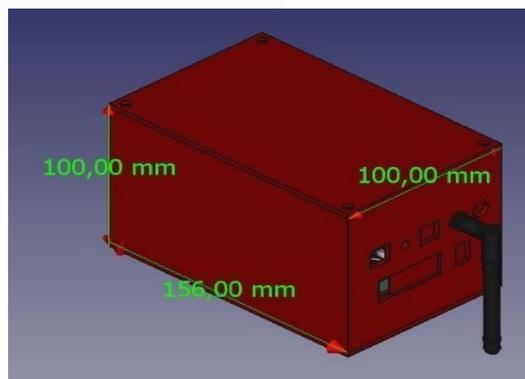
Gambar 3. 4 Desain *Box Gate* Utama

Pada gambar 3.4 diatas memperlihatkan desain *Box Gate* utama tampak luar, menunjukkan tampak dimensi dari *Gate* utama yang akan dibuat yaitu panjang 145 mm, lebar 107 mm, tinggi 100 mm dan berisi komponen yakni LCD I2C 20x4, *push button*, modul NRF24L01, saklar, jack female.

Penggunaan komponen-komponen di atas dipilih berdasarkan fungsionalitas yang dibutuhkan dalam proyek. LCD I2C 20x4 untuk tampilan waktu, *push button* untuk memulai ulang program ketika terjadi eror dan memulai perhitungan waktu manual, modul NRF24L01 untuk komunikasi nirkabel, saklar sebagai kontrol hidup dan mati daya dan jack female sebagai konektor pengecasan, serta arduino pro micro sebagai otak dari sistem lalu modul BMS 2S berfungsi sebagai manajemen baterai. Kombinasi ini memungkinkan pembuatan perangkat yang fungsional dan dapat diandalkan sesuai kebutuhan proyek.

### 3.3.2 Perancangan *Hardware* Desain *Box Gate 1 – Gate 4*

Perancangan *Hardware* dibawah ini merupakan perancangan desain 3D dari *box Gate 1-4*, pembuatan desain hanya 1 saja dikarenakan penggunaan komponen sama. Jadi desain ini akan dicetak sebanyak 4 kali.



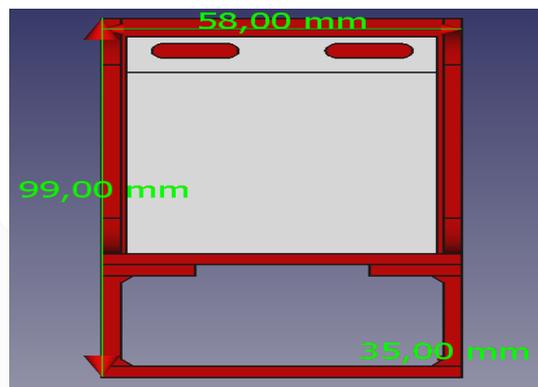
Gambar 3. 5 Desain *Box Gate 1 – Gate 4*

Pada Gambar 3.5 Gambar menunjukkan tampak luar dari alat yang akan dibuat serta dimensinya, dengan panjang 156 mm, lebar 100 mm, tinggi 100 mm. Alat ini akan berisi komponen-komponen seperti, modul NRF24L01, modul BMS 3S, modul Stepdown LM2596, sensor fotoelektrik E3JK-R4M1, arduino pro micro dan komponen pendukung lainnya. Ukuran pada desain ini sudah disesuaikan dengan dan dibuat seminimalis mungkin agar menghemat penggunaan bahan 3D dan proses

pencetakan tidak memakan waktu lama, hal ini dapat menghemat pengeluaran untuk pembuatan alat.

### 3.3.3 Perancangan *Hardware* Desain Reflektor

Perancangan hardware dibawah ini merupakan perancangan desain 3D dari reflektor, desain dibuat hanya 1 namun sama halnya dengan desain *Gate* 1-4, desain ini akan dicetak sebanyak 4 kali.

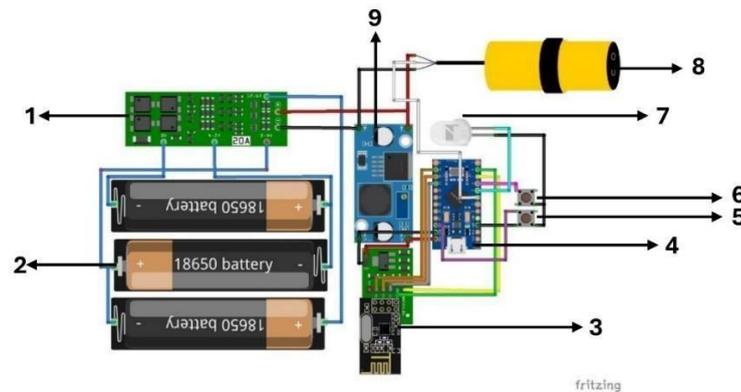


Gambar 3. 6 Reflektor

Pada gambar 3.6, desain reflektor memiliki dimensi yakni panjang 35 mm, lebar 58 mm, tinggi 99 mm, dimensi ini sudah disesuaikan dengan letak sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 pada *Gate* 1-4 bertujuan untuk mempermudah waktu penyetingan saat alat ingin digunakan. Reflektor berfungsi sebagai pemantul sinar yang dipancarkan dari sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 ketika tidak ada halangan diantara alat tersebut hal inilah yang menjadi indikator bahwa alat sedang mendeteksi pelari ataupun tidak. Dengan desain yang minimalis membuat penggunaan bahan pencetakan 3D tidak banyak dan dapat menghemat waktu serta biaya pengeluaran.

### 3.3.4 Perancangan *Hardware*

Tahap selanjutnya yakni perancangan *hardware* berupa wiring diagram alat dari proses pengerjaan proyek akhir. Untuk gambar wiring diagram dari *Gate* 1-4 dapat dilihat pada gambar 3.7



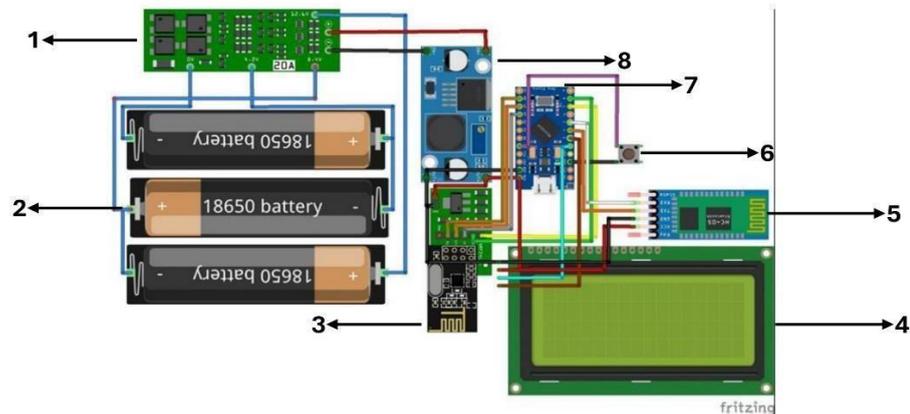
Gambar 3. 7 Wiring Diagram *Gate* 1-4

Gambar 3.7 merupakan gambar wiring diagram *Gate* 1-4, terdapat beberapa komponen yaitu:

1. Modul BMS 3S berfungsi sebagai penstabil tegangan dan pengecasan baterai, penggunaan modul BMS 3S dikarenakan power input yang digunakan yaitu baterai 18650 yang berjumlah 3S.
2. Baterai 18650 3S berfungsi sebagai power supply alat pada *Gate* 1-4, baterai yang digunakan berjumlah tiga buah masing-masing tegangan yang dihasilkan baterai adalah minimal 3,7 volt dan maksimal 4,2 volt kemudian ketiga baterai tersebut diseri sehingga menghasilkan tegangan keluaran sebesar 11,1-12,6 volt. Dengan kisaran tegangan tersebut maka tegangan kerja dari sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 terpenuhi yaitu 12 volt.
3. Modul NRF24L01 berfungsi sebagai *transmitter* untuk mengirimkan data, penggunaan modul agar pengiriman data tidak perlu menggunakan internet serta jarak pengiriman yang begitu luas dan komunikasi bisa lebih dari satu modul sehingga menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan pada alat ini.

4. Arduino pro micro berfungsi sebagai pengolahan data serta kontrol alat, desain kontrol yang minimalis dan memiliki pin I/O yang mencukupi menjadi faktor utama pemilihan mikrokontroler ini.
5. *Push button* 12x12 mm berfungsi sebagai *reset*, dikarenakan pada mikrokontroler arduino pro micro tidak terdapat *button reset* bawaan (*internal*) maka penggunaan *button reset* buatan (*external*) untuk memudahkan ketika terjadi eror pada alat waktu saat proses pemrograman.
6. *Push button* 12x12 mm pengiriman data ketika tidak menggunakan sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 untuk pengambilan data, dengan adanya *button* tambahan ini maka pengambilan data alat tidak memakan waktu yang begitu lama.
7. LED berfungsi sebagai indikator tambahan sensor fotoelektrik E3JK-R4M1, LED merah pada sensor tidak begitu terlihat jika digunakan pada siang hari, dengan adanya tambahan ini dapat membantu melihat jika alat tidak mengirimkan data sedangkan sensor sudah mendeteksi pelari melewati sensor, dapat dikatakan bahwa sensor ataupun pengiriman data gagal.
8. Sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 berfungsi sebagai pendeteksi pelari ketika sudah ataupun belum melewati *Gate* 1-4, sensor fotoelektrik memiliki keunggulan yang lebih dibandingkan dengan penggunaan sensor ultrasonik dan sensor inframerah yang pernah digunakan dalam sistem pengukuran kecepatan dengan sistem *Gate*. Pembacaan sensor pada siang hari sangat bagus dapat diartikan bahwa cahaya matahari tidak berpengaruh pada penggunaan dan kerja sensor.
9. Stepdown berfungsi sebagai penurun tegangan inputan ke arduino pro micro, hal ini dibutuhkan karena tegangan power supply dari baterai berkisaran 11,1-12,6 volt. Untuk tegangan kerja 12 volt hanya ada pada sensor fotoelektrik E3JK-R4M1, sedangkan pada komponen lain membutuhkan tegangan kerja 5 volt sehingga tegangan tersebut perlu diturunkan agar tidak merusak komponen yang lain.

Untuk gambar wiring diagram *Gate* utama dapat dilihat pada gambar 3.8 di bawah ini :



Gambar 3. 8 Wiring Diagram *Gate* Utama

Gambar 3.8 merupakan gambar wiring diagram *Gate* 1-4, terdapat beberapa komponen yaitu:

1. Modul BMS 2S berfungsi sebagai penstabil tegangan dan pengecasan baterai, dikarenakan pada *Gate* utama penggunaan baterai 18650 hanya 2S maka modul BMS yang digunakan hanya 2S.
2. Baterai 2S berfungsi sebagai power supply alat, ada dua buah baterai 18650 yang digunakan dan dihubungkan seri sehingga output yang dihasilkan sebesar 7,4-8,4 volt, dikarenakan tegangan ini hanya dibutuhkan untuk komponen yang tidak perlu tegangan kerja 12 volt maka tidak membutuhkan baterai 3S.
3. Modul NRF24L01 berfungsi sebagai *reciver* untuk menerima data, modul ini dapat menerima banyak data yang dikirimkan oleh modul NRF bahkan lebih dari satu modul serta jangkauan yang jauh menjadikan modul ini digunakan.
4. LCD I2C 20x4 menampilkan tampilan yang telah diatur dalam program, penggunaan LCD ini dikarenakan sudah terdapat modul I2C sehingga sambungan kabel dari LCD ke mikrokontroler hanya membutuhkan empat

kabel saja yaitu VCC, GND, SDA, SCL, dengan ukuran 20x4 membuat tampilan layar luas dan dapat menampilkan waktu dari setiap *Gate* 1-4 yang telah dilewati pelari.

5. Modul HC-05 berfungsi sebagai komunikasi antara alat dengan *smartphone*, modul dengan desain yang minimalis sehingga menghemat tempat sehingga membuat desain alat tidak terlalu besar dan membantu komunikasi antara alat dengan *smartphone* tanpa menggunakan internet, sehingga terhambatnya pengiriman data dengan faktor sinyal dapat dihindari, jarak pengiriman yang cukup jauh juga menjadi keunggulan dari modul ini.
6. *Push button* berfungsi sebagai *reset* alat, pada mikrokontroler arduino pro micro tidak terdapat *button reset* bawaan (*internal*) sehingga perlu dibuatkan (*external*) agar memudahkan jika terjadi eror pada alat.
7. Arduino pro micro berfungsi sebagai pengolahan data serta kontrol alat, desain dan bentuk yang minimalis namun mempunyai pin I/O yang mencukupi menjadi pemilihan untuk mikrokontroler ini.
8. Stepdown berfungsi sebagai penurun tegangan inputan ke arduino pro micro, dikarenakan tegangan power yaitu 7,4-8,4 volt maka perlu diturunkan menjadi 5 volt agar arduino pro micro dan komponen yang lain dapat bertahan lebih lama dibandingkan dengan memasukan power input yang melebihi 5 volt karena rentan terjadi kerusakan.

### 3.3.5 Perancangan *Software*

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan software berupa aplikasi yang akan digunakan sebagai monitoring alat untuk melihat kecepatan dan akselerasi pelari. Pembuatan aplikasi ini dilakukan pada web MIT App Inventor yang merupakan web *open-source* yang disediakan oleh google. Pada web ini disediakan banyak sekali fitur-fitur didalamnya bisa digunakan secara gratis serta mudah dalam penggunaan dan pemrograman sehingga menjadi pilihan yang tepat untuk membuat aplikasi sederhana maupun yang lebih rumit.



Gambar 3. 9 Desain Aplikasi

Pada gambar 3.9 merupakan rancangan desain dari aplikasi yang akan dibuat dan terdapat beberapa fitur yaitu:

1. *Button bluetooth* berfungsi ketika ditekan lalu akan muncul list *bluetooth* yang pernah digunakan, serta untuk menghubungkan *bluetooth* pada *smartphone* dengan modul HC-05 pada alat di *Gate* utama.
2. *Text view* waktu untuk menampilkan lama waktu tempuh pelari untuk mencapai *Gate* 1-4.
3. *Text view* percepatan untuk menampilkan akselerasi yang terjadi pada pelari, hasil akselerasi akan tampil jika sudah mencapai minimal dua *gate* karena untuk memenuhi syarat perhitungan percepatan yang terjadi.

4. *Text view bluetooth* menjadi indikator ketika *bluetooth* sedang dalam kondisi terkoneksi atau tidak terkoneksi, ditandai dengan teks *disconnect* berwarna merah jika kondisi sedang tidak terkoneksi dan teks berubah menjadi *connect* berwarna hijau jika *bluetooth* berhasil terkoneksi dengan HC-05 pada *Gate* utama.
5. *Text view selisih* merupakan perbedaan waktu yang terjadi antara *Gate* 1-4, perbandingan dihitung secara urutan. Perhitungan dengan cara melihat waktu tempuh pada *text view* waktu lalu dibandingkan nilai waktu tempuhnya pada masing-masing *Gate* 1-4.
6. *Button reset* berfungsi ketika ditekan akan membuat semua tampilan *text view* waktu, *text view* selisih, dan *text view* percepatan menjadi seperti semula, seperti tampilan pada gambar 3.9.

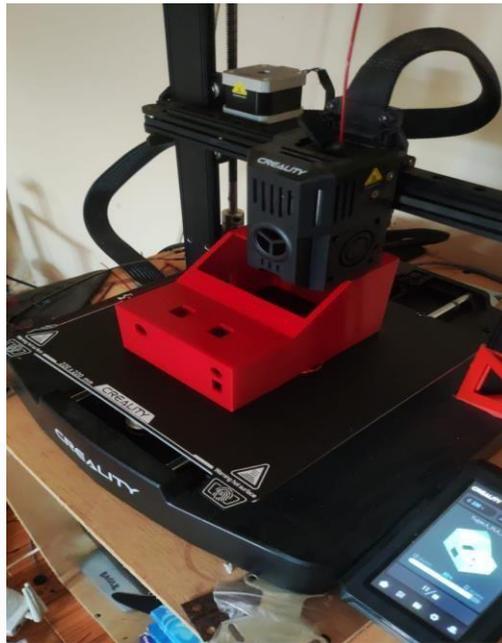
### **3.4 Pembuatan Hardware dan Software**

Setelah selesai melakukan suatu perancangan, tahap selanjutnya yakni pembuatan alat secara *Hardware* dan *Software*. Pada tahapan ini dilakukan pembuatan *Hardware* dan juga *Software*. Pembuatan *Hardware* disini artinya akan membuat *Box* yang mana *box* tersebut digunakan untuk meletakkan komponen elektronika yang ada di dalamnya, sedangkan pembuatan *Software* yakni akan membuat aplikasi untuk monitoring untuk menampilkan kecepatan dan akselerasi pelari.

#### **3.4.1 Pembuatan Hardware**

Pada pembuatan hardware alat proyek akhir ini, ada beberapa tahapan yang akan dilakukan. Percangan hardware yang telah didesain akan dibuatkan menjadi bentuk asli serta wiring diagram yang telah dirancang juga akan dibuatkan agar progres pengerjaan alat dapat berjalan sehingga proyek akhir dapat diselesaikan. Adapun proses pembuatan yang dilakukan yakni:

1. Proses Pencetakan 3D Print, dalam perancangan yang telah dilakukan tahap selanjutnya adalah mencetak rancangan tersebut agar dapat digunakan sebagai penampung komponen elektronika sudah dirancang dan akan dibuat, baik komponen dari *Gate* 1-4 maupun *Gate* utama.



Gambar 3. 10 Proses Pencetakan Box 3D Print

Pada proses pencetakan menggunakan 3D print *Creality* membutuhkan waktu kurang lebih 8 jam untuk satu box *Gate* 1-4, dan 10 jam untuk *Gate* utama. Box dibuat menggunakan 3D print untuk memastikan ketetapan ukuran dan desain yang sesuai dengan kebutuhan. Proses ini melibatkan perencanaan desain yang teliti serta pemilihan material yang tepat agar box dapat memberikan perlindungan yang optimal terhadap komponen-komponen elektronika didalamnya. Selain itu penggunaan teknologi 3D print memungkinkan pembuatan box dengan bentuk yang kompleks dan detail yang presisi, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan perangkat keras yang dihasilkan.

2. Proses Pembuatan Layout, setelah membuat rancangan berupa wiring diagram alat tahap selanjutnya yaitu membuat layout agar dapat dibuat ke PCB polos yang digunakan, layout yang dibuat dibagi menjadi 2 bagian yaitu layout untuk power dan kontrol, baik pada *Gate* utama maupun *Gate* 1-4. Pembuatan layout menggunakan aplikasi KiCAD, banyak fitur didalam aplikasi tersebut sehingga mudah dalam proses pembuatan layout yang dilakukan. Pembuatan layout dilakukan agar menghindari penggunaan kabel yang banyak sehingga dapat menghindari resiko alat rusak karena kabel yang tidak terhubung atau terlepas juga membuat isi didalam *box* tidak berantakan dikarenakan kabel yang terlalu banyak.

#### **3.4.2 Pembuatan Software**

Pembuatan *Software* ini menggunakan bahasa C++. Bahasa pemrograman ini digunakan untuk menulis program (sketches) bagi platform Arduino. Arduino adalah *software* open-source yang bisa digunakan untuk membangun proyek elektronik interaktif. Selain itu penelitian ini membuat aplikasi pada web MIT App Inventor. MIT App *Inventor* memiliki visual dengan drag-and-drop. Platform ini dirancang untuk mempermudah pemrograman bagi mereka yang mungkin tidak memiliki latar belakang teknis yang kuat. Pada penelitian ini digunakan bahasa pemrograman Java dan Kawa Scheme untuk menulis logika aplikasi yang lebih kompleks pada MIT App *Inventor*.

#### **3.5 Pengujian Alat**

Pengujian alat diperlukan agar mengetahui sistem pengukuran kecepatan lari dan akselerasi yang dibuat sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

1. Menguji jarak jangkauan komunikasi antara modul HC-05 dengan *smartphone*.
2. Menguji pengaruh cahaya terhadap sensor inframerah.

3. Menguji jarak jangkauan komunikasi modul NRF24L01 serta delay pengiriman datanya.
4. Menguji keseluruhan alat untuk menampilkan waktu pada program alat dan dilakukan perbandingan dengan pengukuran waktu pada *stopwatch* lalu mencari besar eror yang terjadi.

### 3.6 Pengambilan Data

Ada beberapa data yang akan diambil dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengambilan data jarak jangkauan komunikasi modul HC-05, pengambilan data dilakukan dengan meletakkan *Gate* utama yang masih terhubung dengan laptop untuk melihat tampilan serial monitor pada arduino dan menjadi patokan jarak awal, kemudian *smartphone* digunakan untuk mengirimkan data ke *Gate* utama, jarak pengambilan data yaitu setiap 3 meter, ketika sudah pada jarak yang ditentukan maka tombol pada aplikasi *smartphone* akan ditekan kemudian melihat tampilan serial monitor apakah data tersebut berhasil terbaca pada serial monitor atau tidak, data ini yang akan diambil lalu dimasukkan pada tabel pengujian HC-05 dengan halangan dan tanpa halangan.
2. Pengambilan data pengujian sensor inframerah, pengambilan data dilakukan dengan cara memberikan 2 kondisi pada sensor inframerah yaitu pada saat kondisi inframerah tertutup dan terbuka. Hal ini dilakukan dengan keadaan cahaya matahari yang sedang terang berkisaran 10000-25000 lux dan keadaan cahaya matahari sedang tidak terang berkisaran 1000-400 lux. Data dilihat dari serial monitor apakah berhasil menampilkan teks yang telah diprogram jika kondisi terbuka dan tertutup terpenuhi, dan data akan dimasukkan pada tabel pengujian sensor inframerah.
3. Pengambilan data pengujian jarak komunikasi NRF24L01 dengan delay waktu pengiriman data, pengambilan data dilakukan dengan cara meletakkan *Gate* utama yang terhubung dengan laptop untuk melihat tampilan pada serial monitor serta menjadi penerima data yang akan dikirim oleh *Gate* 1-

- 4, untuk penetapan posisi jarak setiap 25 meter diukur menggunakan meteran agar lebih akurat, kemudian *Gate* 1-4 akan bergantian mengirimkan pesan dengan cara menekan *button* tambahan yang ada pada *Gate* 1-4, penekanan dilakukan secara bersamaan dengan *start stopwatch* ketika data masuk ke serial monitor *stop stopwatch* akan ditekan, data tersebut akan menjadi delay waktu penerimaan data dari *Gate* 1-4 dan menjadi indikator apakah data berhasil terkirim atau tidak, pengambilan data ini akan dimasukkan pada tabel pengujian NRF24L01.
4. Pengambilan data pengujian keseluruhan alat, pengambilan data dilakukan dengan cara meletakkan setiap *Gate* 1-4 secara berurutan dengan jarak setiap *Gate* 25 meter panjang lintasan menjadi 100 meter. Kemudian pelari akan mengambil acang-acang lari pada *startblock* yang terdapat *Gate* utama. selanjutnya pelari akan berlari secepat-cepatnya menuju *Gate* 4 dan pada saat yang sama *start stopwatch* akan ditekan dan akan menekan *stop stopwatch* ketika sudah mencapai *Gate* 4 yang juga menjadi garis *finish*. Ketika sudah mencapai *Gate* 4 maka data waktu yang ditampilkan LCD20x4 pada alat akan dibandingkan dengan waktu yang telah diambil menggunakan *stopwatch*, lalu dihitung selisih sehingga dapat melihat besar eror yang terjadi pada perhitungan kedua waktu tersebut. Pengambilan data ini akan dimasukkan pada tabel pengukuran waktu alat dan *stopwatch*.

### **3.7 Analisa Data**

Pada tahap ini semua proses yang telah dilakukan akan dianalisa, baik pada data pengujian maupun pembuatan hardware dan software, hal ini bertujuan agar penelitian yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan, dan eror yang terjadi pada alat tidak besar. Sehingga alat yang telah dibuat dapat digunakan secara optimal dengan nilai keunggulan yang tinggi.

### **3.8 Pembuatan Makalah Proyek Akhir**

Pada tahap ini selain pembuatan alat, penulisan makalah proyek akhir dibutuhkan dan menjadi salah satu syarat kelulusan serta nilai proyek akhir. Pembuatan makalah dibutuhkan juga untuk menjelaskan hasil penelitian yang telah dilakukan secara rinci menampilkan kesimpulan, data-data pengujian, metode yang dilakukan, cara pengujian yang ditampilkan secara rinci.



## BAB IV

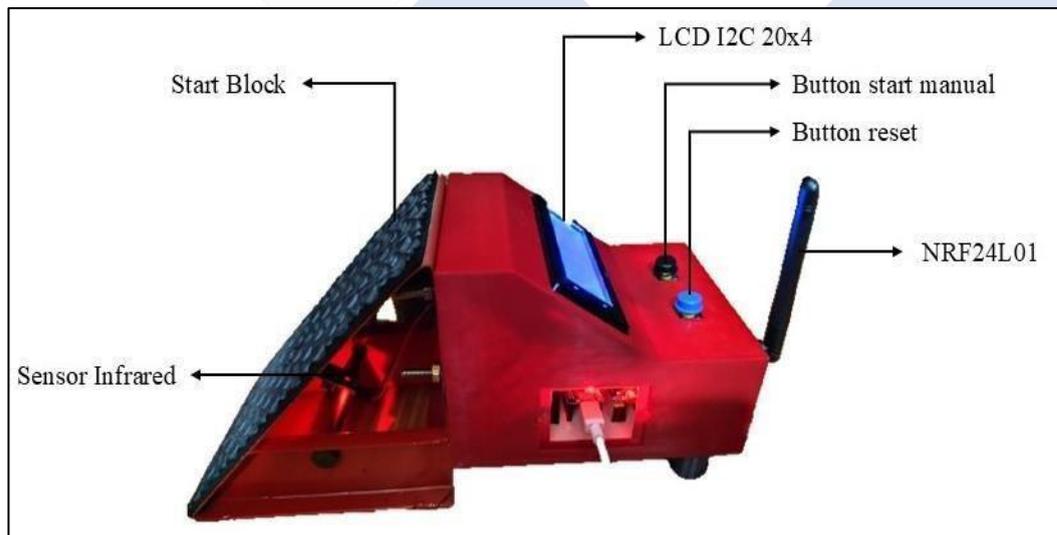
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Bentuk Fisik Alat

Pada bagian ini merupakan pembahasan mengenai hasil dari alat pengukur kecepatan lari dan akselerasi yang telah dibuat berdasarkan rancangan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, baik dari bentuk serta dimensinya. Berikut merupakan bentuk fisik secara nyata dari alat yang telah dibuat.

##### 4.4.1 Gate Utama

Pada rancangan yang telah dibuat pada bab sebelumnya, dimensi *Gate* utama yaitu panjang 145 mm, lebar 107 mm, tinggi 100 mm merupakan hasil pengukuran dari lebar dan tinggi dari *startblock*, dikarenakan *Gate* utama dengan *startblock* akan dibuat menjadi satu sehingga pada saat menyatukan kedua alat tersebut tidak terjadi perbedaan ukuran yang dapat mengakibatkan *startblock* sulit digunakan.

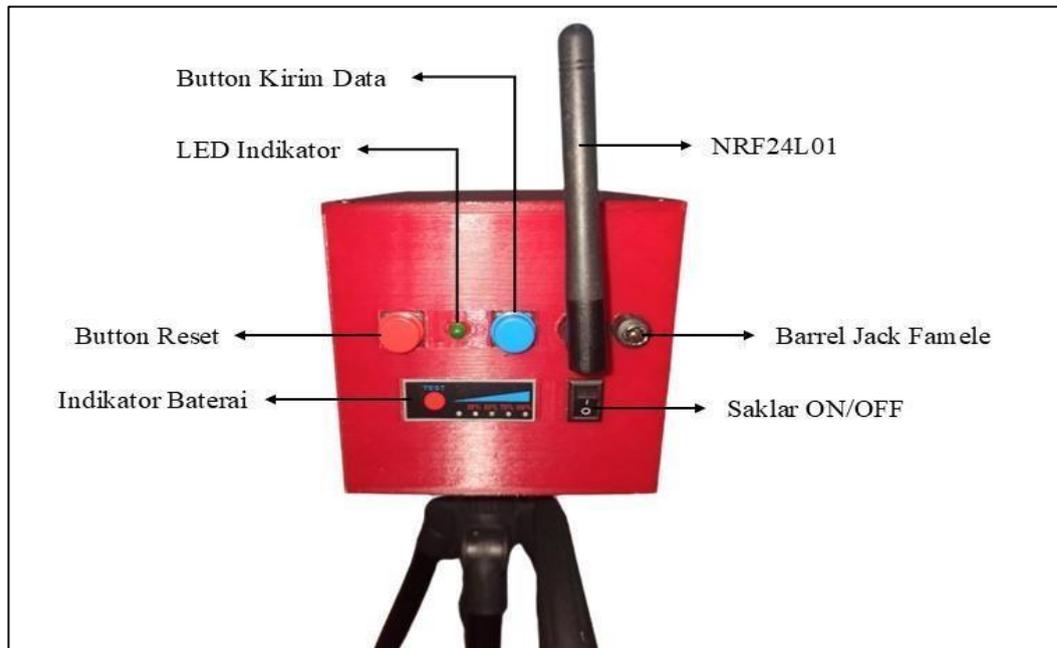


Gambar 4. 1 Hasil Pembuatan Gate Utama

Gambar 4.1 merupakan gambar nyata *Gate* utama yang telah dibuat berdasarkan rancangan sebelumnya dan sudah digabungkan dengan *startblock*. Terdapat komponen seperti LCD I2C 20x4 yang digunakan sebagai penampilan data waktu yang dihasilkan pelari ketika sudah melewati *Gate* 1-4, lalu ada juga *button start* manual yang digunakan untuk memulai perhitungan waktu ketika tidak menggunakan sensor inframerah, penggunaan ini sebagai alternatif jika sensor inframerah mengalami eror dan juga ada *button reset* digunakan untuk memulai ulang arduino pro micro jika terjadi kesalahan pengiriman data ataupun ada data waktu pelari yang masih tersimpan dalam program yang sehingga dapat mengganggu data yang akan ditampilkan. Lalu ada modul NRF24L01 digunakan untuk menerima data dari *Gate* 1-4 agar dapat menentukan waktu yang ditempuh pada setiap *Gate*. Sensor inframerah digunakan sebagai *start* perhitungan waktu pada alat dan *startblock* digunakan untuk pondasi kaki agar dapat memulai anca-ancang berlari.

#### 4.4.2 Gate 1-4

Pada rancangan yang telah dibuat sebelumnya setiap *Gate* 1-4 mempunyai dimensi yang sama, yaitu panjang 156 mm, lebar 100 mm dan tinggi 100 mm. Dimensi yang dibuat minimalis untuk mempermudah penggunaan dan meningkatkan nilai fleksibilitasnya. Fungsi utama dari *Gate* 1-4 adalah untuk mengirimkan data ke *Gate* utama ketika pelari sudah melewati *Gate* 1 sampai *Gate* 4 yang telah disusun berhadapan dengan reflektor agar dapat menghitung waktu tempuh dari *Gate* utama sebagai garis *start* dan *Gate* 4 sebagai garis *finish* sehingga bisa mendapatkan waktu percepatannya.



Gambar 4. 2 Hasil Pembuatan *Gate 1- Gate 4*

Gambar 4.2 menunjukkan perangkat elektronik yang dirancang untuk komunikasi nirkabel dan interaksi pengguna. Mereka dilengkapi dengan antena untuk komunikasi jarak jauh, *button* kirim data untuk mengirim data secara manual ke *Gate* utama, *button reset* digunakan untuk memulai ulang proses alat, LED indikator untuk menunjukkan status operasi alat, indikator baterai digunakan untuk melihat kapasitas baterai ketika ditekan, dan saklar on/off untuk kontrol daya. Modul NRF24L01 modul ini digunakan untuk berkomunikasi dengan *Gate* utama ketika sensor fotoelektrik dalam keadaan dilewati oleh pelari, dan *barrel jack* digunakan untuk pengisian baterai agar alat bisa digunakan lagi jika sudah kehabisan baterai pengisian pada *Gate 1-4* membutuhkan adaptor 12Volt.

#### 4.4.3 Refrektor

Pada percanganan reflektor, dimensi yang dibuat yaitu panjang 35 mm, lebar 35 mm, dan tinggi 99 mm. Dibuat mengikuti tata letak sensor fotoelektrik yang terletak pada *Gate* 1-4, hal ini bertujuan agar proses penyetingan alat ketika ingin digunakan tidak terlalu lama.



Gambar 4. 3 Hasil Pembuatan Reflektor

Penggunaan Reflektor dalam konteks sensor fotoelektrik berguna untuk memantulkan cahaya kembali ke sensor. Reflektor memiliki berbagai aplikasi, terutama dalam sistem yang menggunakan sensor fotoelektrik jenis retro-reflective. Reflektor dalam sensor fotoelektrik memainkan peran penting dalam memastikan cahaya yang dipancarkan oleh sensor dapat kembali ke penerima, sehingga memungkinkan deteksi objek yang efisien dan andal. Dengan menggunakan reflektor, sistem dapat meningkatkan jangkauan deteksi, menghemat energi, dan meningkatkan efisiensi operasional. Reflektor digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari sistem keamanan hingga otomatisasi industri, karena kemampuannya untuk memantulkan cahaya dengan efektif dan meningkatkan kinerja sensor.

## 4.2 Pengujian Jarak HC05

### 1. Pengukuran HC05 dengan halangan :

Pada pengukuran HC-05 dengan halangan, pengukuran dilakukan dengan halangan berupa 3 pohon yang tinggi 10 meter dan berjarak kurang lebih 7 meter pada setiap pohon dan tepat menghalangi alat terhadap *smartphone*, pada aplikasi *smartphone* sudah dibuatkan tombol yang ketika ditekan akan mengirimkan pesan ke HC-05 pada alat berupa text “Data Masuk”, status pengiriman berhasil atau tidaknya akan terlihat pada serial monitor arduino pro micro, jika data berhasil terkirim maka tampilan serial monitor akan masuk pesan text “Data Masuk” dan keterangan pesan masuk.

Tabel 4. 1 Pengujian Pengukuran HC05 dengan Halangan

Jarak (Meter)	Pesan Kirim	Tampilan Serial Monitor	Keterangan
3	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
6	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
9	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
12	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
15	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
18	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
21	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
24	“Data Masuk”	-	Pesan gagal
27	“Data Masuk”	-	Pesan gagal

Berdasarkan data tabel diatas Jarak 3-21 Meter Pada jarak ini, pesan diterima dengan baik tanpa gangguan. Interpretasi: HC05 memiliki jangkauan efektif hingga 21 meter bahkan dengan adanya halangan. Kualitas sinyal masih cukup kuat untuk mempertahankan komunikasi pada jarak ini. Pada jarak 24 meter pesan tidak diterima ("Tidak"). Pada jarak ini, sinyal HC05 tidak mampu menembus halangan atau mempertahankan kekuatan yang cukup untuk diterima oleh penerima. Ini menunjukkan batas efektif dari jangkauan HC05 dalam kondisi ini, pada datasheet

jarak jangkauan HC-05 adalah 10 meter, namun untuk versi yang lebih tinggi seperti versi 4.0 memiliki jarak yang cukup jauh yaitu 100 meter.

Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Jenis dan Ketebalan Halangan Halangan dapat sangat bervariasi dalam kemampuan mereka untuk memblokir atau melemahkan sinyal. Dinding beton, logam, dan material padat lainnya biasanya lebih efektif dalam menghalangi sinyal dibandingkan dengan dinding kayu atau kaca. Kondisi Lingkungan Kelembaban udara, cuaca, dan kondisi lingkungan lainnya juga dapat mempengaruhi propagasi sinyal Bluetooth.

Orientasi dan Posisi Antena Posisi dan orientasi antena pada modul HC05 dan perangkat penerima dapat mempengaruhi kekuatan dan jangkauan sinyal. Berdasarkan data yang diberikan, HC05 dapat berfungsi dengan baik hingga jarak 21 meter meskipun ada halangan. Pada jarak 24 meter, keandalan sinyal mulai menurun, dan pada jarak 27 meter, komunikasi tidak dapat dipertahankan. Hal ini menunjukkan bahwa jangkauan efektif HC05 dalam kondisi dengan halangan adalah sekitar 21 meter. Untuk memastikan komunikasi yang andal, disarankan untuk menjaga jarak di bawah batas ini dan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja sinyal.

## 2. Pengukuran HC05 tanpa halangan:

Pada pengukuran HC-05 tanpa halangan, pengukuran dilakukan dengan lapang terbuka yang luas, dengan cara pengambilan data sama seperti pengukuran HC-05 dengan halangan.

Tabel 4. 2 Pengujian Pengukuran HC05 Tanpa Halangan

<b>Jarak (Meter)</b>	<b>Pesan Kirim</b>	<b>Tampilan Serial Monitor</b>	<b>Keterangan</b>
3	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
6	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
9	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
12	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
15	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk

<b>Jarak (Meter)</b>	<b>Pesan Kirim</b>	<b>Tampilan Serial Monitor</b>	<b>Keterangan</b>
18	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
21	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
24	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
27	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
30	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk
33	“Data Masuk”	“Data Masuk”	Pesan masuk

Berdasarkan hasil pengujian, jarak maksimum pengiriman data modul HC-05 dengan halangan seperti rumah atau pepohonan adalah 35 meter. Sinyal mulai lemah pada jarak 40 meter dan hilang pada jarak 45 meter.

Catatan:

- Hasil pengujian ini dapat bervariasi tergantung pada jenis dan ketebalan halangan, serta kondisi lingkungan lainnya.
- Untuk aplikasi yang membutuhkan komunikasi jarak jauh dengan halangan, Anda mungkin perlu mempertimbangkan penggunaan antena eksternal atau teknologi komunikasi nirkabel lainnya.

Berdasarkan data yang diberikan, HC05 dapat beroperasi dengan jangkauan efektif hingga 33 meter dalam kondisi tanpa halangan, dengan sinyal yang tetap kuat dan andal. Dalam kondisi tanpa halangan, sinyal Bluetooth dapat menyebar lebih bebas dan mempertahankan kualitas komunikasi yang tinggi sepanjang jarak yang diuji. Ini menunjukkan potensi maksimal dari HC05 dalam kondisi ideal dan memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana halangan dapat mempengaruhi jangkauan dan keandalan sinyal.

### 4.3 Pengujian Sensor Inframerah

Pada tabel 4.3 pengujian dilakukan pada *Gate* utama yang terletak pada *start block* pada tabel kondisi, keadaan ditekan merupakan posisi kaki menutupi sensor inframerah yang merupakan posisi awal pelari atau anjang-acang untuk melakukan lari, lalu pada keadaan dilepas merupakan posisi kaki sudah tidak menutupi sensor inframerah atau pelari sudah lari menuju *Gate* 1 sampai dengan *Gate* 4. Pada kedua kondisi tersebut terdapat indikator yang akan terlihat pada serial monitor berupa “Menunggu” ketika kondisi sensor inframerah sedang ditekan, “Waktu Start” ketika kondisi sensor inframerah dilepas.

Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Inframerah

Percobaan	Kondisi	Tampilan Serial Monitor	Status	Keterangan
1	Ditekan	“Menunggu”	Terkirim	-
2	Dilepas	-	Tidak Terkirim	Cahaya matahari yang terang
3	Ditekan	“Menunggu”	Terkirim	-
4	Dilepas	-	Tidak Terkirim	Cahaya matahari yang terang
5	Ditekan	“Menunggu”	Terkirim	-
6	Dilepas	“Waktu Start”	Terkirim	-
7	Ditekan	“Menunggu”	Terkirim	-
8	Dilepas	“Waktu Start”	Terkirim	-
9	Ditekan	“Menunggu”	Terkirim	-
10	Dilepas	“Waktu Start”	Terkirim	-

Pada tabel 4.3 terdapat 2 eror yang terjadi ketika kondisi sensor inframerah dilepas namun pada tampilan serial monitor yang seharusnya menampilkan text berupa “Waktu Start” tetapi tidak tampil. Hal ini menandakan pembacaan sensor inframerah gagal, faktor yang mempengaruhi pada pengujian ini adalah cahaya matahari yang begitu terang dengan nilai lux 9200-11100, dapat dibandingkan

dengan data tabel 6, 8, 10 yang dilakukan ketika matahari sudah hampir terbenam dengan nilai lux 700-380. Nilai lux didapatkan menggunakan sensor BH1750. Dapat disimpulkan bahwa faktor utama terjadinya eror tersebut dikarenakan cerahnya sinar matahari yang mempengaruhi pembacaan sensor inframerah. Sedangkan pembacaan sensor inframerah dengan kondisi ditekan tidak terjadi eror.

#### 4.4 Pengujian NRF24L01

##### 4.4.4 Pengukuran Jarak Dan Waktu Pengiriman NRF24L01

Pada pengujian tabel 4.4 dilakukan untuk mengukur kecepatan pengiriman data dari *Gate* 1-4, terdapat *button* pada *Gate* 1-4 yang digunakan untuk mengirimkan data tanpa menggunakan sensor fotoelektrik E3JK-R4M1 dan akan terima pada *Gate* utama, hal inilah yang akan diukur untuk melihat *delay* yang terjadi pada pengiriman data dan dilihat menggunakan stopwatch. Untuk jarak 25, 50, 75 meter menggunakan kode tangan sebagai indikator mulai penekanan *button* pada alat. Sedangkan jarak 100 meter keatas menggunakan telpon sebagai komunikasi antara pengukur dan pengirim data karena untuk menggunakan kode tangan sudah sulit terlihat.

Tabel 4. 4 Pengujian NRF24L01 *Gate* 1 – *Gate* 4

Percobaan	<i>Gate</i> Ter kirim	<i>Gate</i> Penerima	Jarak (m)	Waktu	Status
				Pengiriman (ms)	
1	1	<i>Gate</i> Utama	25	18	Ter kirim
	2			30	
	3			22	
	4			19	
2	1	<i>Gate</i> Utama	50	16	Ter kirim
	2			34	
	3			21	
	4			24	

Percobaan	Gate Terkirim	Gate Penerima	Jarak (m)	Waktu Pengiriman (ms)	Status
3	1	Gate Utama	75	18	Terkirim
	2			33	
	3			27	
	4			20	
4	1	Gate Utama	100	17	Terkirim
	2			35	
	3			25	
	4			22	
5	1	Gate Utama	125	17	Terkirim
	2			40	
	3			27	
	4			16	
6	1	Gate Utama	150	22	Terkirim
	2			32	
	3			22	
	4			20	
7	1	Gate Utama	175	19	Terkirim
	2			37	
	3			21	
	4			22	
8	1	Gate Utama	200	19	Terkirim
	2			40	
	3			21	
	4			19	

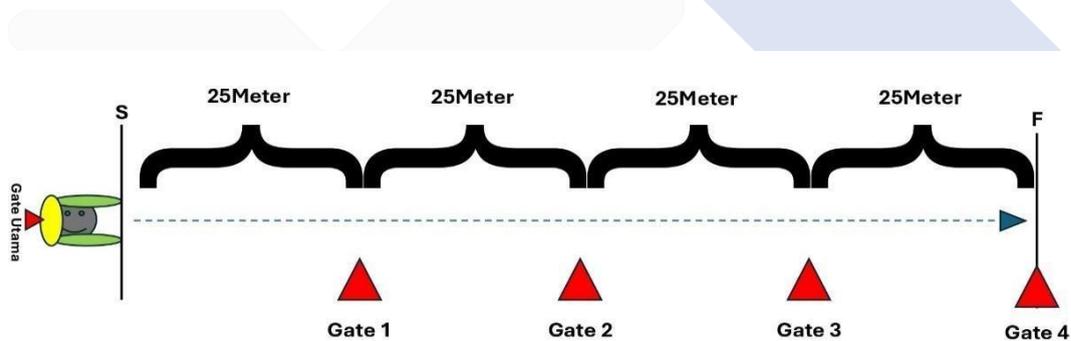
Pada tabel 4.4 Pengiriman data dari jarak 25 meter hingga jarak 200 meter semua data terkirim dan terbaca baik pada Gate 1-4 dikarenakan NRF24L01 yang

digunakan pada alat sangat jauh bisa mencapai 1KM pada datasheetnya. *Delay* yang terjadi juga diakibatkan oleh faktor perbedaan waktu penekanan stopwatch dengan

tampilan serial monitor yang masuk, dan juga penekanan stopwatch dengan kode tangan pengirim data maupun telpon.

#### 4.4.5 Pengukuran Perbandingan Waktu Alat Dengan Waktu *Stopwatch*

Pada pengukuran tabel pelari akan berada pada *Start Block* untuk mengambil anjang-ancang berlari. Pada *Start Block* terdapat *Gate* utama yang digunakan untuk memulai waktu ketika pelari sudah berlari. *Gate* 1 diletakan pada jarak 25 meter dari garis start, *Gate* 2 diletakan 25 dari *Gate* 1, begitu juga seterusnya. Pada *Gate* 4 merupakan indikator bahwa pelari sudah melewati garis *finish* dan waktu perhitungan lari akan berhenti dan semua data waktu akan terkirim ke *smartphone* dan LCD I2C 20x4 yang terletak pada *Gate* utama.



Gambar 4. 4 Ilustrasi Sistem Pengukuran Kecepatan Lari

Pada tabel 4.4 dilakukan pengujian pada 3 orang, Haikal atlet panjat tebing, Riko atlet lari yang pernah mendapatkan juara 2 pada cabang olahraga lari sprint di tingkat Provinsi pada Kejuaraan Nasional, Rezi sebagai pelari biasa. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan waktu dari alat yang telah dibuat dan dibandingkan dengan waktu stopwatch.

Pada setiap *Gate* 1-4 akan ada orang yang berdiri untuk mengibarkan bendera ketika pelari sudah melewati *Gate* agar perbandingan waktu bisa dilakukan lebih akurat disemua *Gate*, kemudian akan ditampilkan selisih waktu untuk menentukan eror yang terjadi pada waktu pengukuran.

Tabel 4. 5 Pengukuran Waktu Pada Program Dengan Waktu Stopwatch

Percobaan	Pelari	Gate	Waktu Alat	Waktu Stopwatch	Selisih Waktu (s)	Error (%)
1		1	00:04:32	00:04:51	0,19	0,00421
		2	00:08:01	00:08:36	0,35	0,00418
		3	00:11:72	00:11:38	0,34	0,00298
		4	00:16:24	00:16:40	0,16	0,00097
2	Haikal	1	00:05:77	00:05:81	0,04	0,00068
		2	00:10:60	00:10:59	0,01	0,00009
		3	00:16:20	00:16:25	0,05	0,00030
		4	00:20:57	00:20:57	0,00	0
3		1	00:04:89	00:04:85	0,04	0,00082
		2	00:09:78	00:09:66	0,12	0,00124
		3	00:13:94	00:14:07	0,13	0,00092
		4	00:17:24	00:17:10	0,14	0,00081
4		1	00:03:78	00:03:90	0,12	0,00307
		2	00:07:47	00:07:41	0,06	0,00080
		3	00:11:56	00:11:57	0,01	0,00008
		4	00:13:93	00:13:99	0,06	0,00042
5	Riko	1	00:04:58	00:04:44	0,14	0,00315
		2	00:08:17	00:08:30	0,13	0,00156
		3	00:13:76	00:13:57	0,19	0,00140
		4	00:17:23	00:17:36	0,13	0,00074
6		1	00:03:78	00:03:90	0,12	0,00307
		2	00:07:47	00:07:41	0,06	0,00080
		3	00:11:56	00:11:57	0,01	0,00008
		4	00:13:93	00:13:99	0,06	0,00042

Percobaan	Pelari	Gate	Waktu Alat	Waktu Stopwatch	Selisih Waktu (s)	Eror (%)
7		1	00:06:38	00:06:29	0,09	0,00143
		2	00:13:22	00:13:32	0,10	0,00075
		3	00:21:79	00:21:95	0,16	0,00072
		4	00:29:88	00:29:75	0,13	0,00043
8	Rezi	1	00:07:72	00:07:38	0,34	0,00460
		2	00:16:42	00:16:50	0,08	0,00048
		3	00:25:25	00:25:21	0,04	0,00015
		4	00:31:38	00:31:36	0,02	0,00006
9		1	00:07:10	00:07:14	0,04	0,00056
		2	00:15:42	00:15:41	0,01	0,00006
		3	00:24:23	00:24:19	0,04	0,00016
		4	00:31:76	00:31:70	0,06	0,00018

Pada pengukuran yang terjadi eror terbesar yaitu 0,00460 dan terdapat pengukuran sempurna diakrenakan tidak terjadi eror. Rata-rata eror yang terjadi yaitu 0,001177. Beberapa faktor yang mempengaruhi eror yaitu perbedaan waktu penekanan stopwatch dengan pengangkatan bendera yang dilakukan oleh orang yang ada pada *Gate* 1-4 hal ini yang menyebabkan terjadinya eror tinggi.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Proyek akhir ini berhasil membuat dan mengimplementasikan sistem pengukuran kecepatan lari dan akselerasi menggunakan sistem komunikasi LoRa. Penyelesaian *Gate* 1-4, *Gate* utama, dan reflektor serta sistem kerja alat yang berjalan sesuai tujuan pembuatan alat, menjadi tolak ukur bahwa alat proyek akhir telah benar-benar berhasil dibuat.
2. Sistem ini terbukti mampu mengukur kecepatan lari dan akselerasi dengan akurasi yang cukup tinggi. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengukur kecepatan lari dan akselerasi dengan akurasi hingga 99% dapat dilihat pada hasil pengujian yang telah dilakukan terdapat delay yang kecil sehingga eror pada alat juga kecil dengan jangkauan pengiriman data hingga 100 meter.
3. Proyek akhir ini berhasil mengembangkan aplikasi sebagai monitoring pengukuran kecepatan lari, keberhasilan tercapai dikarenakan waktu yang tercatat ketika pelari melawati *Gate* 1-4 dan ditampilkan LCD 20x4 pada *Gate* utama tidak terdapat perbedaan ataupun selisih waktu pada tampilan aplikasi.

#### **5.2 Saran**

1. Memperbaiki bentuk konstruksi *Gate* 1-4 dan reflektor agar dalam proses penyetingan alat sebelum digunakan dapat lebih mudah dan cepat.
2. Menambahkan fitur tambahan: Pengukuran jarak secara otomatis untuk peletakan *Gate* 1 – 4.
3. Mengembangkan aplikasi mobile: Aplikasi mobile dapat dikembangkan untuk dibuat lebih menarik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, W., Saripurna, D., Yakub, S., Studi Sistem Komputer, P., & Triguna Dharma, S. (2021). Analisis Kinerja LoRa (Long Range) berdasarkan Jarak dan Spreading Factor pada Area Rural. *Jurnal CyberTech*, 4(4), 1–13.
- Andibowo, T. (2024). Pengaruh Program Pelatihan Kecepatan (Speed) Terhadap Akselerasi Dan Kecepatan Maksimum. *Jurnal Ilmiah PENJAS*, 10(1), 124–135. <http://ejournal.utp.ac.id/index.php/JIP/article/view/3204>
- Edriati, S., Husnita, L., Amri, E., Samudra, A. A., & Kamil, N. (2021). Penggunaan Mit App *Inventor* untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 12(4), 652–657. <https://doi.org/10.26877/e-dimas.v12i4.6648>
- Fahruzi, R. I., Yuamita, F., Sains, F., Studi, P., Industri, T., & Yogyakarta, U. T. (2022). *PRODUK CAT SEPATU PADA UMKM KSJ OFFICIAL*. 2, 4–6.
- Hafiz, L. A. (2022). Penerapan Sensor Inframerah dalam Memberikan Instruksi Terhadap Gerbang Logika Pada Palang Pintu Otomatis. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, 1(4), 133–143.
- Herman, I., Apriantono, T., Adiprawita, W., One, D. K., Yasin, D., Syahrudin, S., & Winata, B. (2021). Pengembangan prototipe sistem track timer untuk pengukuran kecepatan secara otomatis pada sprint 60-meter. *Jurnal Keolahragaan*, 9(1), 35–42. <https://doi.org/10.21831/jk.v9i1.33356>
- Liandana, M. (2019). Penerapan Teknologi LoRa pada Purwarupa Awal Wearable Device. *RESEARCH : Computer, Information System & Technology Management*, 2(2), 40. <https://doi.org/10.25273/research.v2i02.5191>
- M. Iman Wahyudi, & Rifki Abdul Aziz. (2022). Keran Air Wudhu Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Sebagai Upaya Meminimalisasi Pemborosan Air. *Journal of Applied Computer Science and Technology*, 3(1), 151–156. <https://doi.org/10.52158/jacost.v3i1.296>

- Nugraha, F. D., Ahdan, S., & Samsugi, S. (2021). Sistem Penghitungan Kecepatan Atlet Sepatu Roda Freestyle Pada Kategori Speed Slalom Berbasis Iot (Studi Kasus Sepatu Roda Wheeling Lampung). *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, 1(2), 67–75.
- Pasir Pengaraian, U. (2022). *Sport Education and Health Journal HUBUNGAN KECEPATAN LARI 30 METER DAN DAYA LEDAK OTOT TUNGKAI DENGAN HASIL LOMPAT JAUH*. 3(2), 147–157.
- Pramdhan dan Aulia. (2018). Jurnal Olahraga. *Jurnal Olahraga*, 2(2), 41–51.
- Ramadhani, A., Rusdinar, A., & Fuadi, A. Z. (2021). Data Komunikasi Secara Real Time Menggunakan Long Range (Lora) Berbasis Internet of Things Untuk Pembuatan Weather Station. *EProceedings of Engineering*, 8(5), 4259–4268.
- Rohman, A. A. N., Hidayat, R., & Ramadhan, F. R. (2021). Pemrograman Mesin Smart Bartender Menggunakan Software Arduini IDE Berbasis Microcontroller ATmega2560. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 6, 14–21.
- Sidiq, I. M., Maryati, S., & Rustiawan, H. (2021). Tingkat Akselerasi yang Tergabung dalam Ekstrakurikuler Sepakbola di MAN 3 Kabupaten Ciamis. *Jurnal Keolahragaan*, 7(2), 12. <https://doi.org/10.25157/jkor.v7i2.5628>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

#### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

##### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Zainul Muttaqin Alghiffari  
Tempat dan Tanggal Lahir : Sungailiat, 20 Juni 2002  
Alamat Rumah : Perum. Taman Pesona  
Bangka Blok T No.1  
Telp. : 0821-9000-7219  
Email : [zmuttaqin0602@gmail.com](mailto:zmuttaqin0602@gmail.com)  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Islam



##### 2. Riwayat Pendidikan

TK KEMALA BHAYANGKARI  
SDN 28 SUNGAILIAT  
SMPN 1 SUNGAILIAT  
SMAN 1 SUNGAILIAT

Sungailiat, 5 Agustus 2024



Zainul Muttaqin Alghiffari

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Febrian Athala  
Tempat dan Tanggal Lahir : Pangkalpinang, 4 Februari 2003  
Alamat Rumah : Jl. Binjai Rt 02 Desa Mangkol  
Telp. : 0821-8144-0998  
Email : [athalafebrian@gmail.com](mailto:athalafebrian@gmail.com)



Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam

### 2. Riwayat Pendidikan

TK SETIA UTAMA  
SDN 42 PANGKALPINANG  
SMPN 5 PANGKALPINANG  
SMAN 3 PANGKALPINANG

Sungailiat, 5 Agustus 2024

Febrian Athala

## Lampiran 2 Kode Pemograman

### 1. Program *Gate* Utama

```
#include <SPI.h>

#include <nRF24L01.h>

#include <RF24.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <SoftwareSerial.h>

#define CE_PIN 7

#define CSN_PIN 8

#define start A3 //A3 tombol 4

#define ir 4

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

const byte address[6] = "00001";

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Set alamat LCD ke 0x27 untuk layar 20
karakter dan 4 baris

SoftwareSerial bluetooth(5, 6); // RX, TX

unsigned long waktuSekarang = 0;

unsigned long waktuTotal = 0;

unsigned long waktumulai = 0;

unsigned long waktuberlalu = 0;

unsigned long waktuGateSebelumnya = 0;

int milidetik[4] = {0, 0, 0, 0};
```

```
int detik[4] = {0, 0, 0, 0};

int menit[4] = {0, 0, 0, 0};

int totalmilidetik[4] = {0, 0, 0, 0};

int totaldetik[4] = {0, 0, 0, 0};

int totalmenit[4] = {0, 0, 0, 0};

float kecepatan[4] = {0, 0, 0, 0};

float percepatan[4] = {0, 0, 0, 0};

int jarak = 25; // Jarak antar gerbang

bool stopwatch = false;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  bluetooth.begin(9600); // Serial untuk komunikasi dengan modul Bluetooth

  pinMode(start, INPUT_PULLUP);

  pinMode(ir, INPUT);

  radio.begin();

  radio.openReadingPipe(0, address);

  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);

  radio.startListening();

  lcd.init();

  lcd.backlight();

  lcdprint(0, 0, " TIMING GATE SYSTEM ");

  lcdprint(0, 1, " By ");
```

```

lcdprint(0, 2, " FEBRIAN ATHALA ");

lcdprint(0, 3, " ZAINUL MUTTAQIN A. ");

}

void loop() {

  if (digitalRead(start) == 0) {

    while (digitalRead(start) == 0) {}

    lcdprint(0, 0, " Posisi Atlet Siap ");

    lcdprint(0, 1, " Memulai Alat  ");

    lcdprint(0, 2, " Timing Gate.  ");

    lcdprint(0, 3, " Febrian dan Zainul ");

    delay(500);

    while (true) {

      if (digitalRead(ir) == 0 && stopwatch == false) {

        while (digitalRead(ir) == 0) {}

        lcd.clear();

        stopwatch = true;

        waktumulai = millis();

        waktuGateSebelumnya = waktumulai;

        Serial.println("Start");

        lcdprint(0, 0, "Gate 1: 00:00:000");

        lcdprint(0, 1, "Gate 2: 00:00:000");

        lcdprint(0, 2, "Gate 3: 00:00:000");

```

```
    lcdprint(0, 3, "Gate 4: 00:00:000");
}

if (stopwatch == true) {
    if (radio.available()) {
        char text[32] = "";

        radio.read(&text,          sizeof(text));

        Serial.print("Pesan diterima dari Gate: ");
        Serial.println(text);

        if (text[0] == '1') {
            Gate(1);
        }

        if (text[0] == '2') {
            Gate(2);
        }

        if (text[0] == '3') {
            Gate(3);
        }

        if (text[0] == '4') {
            Gate(4);

            stopwatch = false;
        }
    }
}
```

```

    }
}
}
}

void Gate(int GateNum) {

    waktuSekarang = millis();

    waktuTotal = waktuSekarang - waktumulai;

    waktuberlalu = waktuSekarang - waktuGateSebelumnya;

//total
    totalmilidetik[GateNum - 1] = waktuTotal % 1000;

    totaldetik[GateNum - 1] = waktuTotal / 1000;

    totalmenit[GateNum - 1] = totaldetik[GateNum - 1] / 60;

    totaldetik[GateNum - 1] = totaldetik[GateNum - 1] % 60;

    totalmenit[GateNum - 1] = totalmenit[GateNum - 1] % 60;

//selisih
    milidetik[GateNum - 1] = waktuberlalu % 1000;

    detik[GateNum - 1] = waktuberlalu / 1000;

    menit[GateNum - 1] = detik[GateNum - 1] / 60;

    detik[GateNum - 1] = detik[GateNum - 1] % 60;

    menit[GateNum - 1] = menit[GateNum - 1] % 60;

    kecepatan[GateNum - 1] = (float)jarak / (float)waktuberlalu * 1000; // kecepatan
dalam m/s

    if (GateNum > 1) {

```

```

    percepatan[GateNum - 1] = (kecepatan[GateNum - 1] - kecepatan[GateNum -
2]) / ((float)waktuberlalu / 1000); // percepatan dalam m/s^2

} else {

    percepatan[GateNum - 1] = 0; // percepatan untuk Gate pertama adalah 0

}

String dataTotal = (String)"Waktu total dari start ke Gate" + GateNum + " = " +
totalmenit[GateNum - 1] + ":" + totaldetik[GateNum - 1] + ":" +
totalmilidetik[GateNum - 1];

String dataAntar = (String)"Waktu antar Gate ke Gate" + GateNum + " = " +
menit[GateNum - 1] + ":" + detik[GateNum - 1] + ":" + milidetik[GateNum - 1];

String dataKecepatan = (String)"Kecepatan" + GateNum + " = " +
kecepatan[GateNum - 1] + " m/s";

String dataPercepatan = (String)"Percepatan" + GateNum + " = " +
percepatan[GateNum - 1] + " m/s^2";

    kirimData();

    Serial.println(dataTotal);

    Serial.println(dataAntar);

    Serial.println(dataKecepatan);

    Serial.println(dataPercepatan);

    Serial.println();

    waktuGateSebelumnya = waktuSekarang;

}

void kirimData() {

```

```

String waktuTotal[4];

for (int c = 0; c < 4; c++) {

    waktuTotal[c] = String("Gate ") + (c + 1) + ": " +

        (totalmenit[c] < 10 ? "0" : "") + String(totalmenit[c]) + ":" +

        (totaldetik[c] < 10 ? "0" : "") + String(totaldetik[c]) + ":" +

        (totalmilidetik[c] < 100 ? "0" : "") + (totalmilidetik[c] < 10 ? "0" : "")

+ String(totalmilidetik[c]);

    lcdprint(0, c, const_cast<char*>(waktuTotal[c].c_str()));

}

for (int i = 0; i < 4; i++) {

    String data = (totalmenit[i] < 10 ? "0" : "") + String(totalmenit[i]) + ":" +

        (totaldetik[i] < 10 ? "0" : "") + String(totaldetik[i]) + ":" +

        (totalmilidetik[i] < 100 ? "0" : "") + (totalmilidetik[i] < 10 ? "0" : "") +

String(totalmilidetik[i]) + "#" +

        (menit[i] < 10 ? "0" : "") + String(menit[i]) + ":" +

        (detik[i] < 10 ? "0" : "") + String(detik[i]) + ":" +

        (milidetik[i] < 100 ? "0" : "") + (milidetik[i] < 10 ? "0" : "") +

String(milidetik[i]) + "#" +

        String(percepatan[i]) + " m/s^2#";

    bluetooth.print(data);

    Serial.print(data);

}

Serial.println();

```

```

}

void lcdprint(byte x, byte y, char* msg) {

    lcd.setCursor(x, y);

    lcd.print(msg);

}

```

## 2. Program *Gate 1 - Gate 4*

```

#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
#define CE_PIN 7
#define CSN_PIN 8
#define photoElectric 4
#define button 5
#define led 6
RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
const byte address[6] = "00001";
bool berhasil;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    radio.begin();
    pinMode(photoElectric, INPUT_PULLUP);
    pinMode(button, INPUT_PULLUP);
    pinMode(led, OUTPUT);
    radio.openWritingPipe(address); // Membuka pipe untuk menulis
    radio.setPALevel(RF24_PA_MAX); // Mengatur daya sinyal radio
    radio.stopListening(); // Memastikan modul dalam mode pengiriman
}
void loop() {

```

```

char text[] = "1";
if(digitalRead(photoElectric) == 0){
digitalWrite(led, HIGH);
while(digitalRead(photoElectric) == 0){}
berhasil = radio.write(&text, sizeof(text));
delay(500);
digitalWrite(led, LOW);
if (berhasil) {
Serial.println("Pesan berhasil dikirim.");
} else {
Serial.println("Pengiriman pesan gagal.");
}
}
char text1[] = "1";
if(digitalRead(button) == 0){
digitalWrite(led, HIGH);
while(digitalRead(button) == 0){}
berhasil = radio.write(&text1, sizeof(text1));
delay(500);
digitalWrite(led, LOW);
if (berhasil) {
Serial.println("Pesan berhasil dikirim.");
} else {
Serial.println("Pengiriman pesan gagal.");
}
}
}

```

Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian





