

**PELACAkan POSISI TIKUS DAN DEBU PADA RUANGAN *STORAGE*
MUSEUM LAMPUNG BERBASIS ANDROID**

(Skripsi)

Oleh

Achmad Musyawir Haikal Fakari



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PELACAKAN POSISI TIKUS DAN DEBU PADA RUANGAN *STORAGE* MUSEUM LAMPUNG BERBASIS ANDROID

Oleh :

Achmad Musyawir Haikal Fakari

Museum Lampung memiliki tugas sebagai tempat perlindungan dan pelestarian benda yang memiliki budaya di wilayah Lampung agar dapat selalu diwariskan kepada generasi yang akan datang. Museum Lampung memiliki ruangan *storage* sebagai tempat penyimpanan koleksi bersejarah, namun ruangan *storage* sering diabaikan sehingga binatang pengerat (tikus) sering merusak koleksi dan debu yang berada di ruangan *storage* menempel pada koleksi. Sebagai bentuk konservasi preventif, penelitian ini bertujuan melakukan pelacakan posisi tikus dan debu pada ruangan *storage* serta membuat aplikasi yang dapat memonitoring keberadaan tikus dan debu tersebut. Alat untuk pelacakan posisi tikus dan debu menggunakan sensor PIR HCSR501 sebagai alat deteksi tikus yang diletakkan di 9 zona dan sensor debu GP2Y1010AU0F yang diletakkan di 8 zona agar semua tempat di ruangan *storage*. Sensor PIR bekerja dengan mendeteksi sinar *infrared* yang kemudian akan mengaktifkan *buzzer* jika tikus terdeteksi, kemudian sensor debu digunakan untuk mengetahui nilai debu pada setiap zona di ruangan *storage* dengan nilai akurasi 100% sensor PIR dan 97% sensor debu. Sensor PIR dapat mendeteksi tikus dengan panjang maksimal 100 cm dan sudut deteksi hingga $73,74^{\circ}$. Kemudian, sensor debu dapat mendeteksi debu dengan nilai *error* 0,88%. Alat untuk melacak posisi tikus dan debu pada ruangan *storage*, terhubung dengan aplikasi yang telah dirancang menggunakan Firebase dan Flutter serta data yang dikirim oleh alat akan disimpan ke dalam Google Sheets dengan nilai akhir dari *User Acceptance Test* yaitu 95%.

Kata Kunci: PIR HCSR501, GP2Y1010AU0F, Firebase, Flutter, Ruangan

Storage

ABSTRACT

PELACAKAN POSISI TIKUS DAN DEBU PADA RUANGAN STORAGE MUSEUM LAMPUNG BERBASIS ANDROID

from :

Achmad Musyawir Haikal Fakari

Museum Lampung has the responsibility of serving as a place for the protection and preservation of culturally significant artifacts within the Lampung region, ensuring that they are passed down to future generations. The museum maintains a storage room for storing historical collections; however, this storage area is often neglected, resulting in damage to the collections by rodent pests (such as rats) and the accumulation of dust on the artifacts. As a form of preventive conservation, this research aims to track the positions of rodents and dust in the storage room and develop an application for monitoring the presence of these pests. To track the positions of rodents and dust in the storage room, we utilize the following sensors: the HCSR501 PIR sensor for rodent detection, placed in 9 zones, and the GP2Y1010AU0F dust sensor, placed in 8 zones, covering the entire storage area. The PIR sensor operates by detecting infrared radiation and triggers a buzzer if rodents are detected. Meanwhile, the dust sensor is used to determine the dust levels in each zone of the storage room with an accuracy rate of 97%. The PIR sensor can detect rodents within a maximum range of 100 cm and a detection angle of up to 73.74 degrees. The dust sensor can detect dust with an error rate of 0.88%. The tracking system for rodents and dust within the storage room is connected to an application designed using Firebase and Flutter. Data transmitted by the tracking system is stored in Google Sheets, achieving a User Acceptance Test (UAT) score of 95%. This research represents a scientific approach to the conservation of cultural artifacts, addressing the critical issue of pest and dust damage in museum storage facilities, ensuring the preservation of Lampung's cultural heritage for future generations.

Keywords: *PIR HCSR501, GP2Y1010AU0F, Firebase, Flutter, Storage Room*

**PELACAkan POSISI TIKUS DAN DEBU PADA RUANGAN *STORAGE*
MUSEUM LAMPUNG BERBASIS ANDROID**

Oleh

ACHMAD MUSYAWIR HAIKAL FAKARI

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

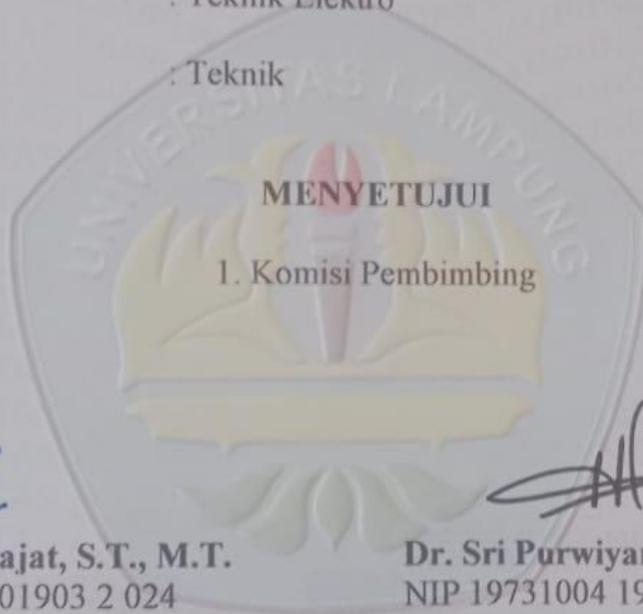
Judul Skripsi : PELACAKAN POSISI TIKUS DAN DEBU PADA
RUANGAN STORAGE MUSEUM LAMPUNG
BERBASIS ANDROID

Nama Mahasiswa : Achmad Musyawir Haikal Fakari

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915031019

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T.
NIP 19910610 201903 2 024

Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19731004 199803 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001

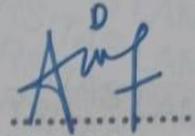
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

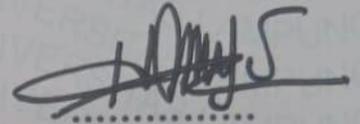
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

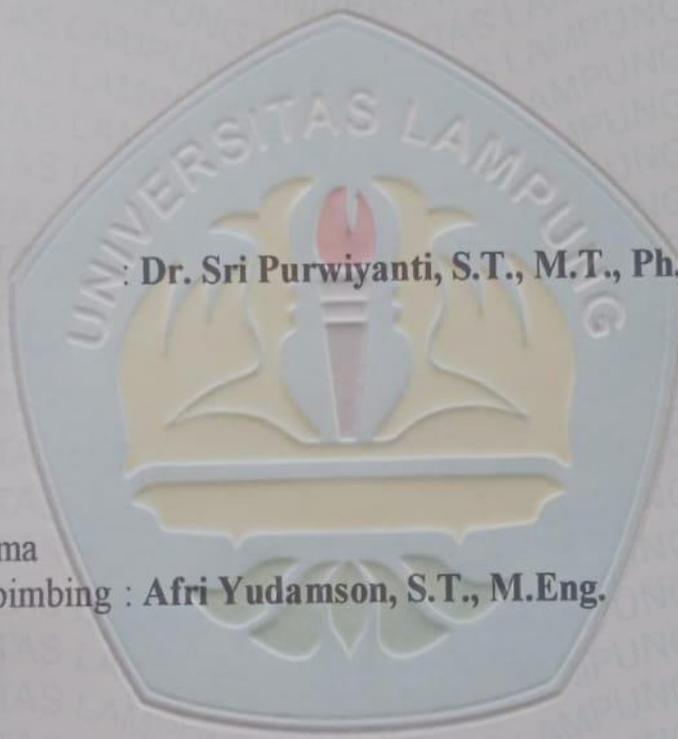
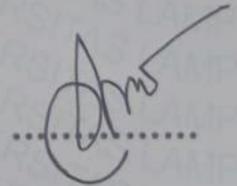
Ketua : **Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T.**



Sekretaris : **Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D.**



Penguji Utama
Bukan Pembimbing : **Afri Yudamson, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. j
NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 Agustus 2023**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 31 Agustus 2023



Achmad Musyawir Haikal Fakari

NPM. 1915031019

RIWAYAT HIDUP



Penulis Lahir di Palembang, pada tanggal 31 Agustus 2001 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara, anak dari bapak Maryudi dan ibu Maisaroh. Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN 3 Sekayu pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 7 Sekayu diselesaikan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Sekayu diselesaikan pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro sebagai Anggota Divisi Kewirausahaan. Pada semester 5, penulis mengambil konsentrasi Elektronika dan Kendali (Elkaken), dan menjadi asisten Laboratorium Teknik Kendali. Selama menjadi asisten Teknik Kendali, penulis pernah menjadi Koordinator Staff Asisten periode 2022-2023. Pada bulan Mei — November 2022 penulis melaksanakan magang di Museum Negeri Lampung Ruwa Jurai sebagai *Web Development* dan *Internet of Things Developer* serta menyelesaikan *project* 3D Navigasi. Prestasi yang pernah diraih oleh penulis yaitu, penulis pernah lolos dan mendapat pendanaan dalam Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) Universitas Lampung dan meraih Bronze Medal dalam kegiatan E-Action 2022.



PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Ridho Allah SWT
Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW
Karya Tulis ini ku persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Maryudi dan Maisaroh

Serta Adik-adikku Tersayang

Ade Razzif Ramadhanni
Syapril Ibrahim Al-Ghazali

Terimakasih untuk semua dukungan dan doa selama ini
Sehingga aku dapat menyelesaikan hasil karyaku ini





MOTTO



“Selesaikan apa yang kamu mulai”—Fakari

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhan-mu lah kamu berharap”

(Q.S Al-Insyirah: 6-8)

“Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan, dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.”

(Q.S Yasin:40)

“...dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada Engkau ya Rabbku”

(Q.S Maryam : 4)

“Today a Reader, Tomorrow a Leader”

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul “**Pelacakan Posisi Tikus dan Debu pada Ruang *Storage* Museum Lampung Berbasis Android**” dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam, Nabi Muhammad SAW. sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari akhir zaman. Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr.Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati,S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih,S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Ibu Umi Murdika S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Kendali Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
6. Ibu Anisa Ulya Darajat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama, yang telah banyak membantu, membimbing dan memberi dukungan kepada penulis.

7. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan motivasi, saran dan dukungan kepada penulis.
8. Bapak Afri Yudamson, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji utama, yang telah banyak memberikan kritik, saran, suasana yang ceria dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.
9. Ibu Dr.Eng. Diah Permata, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
10. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan
11. Kak Perdana Agung Nugraha, S.T. selaku PLP Laboratorium Teknik Kendali yang telah banyak membantu dalam mengerjakan skripsi ini.
12. Ayahanda Maryudi, Ibunda Maisaroh, Adik Ade Razzif Ramadhanni, dan Adik Syapril Ibrahim Al-Ghazali sebagai orang yang selalu mendukung dan mendo'akan penulis.
13. Pemilik NPM 1917051019, sebagai orang spesial bagi penulis, yang selalu ada untuk menemani, memotivasi, menghibur, dan membantu penulis dalam setiap proses pengerjaan skripsi ini.
14. Sahabat penulis saat kuliah hingga saat ini dan seterusnya, yaitu Fadillah, Fiddy, Aqil, Raple, Najmi, Dery, Alep, Bagung, Rafi, Murti, Usman yang selalu memberi penulis dukungan, semangat, dan menghibur penulis di saat senang maupun sedih.
15. Keluarga penulis di Laboratorium Teknik Kendali yang selalu memberikan dukungan, hiburan, pertolongan, dalam setiap proses apapun selama menjadi asisten laboratorium teknik kendali.
16. Keluarga besar AnganSaka, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
17. Keluarga besar ETERNITY Angkatan 2019, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.

18. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
19. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan terlibat langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam pembuatan skripsi.

Semoga Allah SWT membalas semua perbuatan dan kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini. Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun pemilihan kata. Maka dari itu penulis terbuka untuk menerima masukan kritik dan saran yang dapat membangun Penulis kedepannya. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 31 Agustus 2023

Penulis,

Achmad Musyawir Haikal Fakari

DAFTAR ISI

I.	PENDAHULUAN	1
1.1.	Latar Belakang.....	1
1.2.	Tujuan.....	3
1.3.	Manfaat Penelitian.....	3
1.4.	Rumusan Masalah	3
1.5.	Batasan Penelitian	3
1.6.	Hipotesis	4
1.7.	Sistematika Penulisan.....	4
II.	KAJIAN PUSTAKA DAN TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.	Kajian Pustaka	5
2.2.	Teori Dasar	6
2.2.1	Konservasi Preventif	6
2.2.2	Binatang Pengerat	7
2.2.3	Debu	8
2.2.4	Mikrokontroler	8
2.2.5	Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR).....	9
2.2.6	Sensor Debu GP2Y1010AU0F	9
2.2.7	Arduino IDE.....	11
2.2.8	Aplikasi	11
2.2.9	<i>Database</i>	12
2.2.10	Google Sheets	12
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2.	Alat dan Bahan	13
3.3.	Metode Penelitian.....	14

3.4.	Diagram Alir Penelitian.....	15
3.5.	Perancangan Sistem.....	16
3.5.1	Perancangan <i>Hardware</i>	17
3.5.1.1	Diagram Blok Alat.....	17
3.5.1.2	Skema Perancangan Alat.....	18
3.5.1.3	Denah Lokasi Zona Deteksi.....	19
3.5.2	Perancangan <i>Software</i>	20
3.5.2.1	Perancangan Aplikasi.....	21
3.5.2.2	<i>Data Flow Diagram</i>	21
3.5.2.3	Perancangan Tampilan Aplikasi.....	23
3.6.	Pengujian Sistem.....	24
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1	Prinsip Kerja.....	26
4.2	Pengujian Subsistem.....	27
4.2.1	Pengujian <i>Hardware</i>	27
4.2.1.1	Kalibrasi Sensor.....	28
4.2.1.1.1	Kalibrasi Sensor PIR HC-501.....	28
4.2.1.1.2	Kalibrasi Sensor Debu GP2Y1010AU0F.....	29
4.2.1.2	Pengujian Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR) HC-SR501.....	30
4.2.1.2.1	Pengujian Kinerja <i>Setting Time</i> Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR) HC-SR501.....	30
4.2.1.2.2	Pengujian Fungsionalitas Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR) HC-SR501.....	34
4.2.1.2.2.1	Pengujian Terhadap Jarak Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR) HC-SR501.....	35
4.2.1.2.2.2	Pengujian <i>Delay</i> Pembacaan Sensor PIR Terhadap Jarak.....	36
4.2.1.2.2.3	Pengujian Terhadap Sudut Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR).....	42
4.2.1.2.2.4	Pengujian <i>Delay</i> Terhadap Sudut Sensor PIR HC-SR501.....	45
4.2.1.2.2.5	Pengujian Akurasi Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR) HC-SR501.....	54
4.2.1.3	Pengujian Sensor Debu GP2Y1010AU0F.....	57
4.2.1.3.1	Pengujian Fungsional Sensor Debu Secara Manual.....	57
4.2.1.3.2	Pengujian Fungsional Sensor Debu pada Ruangan <i>Storage</i>	61

4.2.1.3.2 Pengujian Akurasi Sensor Debu pada Ruangan <i>Storage</i>	62
4.2.2 Pengujian <i>Software</i>	65
4.2.2.1 Pengujian <i>Database</i>	65
4.2.2.2 Pengujian Aplikasi	67
4.2.2.3 Pengujian <i>Delay Software</i>	74
4.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	75
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
5.1 Kesimpulan	82
5.1 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penjagaan Koleksi di Museum Lampung.....	7
Gambar 2.2. Sensor <i>Passive Infra Red</i> (PIR).....	9
Gambar 2.3. Grafik Hubungan Tegangan Keluaran dan <i>Dust Density</i>	10
Gambar 2.4. Sensor Debu GP2Y1010AU0F	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sistem.....	17
Gambar 3. 3 Diagram Blok Alat	18
Gambar 3. 4 Skema Perancangan Sistem (a) Deteksi Tikus, (b) Deteksi Debu	19
Gambar 3. 5 Denah Lokasi Zona (a) Deteksi Tikus, (b) Deteksi Debu	20
Gambar 3.6 Denah 3D Ruangan <i>Storage</i> (a) Tampak Atas, (b) Tampak Depan, (c) Tampak Samping	21
Gambar 3. 7 <i>Data Flow Diagram</i> . (a) DFD Konteks, (b) DFD Tingkat 1	22
Gambar 3. 8 Diagram <i>Use Case</i>	23
Gambar 3.9 Hasil Perancangan Tampilan Aplikasi	24
Gambar 4.1 Lokasi Deteksi Sensor.....	28
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian <i>setting time</i> sensor PIR HC-SR501	34
Gambar 4.3 Skema Pengujian Sensor PIR terhadap Jarak.....	35
Gambar 4.4 Grafik data hasil pengujian sensor PIR terhadap jarak	36
Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 1	39
Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 2	39
Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 3	40

Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 4	40
Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 5	40
Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 6	41
Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 7	41
Gambar 4.12 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 8	41
Gambar 4.13 Grafik hasil pengujian <i>delay</i> pembacaan sensor PIR terhadap Jarak pada zona 9	42
Gambar 4.14 Skema Pengukuran Sudut Pembacaan Sensor PIR	42
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Sudut Pembacaan Sensor PIR.....	44
Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 1.....	51
Gambar 4.17 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 2.....	51
Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 3.....	52
Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 4.....	52
Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 5.....	52
Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 6.....	52
Gambar 4.22 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 7.....	53
Gambar 4.23 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 8.....	53
Gambar 4.24 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR Terhadap Sudut Zona 9.....	53
Gambar 4.25 Grafik Hasil Pengujian Fungsional Sensor Debu Secara Manual.....	60
Gambar 4.26 Grafik Data Hasil Pengujian Sensor Debu di Ruangan <i>Storage</i>	62
Gambar 4.27 Tampilan Awal Firebase	66
Gambar 4.28 Firebase Konsol.....	66
Gambar 4.29 Tampilan Realtime <i>Database</i>	67
Gambar 4.30 Logo Apk	68
Gambar 4.31 <i>Splash Screen</i>	69
Gambar 4.32 <i>Widget Welcome</i>	69
Gambar 4.33 <i>Widget Home</i>	70

Gambar 4.34 <i>Widget</i> Deteksi Tikus	70
Gambar 4.35 <i>Widget</i> Deteksi Debu.....	71
Gambar 4.36 Notifikasi Perubahan <i>Value</i>	72
Gambar 4.37 Grafik Data Hasil Deteksi Tikus	77
Gambar 4.38 Grafik Data Hasil Deteksi Debu.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Sensor Debu GP2Y1010AU0F	11
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	14
Tabel 3. 2 Tahapan Perancangan Aplikasi.....	22
Tabel 3. 3 Pengujian Sistem Deteksi Tikus Sensor PIR	24
Tabel 3. 4 Pengujian Sistem Deteksi Debu Sensor Debu GP2Y1010AU0F	25
Tabel 4.1 Perbandingan Akurasi Sensor PIR pada Alat dan <i>Datasheet</i>	28
Tabel 4.2 Kalibrasi Sensor Debu dengan <i>Datasheet</i>	29
Tabel 4.3 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 1.....	31
Tabel 4.4 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 2	31
Tabel 4.5 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 3.....	31
Tabel 4.6 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 4.....	32
Tabel 4.7 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 5.....	32
Tabel 4.8 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 6.....	32
Tabel 4.9 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 7.....	33
Tabel 4.10 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 8.....	33
Tabel 4.11 Hasil pengujian <i>setting time</i> pada zona 9.....	33
Tabel 4.12 Hasil pengujian sensor PIR terhadap jarak	35
Tabel 4.13 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 1.....	37
Tabel 4.14 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 2.....	37
Tabel 4.15 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 3.....	37
Tabel 4.16 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 4.....	37
Tabel 4.17 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 5.....	38
Tabel 4.18 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 6	38
Tabel 4.19 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 7.....	38
Tabel 4.20 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 8.....	38

Tabel 4.21 Pengujian <i>delay</i> sensor PIR terhadap jarak pada zona 9.....	39
Tabel 4.22 Pengujian Sudut Pembacaan Sensor PIR.....	43
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Sudut Deteksi	44
Tabel 4.24 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 1	45
Tabel 4.25 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 2.....	46
Tabel 4.26 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 3.....	46
Tabel 4.27 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 4.....	47
Tabel 4.28 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 5	48
Tabel 4.29 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 6.....	48
Tabel 4.30 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 7	49
Tabel 4.31 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 8.....	50
Tabel 4.32 Pengujian <i>Delay</i> Sensor PIR terhadap Sudut pada Zona 9.....	50
Tabel 4.33 Rata-rata Respon Sensor PIR Terhadap Sudut	54
Tabel 4.34 Hasil Akurasi Pelacakan Tikus	54
Tabel 4.35 <i>Confusion Matrix</i> Hasil Akurasi Sensor PIR.....	55
Tabel 4.36 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 1	58
Tabel 4.37 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 2.....	58
Tabel 4.38 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 3.....	58
Tabel 4.39 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 4.....	59
Tabel 4.40 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 5.....	59
Tabel 4.41 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 6.....	59
Tabel 4.42 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 7	60
Tabel 4.43 Data Hasil Pengujian Sensor Debu Secara Manual Zona 8.....	60
Tabel 4.44 Pengujian Sensor Debu di Ruangan <i>Storage</i> Museum Lampung.....	61
Tabel 4.45 Hasil Percobaan Deteksi Debu.....	63
Tabel 4.46 Pengujian Akurasi Sensor Debu menggunakan <i>Confusion Matrix</i>	64
Tabel 4.47 Hasil Pengujian Integrasi Menggunakan Metode <i>Black Box Testing</i>	72
Tabel 4.48 <i>Testing</i> Fungsionalitas Aplikasi	74
Tabel 4.49 Data Hasil Pengujian <i>Delay</i> Notifikasi Deteksi Tikus.....	75
Tabel 4.50 Data Hasil Pengujian <i>Delay</i> Notifikasi Deteksi Debu	75
Tabel 4.51 Data Deteksi Tikus Ruangan <i>Storage</i> Museum Lampung.....	76
Tabel 4.52 Data Deteksi Debu Ruangan <i>Storage</i> Museum Lampung	78

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Museum merupakan tempat vital pada sebuah tempat dengan fungsi menjaga dan melestarikan sejarahnya. Museum Lampung juga salah satu tempat perlindungan, pelestarian, pemanfaatan dan pemeliharaan benda yang memiliki budaya di wilayah Lampung. Museum Lampung juga sebagai pemelihara budaya Lampung dengan tanggung jawab agar budaya Lampung ini bisa diwariskan secara utuh oleh generasi muda [1,2].

Museum Lampung memiliki dua tempat utama yaitu bangunan pameran dan ruangan penyimpanan atau *storage*. Bangunan pameran terdapat bagian-bagian tergantung apa yang disajikan kepada pengunjung. Satu dari tiga seluruh koleksi yang dimiliki Museum Lampung berada di bangunan pameran, sedangkan dua dari tiga seluruh koleksi berada di ruangan *storage*.

Ruangan *storage* memiliki empat ruangan untuk menyusun koleksi-koleksi yang dimiliki Museum Lampung. Ruangan *storage* ini berfungsi untuk tempat menyimpan, merawat dan memperbaiki koleksi agar saat perubahan koleksi yang dipamerkan, koleksi masih dalam keadaan bagus dan terawat. Namun, dalam fungsinya tidak terlalu diperhatikan cara perawatan untuk ruangan *storage* agar koleksi didalamnya tidak mengalami kerusakan dari binatang pengerat dan debu.

Terdapat dua cara dalam perawatan atau penjagaan barang peninggalan yaitu konservasi kuratif dan konservasi preventif. Perbaikan barang peninggalan barang bersejarah yang telah mengalami kerusakan oleh petugas yang bisa memperbaikinya merupakan tujuan dari konservasi kuratif. sedangkan aksi dalam bentuk perawatan, pemeliharaan dan penjagaan termasuk tujuan konservasi preventif.

Pengusiran binatang pengerat dari koleksi termasuk kedalam bentuk konservasi preventif. Binatang pengerat bisa merusak koleksi dengan menggigit koleksi atau meninggalkan kotorannya. Binatang pengerat yang biasanya mengganggu koleksi di ruangan *storage* yaitu tikus. Tikus adalah salah satu hewan yang mengganggu kehidupan manusia. Manusia terganggu dengan kehidupan tikus dikarenakan tikus dapat menyebabkan berbagai penyakit ke manusia [4].

Selain binatang pengerat, debu juga bisa merusak koleksi jika tidak dibersihkan. Debu yaitu partikel yang berada di udara disebut *Suspended Particulated Matter* (SPM) dengan besar ukuran 1 sampai 500 *micron*(μ). Debu atau partikel kecil ini didapat dari hasil pembakaran bahan bakar minyak, terutama partikulat halus atau *Particulate Matter* (PM_{10}) yang termasuk partikel debu berukuran 10 *mikron* [3]. Debu yang berada di sirkulasi udara ruangan *storage* bisa menempel pada koleksi. Koleksi yang rentan rusak jika terkena debu secara terus-menerus seperti kain dan koleksi berbahan kayu. Dampak dari debu bisa mempengaruhi tampilan warna dari kain dan lainnya serta jika terkena debu secara terus-menerus bisa menyebabkan tumbuh jamur.

Upaya dalam pemberantasan tikus dan pembersihan ruangan *storage* untuk benda bersejarah di Museum Lampung masih dengan cara sederhana yaitu kontrol ruangan oleh pegawai secara langsung. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya alat yang dapat mencegah agar binatang pengerat tidak merusak koleksi dan memberitahukan nilai konsentrasi debu di ruangan *storage*. Oleh karena itu, akan dirancang alat dengan memanfaatkan sensor *Passive Infra Red* (PIR) dan sensor debu GP2Y1010AU0F serta bisa dipantau melalui aplikasi sebagai bentuk dari konservasi preventif di ruangan *storage*.

Pada penelitian ini digunakan teknologi dari kedua sensor untuk melacak tikus dan debu agar diketahui zona mana yang paling sering diganggu tikus dan mudah terkena paparan debu, berdasarkan jurnal [5] dilakukan *tracking* atau pelacakan dengan teknologi PIR untuk tujuan menerapkan lingkungan rumah pintar dengan contoh dapat diketahui pergerakan orang di dalam rumah untuk mengidentifikasi pengaturan pencahayaan, suhu dan pemberian perawatan

kesehatan yang dipersonalisasi. Sehingga dapat dilakukan *tracking* sekaligus konservasi preventif pada ruangan *storage* Museum Lampung.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem yang dapat melakukan pelacakan lokasi tikus dan debu pada ruangan *storage* Museum Lampung.
2. Merancang aplikasi dengan fungsi memonitoring keadaan ruangan *storage* dari keberadaan binatang pengerat dan debu.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan bentuk konservasi preventif untuk pertahanan dari binatang pengerat dan memantau kebersihan udara ruangan *storage* Museum Lampung agar tidak merusak koleksi serta memberikan informasi untuk perlunya konservasi kuratif secara cepat dan tepat.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu Museum Lampung mempunyai dua bangunan utama, bangunan pameran dan bangunan *storage*. Pada bangunan *storage* terbagi menjadi empat ruangan penyimpanan berdasarkan jenis bahan dari barang koleksi. Terdapat bahan barang koleksi seperti keramik, kayu dan kain yang rentan rusak jika tidak dirawat dan dijaga dari binatang pengerat serta kebersihannya dari debu. Diperlukan suatu alat sebagai bentuk konservasi preventif untuk ruangan *storage* dengan fungsi mengusir binatang pengerat dan memantau kebersihan debu di udara agar tidak menempel di koleksi pada ruangan *storage*.

1.5. Batasan Penelitian

Untuk menghindari pembahasan yang lebih luas, maka penelitian ini dibatasi pada suatu ruang lingkup. Ruang lingkup tersebut adalah sebagai berikut:

1. Alat yang telah dibuat diuji di ruangan *storage* Museum Lampung dengan luas 6 x 8 Meter.

2. Hanya melakukan pengujian untuk binatang pengerat yaitu tikus.

1.6. Hipotesis

Perangkat yang dirancang dapat mendeteksi binatang pengerat (tikus) dan mengidentifikasi nilai densitas debu serta mengirimkan data ke *database* dan ditampilkan pada aplikasi yang telah dirancang.

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada proposal ini adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat, hipotesis, dan sistematika penulisan penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memaparkan tentang landasan teori dari penelitian ini yang didapat dari sumber buku, jurnal, serta penelitian terdahulu.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini memaparkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil yang dirancang dan menganalisa data yang didapatkan.

BAB 5. PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang didasarkan pada hasil data dan pembahasan.

II. KAJIAN PUSTAKA DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian membahas mengenai *tracking* posisi tikus dan debu pada ruangan *storage* Museum Lampung. Dalam rentang waktu tahun 2019 hingga 2022, beberapa artikel tersebut digunakan sebagai referensi.

Penelitian Dan Yang, Bin Xu, Kaiyou dan Weihua Sheng [5] dengan judul “*Passive Infrared (PIR)-Based Indoor Position Tracking for Smart Homes Using Accessibility Maps and A-Star Algorithm*”. Penelitian ini dilakukan dengan sensor PIR sebagai *input* dan melibatkan peta aksesibilitas dan algoritma A-Star. Proses dalam penelitian ini menjelaskan pelacakan terhadap posisi manusia menggunakan metode algoritma A-Star dapat ditentukan secara akurat. Dalam rumah pintar, pelacakan posisi dalam ruangan dapat memiliki berbagai fungsi, seperti pengaturan pencahayaan dan suhu, sistem keamanan dan pemberian perawatan kesehatan yang dipersonalisasi.

Penelitian selanjutnya dengan judul “*Prototype Alat Pendeteksi dan Pengusir Tikus pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno*”. Penelitian tersebut dilaksanakan oleh Susi Tarwianti E.R dan teman-temannya membahas sensor PIR sebagai *input* dan *audio generator* sebagai *output* serta informasinya dapat dipantau dengan notifikasi SMS. Dengan menggunakan frekuensi 30-40 kHz dapat mengganggu pendengaran tikus [6].

Penelitian yang dilakukan Adelia Kencana Putri dan teman-temannya berjudul “*Sistem Pemantau Densitas Debu Gudang Elektronik*” Perancangan dan Analisanya”. Penelitian ini menggunakan sensor debu GP2Y1010AU0F dan sensor suhu DHT11 sebagai masukannya serta hasil pembacaan sensor ditampilkan pada web. Pada penelitian ini menguji hubungan densitas debu dan

suhu serta densitas debu dengan kelembaban, kesimpulan yang didapat bahwa tidak terdapat hubungan antara densitas debu dan suhu serta kelembaban [7].

Penelitian yang dilakukan oleh Fahri Syeha Maulana dan teman-temannya dengan judul “Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu Pada Ruangan Menggunakan Aplikasi Telegram Berbasis IoT”. Penelitian ini menggunakan sensor debu dan suhu agar mengetahui ketebalan debu dan tingkatan suhu serta mengirimkan informasi ke telegram sebagai *display*-nya. Data yang dikirimkan ke telegram berupa nilai suhu, kelembaban, sinyal, tegangan dan ketebalan debu sehingga bisa memantau kebersihan dan kesehatan ruangan [8].

Berdasarkan referensi yang didapatkan, perbedaan pada penelitian ini yaitu dengan menggabungkan sensor PIR dan sensor debu GP2Y1010AU0F sebagai *input* untuk menjaga koleksi di ruangan *storage* Museum Lampung dan dapat di-*monitoring* pada aplikasi yang terhubung *internet* serta menambahkan proses pelacakan atau *tracking* agar bisa memberikan keputusan yang tepat.

2.2. Teori Dasar

Teori dasar merupakan sekumpulan konsep yang dipakai dan saling berhubungan dalam penelitian. Terdapat beberapa pembahasan terkait penelitian seperti konservasi preventif, binatang pengerat, debu, mikrokontroler, sensor PIR, sensor debu, aplikasi, *database* dan Google Sheets.

2.2.1 Konservasi Preventif

Konservasi ini menjadi salah satu pekerjaan penting yang harus ditangani oleh museum. Berdasarkan tindakan yang dilakukan dan tujuannya, *International Council of Museum* (ICOM) dalam Rozaq et al. membagi praktik konservasi ke dalam tiga jenis yakni konservasi remedi (*remedial conservation*), konservasi preventif (*preventive conservation*), dan restorasi (*restoration*) [9]. Konservasi preventif yang dilakukan di ruangan *storage* Museum Lampung dengan melindungi koleksi dari binatang pengerat dan memonitoring kebersihan udara sehingga koleksi tidak kotor dan rusak akibat debu. Gambar 2.1 merupakan salah satu contoh bentuk dalam perlindungan dan penjagaan dari pengunjung di

Museum Lampung agar terhindar dari sentuhan serta tidak dicuri dengan menambahkan lemari kaca pada koleksi.



Gambar 2.1 Penjagaan Koleksi di Museum Lampung

2.2.2 Binatang Pengerat

Binatang pengerat berjenis seperti tupai, tikus, hamster dan landak serta masih banyak lagi. Binatang pengerat biasanya memiliki kelincihan dalam memanjat, berlari dan melompat serta berukuran kecil. Terdapat beberapa jenis binatang pengerat yang dijadikan sebagai peliharaan oleh manusia seperti hamster karena bentuknya yang lucu, namun terdapat juga binatang pengerat yang meresahkan manusia seperti tikus.

Kerusakan dari binatang pengerat mengakibatkan koleksi yang berada di ruangan *storage* bisa rusak parah. Binatang pengerat seperti tikus yang paling banyak menjadi permasalahan. Tikus termasuk dalam jenis binatang pengerat, yang merupakan binatang perusak kertas yang dirasa sulit ditangani. Jenis-jenis tikus seperti tikus coklat/tikus rumah, tikus hitam, tikus putih dan tikus sawah. Tikus bisa memakan buku atau juga kertas yang dijadikan untuk tempat tinggal sarang mereka [10]. Tikus adalah binatang yang sangat tidak disukai dalam kehidupan dan bisa membahayakan koleksi jika sampai digigit atau terkena kotorannya. Tikus biasanya takut atau merasa terganggu dengan suara berfrekuensi tinggi dan tikus juga tidak menyukai bau-bau yang menyengat.

2.2.3 Debu

Debu merupakan partikel padat yang sangat kecil sehingga bisa berterbangan di udara dan menempel pada benda-benda. Debu juga merupakan musuh untuk buku karena selain kesehatan terganggu, debu dapat menimbulkan noda, memburamkan tulisan dalam buku, menularkan jamur [11]. Debu bisa menyebabkan ruangan menjadi kotor dan barang-barang seperti kertas dan kayu bisa berjamur. Banyak juga akibat kerusakan yang ditimbulkan oleh debu baik dari segi estetika maupun kesehatan. Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.41 Tahun 1999 terdapat Indeks Standar Pencemar Udara untuk mempertimbangkan tingkat mutu terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan dan nilai estetika dengan nilai baku densitas debu atau PM_{10} $150 \mu g/Nm^3$ [17, 18].

2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer yang berperan sebagai otak dalam jalannya suatu sistem. Terdapat beberapa jenis untuk mikrokontroler seperti Arduino Uno, Arduino Mega 2560 dan NodeMCU.

Arduino Uno merupakan mikrokontroler dengan ATmega328P memiliki 14 pin *input/output*, 6 *input* analog serta dapat disambungkan dengan komputer menggunakan kabel USB. Kemudian, Arduino Mega 2560 merupakan mikrokontroler dengan prosesor ATmega2560 yang memiliki 54 pin *input/output*, 16 pin analog, 4 UART (*port serial* perangkat keras) dan dapat juga disambungkan ke komputer dengan kabel USB.

NodeMCU adalah salah satu dari mikrokontroler dan sudah dilengkapi modul WIFI ESP8266. NodeMCU sangat cocok sebagai mikrokontroler dalam pembuatan *project* IoT (*Internet of Things*). Board elektronik dengan didasari *chips* ESP8266 memiliki kemampuan yaitu berfungsi sebagai mikrokontroler dan dapat terkoneksi internet (*wifi*) biasa dikenal dengan sebutan NodeMCU. Aplikasi pemantauan dan *controlling* dapat dikembangkan melalui beberapa pin I/O yang ada [8]. NodeMCU bisa diakses menggunakan aplikasi Arduino IDE dan pemrogramannya menggunakan bahasa C.

2.2.5 Sensor *Passive Infra Red* (PIR)

Sensor *Passive Infra Red* (PIR) merupakan komponen elektronika sebagai sensor *motion* atau gerak. Sensor PIR berfungsi sebagai penerima sinar infra merah dari gerakan yang memiliki panas tubuh. Sensor PIR dirancang dan dibuat hanya untuk mendeteksi pancaran dan pantulan infra merah dengan panjang gelombangnya 8-14 mikrometer, selain dari panjang gelombang yang dipancarkan sensor tidak dapat mendeteksinya [12].



Gambar 2.2 Sensor *Passive Infra Red* (PIR)

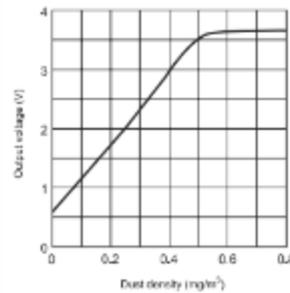
Gambar 2.2 yang merupakan bentuk fisik dari sensor PIR. Terdapat tiga kaki yang bisa disambungkan dengan mikrokontroler, terdiri dari

1. DC Power, sebagai penghubung untuk input tegangan dengan rentan 3 sampai 12 Volt.
2. Output Digital, sebagai penghubung dengan keluaran yang biasanya digital
3. Ground, sebagai penghubung yang dihubungkan dengan ground (GND)

2.2.6 Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Sensor debu GP2Y1010AU0F merupakan sensor dengan basis infra merah dengan fungsi mendeteksi partikel yang sangat halus seperti debu atau asap rokok dan partikel padat lainnya. Prinsip kerja dari sensor debu adalah dengan mendeteksi debu ataupun partikel yang lain kemudian akan dipantulkan cahaya ke bagian penerima, pada partikel melewati keseluruhan permukaan, kemudian oleh *photodiode* diubah menjadi tegangan. Tegangan harus diperkuat untuk bisa menampilkan perubahan. *Output* sensor debu yaitu tegangan analog sama dengan kepadatan debu yang terukur yang sensitivitas $0.5V/0.1 \text{ mg/m}^3$ [13].

Untuk mendapatkan suatu persamaan linear perbandingan antara tegangan keluaran dan *Dust Density* didapatkan dari *datasheet* grafik perbandingannya seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Tegangan Keluaran dan *Dust Density*

Persamaan linear untuk mendapatkan nilai densitas debu yang tertera pada [19] ditunjukkan pada persamaan 2.1

$$\text{Densitas debu (mg/m}^3\text{)} = 0,17 (V_0) - 0,1 \quad (2.1)$$

Kemudian untuk merubah satuan densitas debu dari satuan (mg/m^3) menjadi satuan ($\mu\text{g/m}^3$) ditunjukkan pada persamaan 2.2

$$(\mu\text{g/m}^3) = (0,17(V_0) - 0,1) * 1000 \quad (2.2)$$

Gambar 2.4 yang merupakan bentuk fisik atau luaran dari sensor debu GP2Y1010AU0F.



Gambar 2.4 Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Adapun karakteristik dari sensor debu GP2Y1010AU0F dapat dilihat pada Tabel 2.1 yang menjelaskan parameter, simbol, kondisi, minimal, maksimal dan unitnya

Tabel 2.1 Karakteristik Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Parameter	Simbol	Min	Maks	Unit
<i>Output voltage at no dust</i>	V_{OC}	0	1.5	V
<i>Output voltage range</i>	V_{OH}	3.4	-	V
Sensitivitas	K	0.35	0.65	$\text{V}/(0.1 \text{ mg/m}^3)$
<i>LED terminal current</i>	I_{LED}	-	20	mA
Arus terpakai	I_{CC}	-	20	mA

2.2.7 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang dipakai untuk memprogram apa yang akan dijalankan pada mikrokontroler. *Software* ini menggunakan bahasa pemrograman C dalam proses pembuatan programnya. Selain sebagai *editor program*, *Arduino IDE* juga dapat mengkompilasi atau mengontrol program yang ditujukan untuk memudahkan pembuatan program oleh *programmer*.

Program yang akan ditulis pada *Arduino IDE* disebut dengan *sketch*. *Sketch* akan ditulis dalam *text editor* dengan ekstensi *file.ino*. Bagian Editor pada *Arduino Uno* memiliki fitur untuk *cutting* atau *pasting teks*, kemudian *Message Area* berfungsi untuk *feedback* saat menyimpan program dan juga untuk menampilkan kesalahan pada program.

2.2.8 Aplikasi

Aplikasi merupakan *software* yang dipakai pada *smartphone* dengan fungsi tertentu, dapat berfungsi sebagai pengirim pesan, menelpon, mencari berita terkini dan masih banyak lagi. *Platform* dalam pembuatan aplikasi seperti *MIT APP Inventory* atau *android studio*, serta bisa memakai *Flutter* sebagai platform pembuatan aplikasi

App Inventor yaitu aplikasi *web* yang *open source* dan dikembangkan oleh *Google*, saat ini dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*. *App Inventor* bisa memungkinkan pengguna untuk membuat program komputer dalam mengembangkan aplikasi perangkat lunak pada sistem operasi *Android* [14]. Selain memakai *App Inventor*, dengan menggunakan *platform* lain seperti *Flutter* dapat membuat aplikasi lebih terstruktur.

Flutter adalah sebuah *platform* yang sifatnya *open source framework* oleh *Google* untuk membuat aplikasi *multi-platform* yang bagus dan dikompilasi dari *codebase* [16]. Fitur yang dapat dirancang menggunakan *Flutter* seperti *splash screen* yang biasanya sebagai layar *start up* untuk setiap aplikasi, *navigation bar* digunakan sebagai panduan untuk berpindah halaman dan *home* yaitu halaman *main* atau utama yang terdapat pada aplikasi.

2.2.9 Database

Database bisa dikatakan tempat penyimpanan data dengan ketentuan tertentu yang dapat dikelola serta dengan penjagaan yang aman. Banyak sekali fungsi penggunaan dari *database*, seperti mengelola data pegawai dan mengelola data kesehatan. Firebase juga merupakan salah satu dari contoh *database*.

Firebase adalah *platform* yang ditujukan untuk aplikasi *realtime*. Ketika data *update*, maka tampilan pada aplikasi yang terhubung dengan Firebase akan berubah secara otomatis melalui setiap *device* baik *web* atau *mobile*. *Firebase* memiliki *library* yang lengkap sebagai *platform mobile* ataupun *web* serta bisa digabungkan dengan *framework* seperti Java Script, node, AngularJS serta lainnya.

Database pada Firebase adalah *database* dengan sifat *non-relational* atau *NoSQL*, dimana *database* ini merupakan jenis *database* yang tidak menggunakan system table dalam implementasinya serta tidak menyimpan data secara local pada perangkat melainkan pada awan [15].

2.2.10 Google Sheets

Google Sheets merupakan suatu program yang dibuat oleh Google berbasis *web* yang dapat berfungsi untuk menyimpan data dalam bentuk tabel. Google Sheets memiliki kesamaan dengan Microsoft Excel, namun terdapat beberapa perbedaan, yaitu dimana pada Google Sheets dapat mempermudah pengguna dalam pengerjaan *team*, dikarenakan dengan Google Sheets dapat melakukan pengaksesan *sheets* dengan banyak orang, dengan cara memberikan akses ke pengguna yang lain. Dalam Google Sheets juga terdapat beberapa eksistensi *add on*, yang dimana dapat mempermudah pengguna dalam mengolah data. Data yang dikelola dalam Google Sheets dapat diunduh dengan format file Microsoft Excel.

III.METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di ruangan *storage* Museum Provinsi Lampung “Ruwa Jurai” dari bulan Januari-Agustus 2023.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No.	Nama Komponen dan Perangkat Lunak	Keterangan Penggunaan
1	NodeMCU ESP8266, Arduino Uno dan Arduino Mega	Sebagai mikrokontroler dan pengiriman data
2	Sensor PIR (<i>Passive Infra Red</i>)	Sebagai sensor deteksi tikus
3	Sensor Debu GP2Y1010AU0F	Sebagai sensor debu
4	<i>Buzzer</i>	Sebagai komponen yang mengeluarkan suara
5	<i>Arduino</i> IDE	Sebagai perangkat lunak untuk membangun program yang akan dijalankan pada mikrokontroler
6	Flutter	Sebagai <i>platform</i> dalam pembuatan aplikasi
7	Firebase	Sebagai <i>platform</i> dalam pembuatan <i>real-time database</i>
8	Google Sheets	Sebagai penyimpanan data
9	Laptop Asus VivoBook	Sebagai perangkat keras untuk menjadi wadah dari perancangan sistem
10	<i>Handphone</i> Vivo Y21s	Sebagai perangkat keras untuk menjadi wadah dari hasil sistem

3.3. Metode Penelitian

Adapun metode penelitian dalam pengerjaan ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mempelajari materi-materi yang terkait dengan topic yang dibahas dalam tugas akhir, yaitu mengenai sensor PIR, sensor debu GP2Y1010AU0F, mikrokontroler, pemrograman di arduino IDE, pembuatan aplikasi dan *database* serta *internet of things*. Materi tersebut didapatkan dari buku, jurnal dan referensi dari *website* yang dapat dipertanggungjawabkan informasinya.

2. Studi Bimbingan

Studi bimbingan dilakukan dengan berdiskusi, tanya jawab dan mencari solusi bersama dosen pembimbing yang bertujuan meningkatkan wawasan lebih dalam proses pengerjaan tugas akhir.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini dimulai dari menentukan komponen yang akan digunakan sebagai kebutuhan dalam penelitian setelah itu memprogram mikrokontroler agar dapat membaca serta mengirim data ke *database* membuat aplikasi sebagai *display* data yang ditampilkan.

4. Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan penempatan sistem dan uji coba sistem yang dilakukan pada ruangan *storage* Museum Lampung dengan beberapa indikator.

5. Pengolahan Data

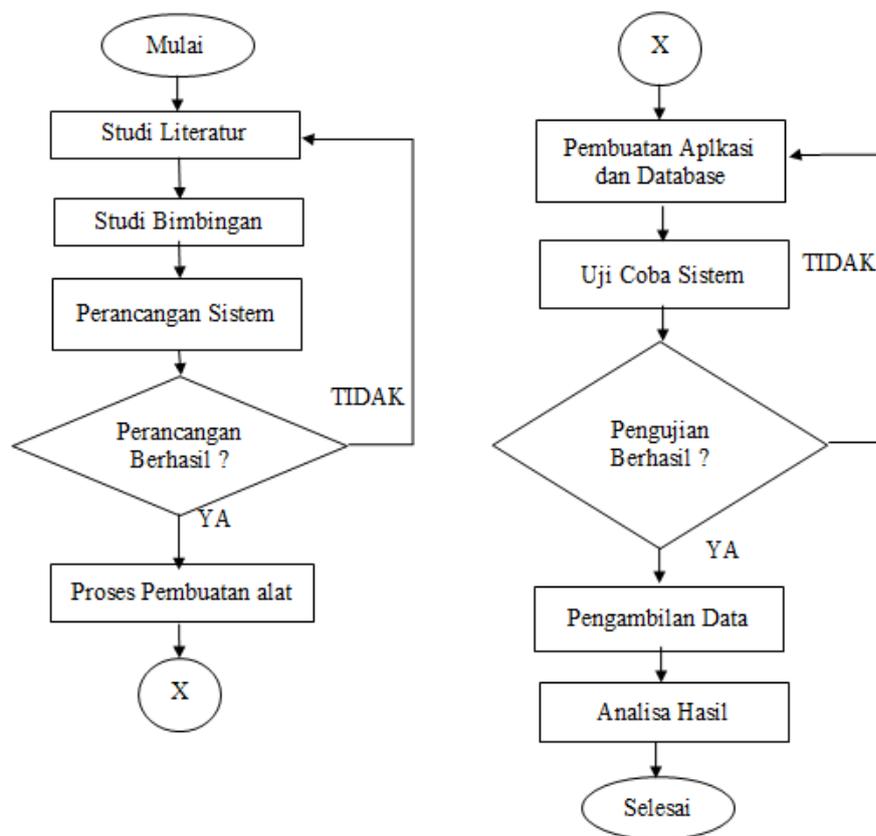
Pada tahap pengolahan data dilakukan pengambilan data dari sensor serta menganalisis pelacakan tikus dan debu agar dapat mengetahui kondisi dan keputusan yang akan dilakukan pada ruangan *storage* Museum Lampung.

6. Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan ini berupa rencana penelitian dalam bentuk proposal. Laporan ini dapat digunakan sebagai bentuk tanggung jawab penulis terhadap tugas akhir yang telah dilakukan dan digunakan untuk seminar hasil.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahap-tahap yang dilakukan untuk menyusun penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5. Perancangan Sistem

Adapun tahapan dari sistem pada penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap yaitu tahap perancangan *hardware* dan tahap perancangan *software*. Diagram alir sistem yang dirancang seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

Berdasarkan Gambar 3.2 yang merupakan diagram alir sistem yang dimulai dengan mikrokontroler yang terkoneksi dengan internet, setelah itu pembacaan dari kedua *input* sensor yaitu sensor PIR dan sensor debu GP2Y1010AU0F. Jika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan dari binatang pengerat maka *buzzer* akan aktif, selanjutnya untuk sensor debu GP2Y1010AU0F

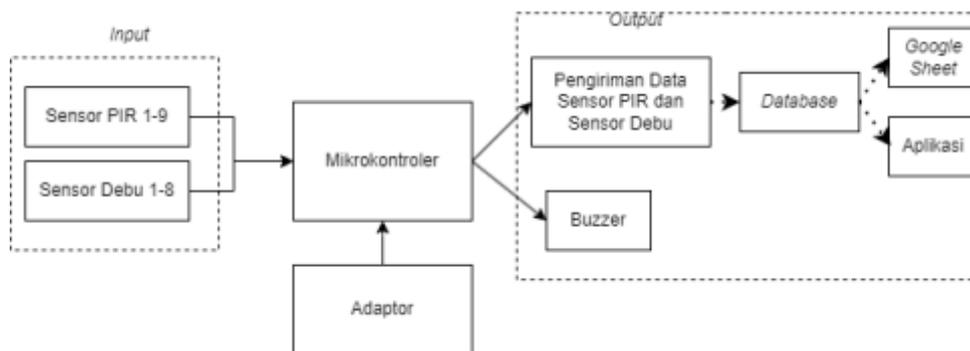
dan sensor PIR sebagai input mengirimkan data ke *database* sehingga dapat dimonitoring dari aplikasi yang dibuat.

3.5.1 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* merupakan perancangan untuk pembuatan alat pada penelitian. Pada perancangan *hardware* terdapat blok diagram alat, skema perancangan dan denah penempatan alat.

3.5.1.1 Diagram Blok Alat

Diagram blok alat dirancang agar dapat diketahui *input* dan *output* proses pada alat penelitian. Blok diagram alat ditunjukkan pada Gambar 3.3.

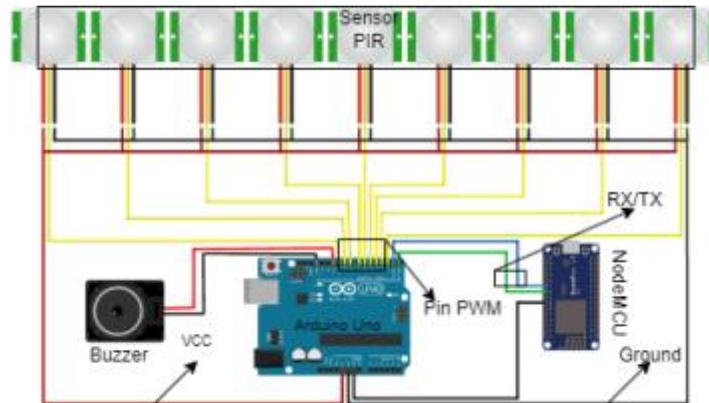


Gambar 3.3 Diagram Blok Alat

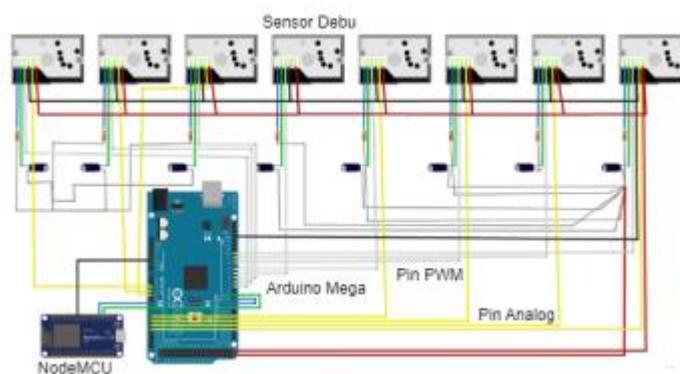
Berdasarkan Gambar 3.3 dilihat bahwa sistem memiliki *input* yaitu sensor PIR dan sensor debu GP2Y1010AU0F yang nilai masukannya akan diproses pada mikrokontroler serta memiliki *output* buzzer jika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan tikus masuk ke ruangan, kemudian data dari hasil sensor PIR dan sensor debu GP2Y1010AU0F dikirimkan ke *database* untuk ditampilkan pada aplikasi serta disimpan pada Google Sheets. Proses yang dihasilkan akan menentukan tindakan apa yang dapat diambil dari hasil analisis *tracking* atau pelacakan.

3.5.1.2 Skema Perancangan Alat

Skema perancangan alat merupakan perancangan *wiring* yang diterapkan pada alat penelitian. Skema perancangan alat penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.4.



(a)



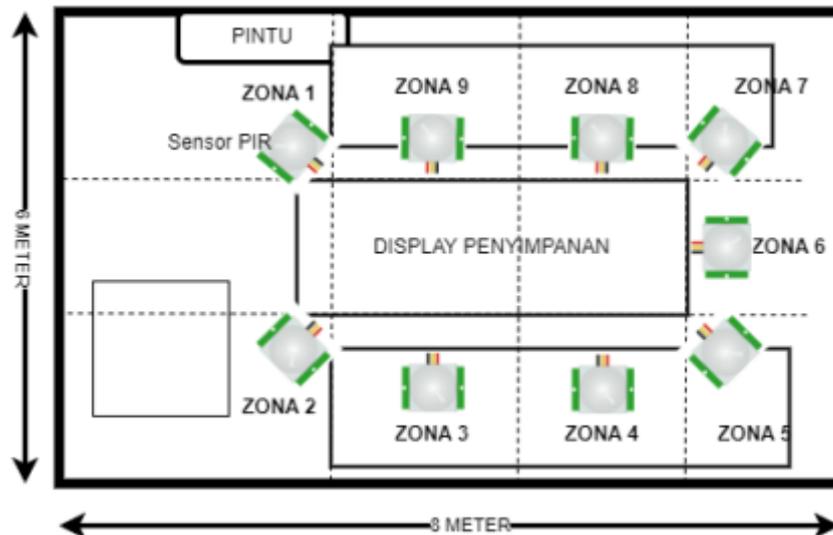
(b)

Gambar 3.4 Skema Perancangan Sistem (a) Deteksi Tikus, (b) Deteksi Debu

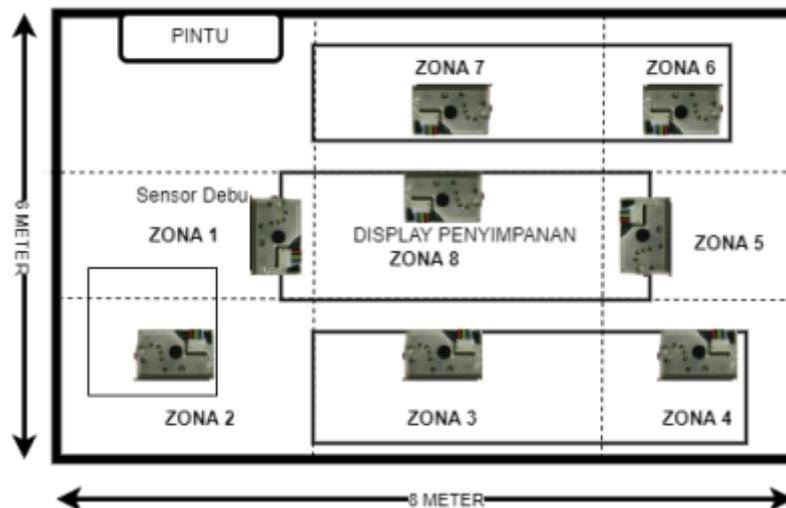
Berdasarkan Gambar 3.4. yang merupakan skema perancangan sistem di ruangan *storage* Museum Lampung. Pada perancangan sistem 2 Mikrokontroler yang digabungkan untuk mengirim dan menerima data serta mengirimkan data ke *database*. Namun *hardware* untuk sistem deteksi tikus dan deteksi debu dirancang menggunakan 2 mikrokontroler yang berbeda. Data dari sensor PIR dan sensor debu yang diterima pada aplikasi akan dikirim ke *database* dan dapat dipantau secara *real-time* pada aplikasi yang dibuat sehingga pihak Museum Lampung dapat mengambil tindakan pembersihan pada ruangan *storage*.

3.5.1.3 Denah Lokasi Zona Deteksi

Adapun denah lokasi dibutuhkan supaya setiap sensor bekerja secara maksimal dan terpantau zona mana yang dapat terdeteksi oleh sensor pada Gambar 3.5.



(a)

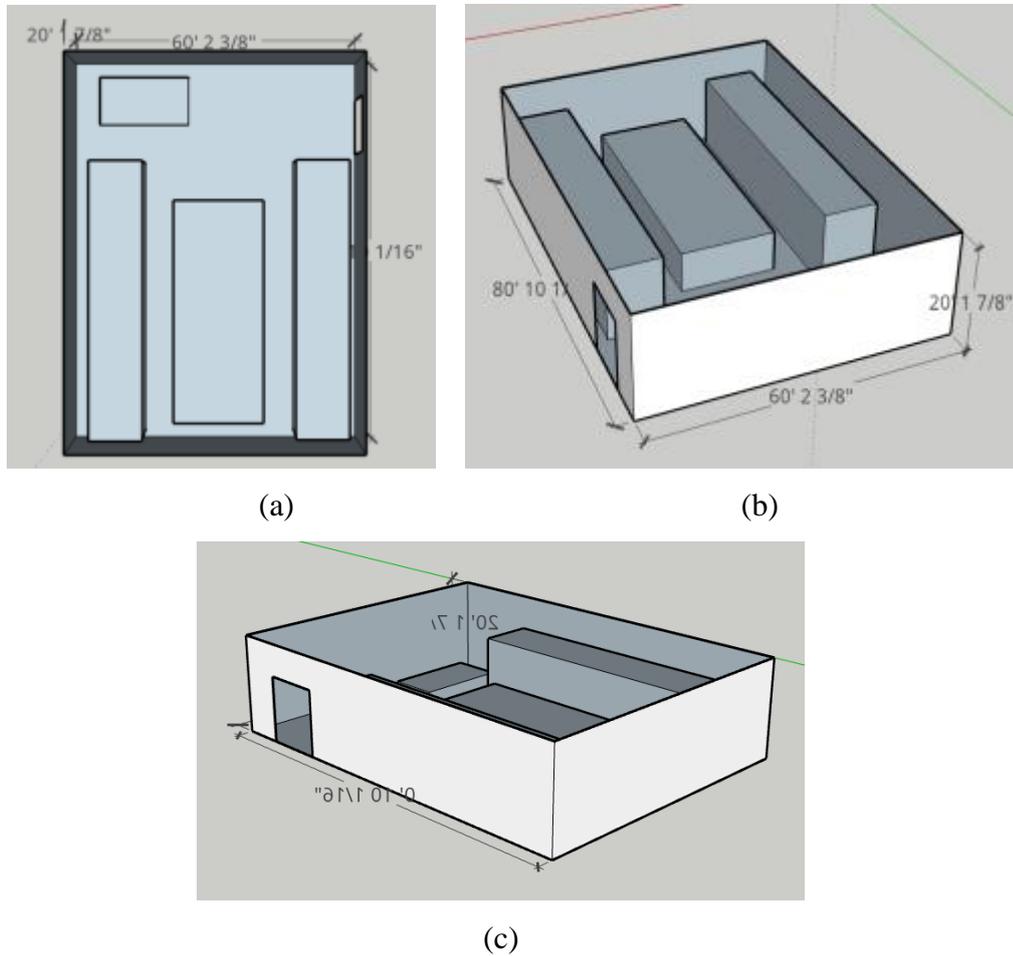


(b)

Gambar 3.5. Denah Lokasi Zona (a) Deteksi Tikus, (b) Deteksi Debu

Denah lokasi zona didesain agar sensor PIR dapat mendeteksi tikus di tempat yang rawan atau bisa dilewati dan sensor debu GP2Y1010AU0F bisa mendeteksi densitas debu pada tempat yang vital seperti diatas benda koleksi yang berharga. Denah yang pertama merupakan letak dari zona deteksi sensor PIR dan

denah yang kedua letak dari zona deteksi sensor Debu GP2Y1010AU0F. Kemudian terdapat denah 3D untuk ruangan *storage* Museum Lampung seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Denah 3D Ruang *Storage* (a) Tampak Atas, (b) Tampak Depan, (c) Tampak Samping

3.5.2 Perancangan *Software*

Perancangan *software* merupakan perancangan aplikasi yang akan digunakan sebagai tampilan data dari *hardware* serta menyimpan data ke dalam *database*.

3.5.2.1 Perancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi pada penelitian ini menggunakan Flutter sebagai *framework* dan Firebase sebagai *database* yang digunakan. Proses perancangan memiliki 4 tahapan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2.

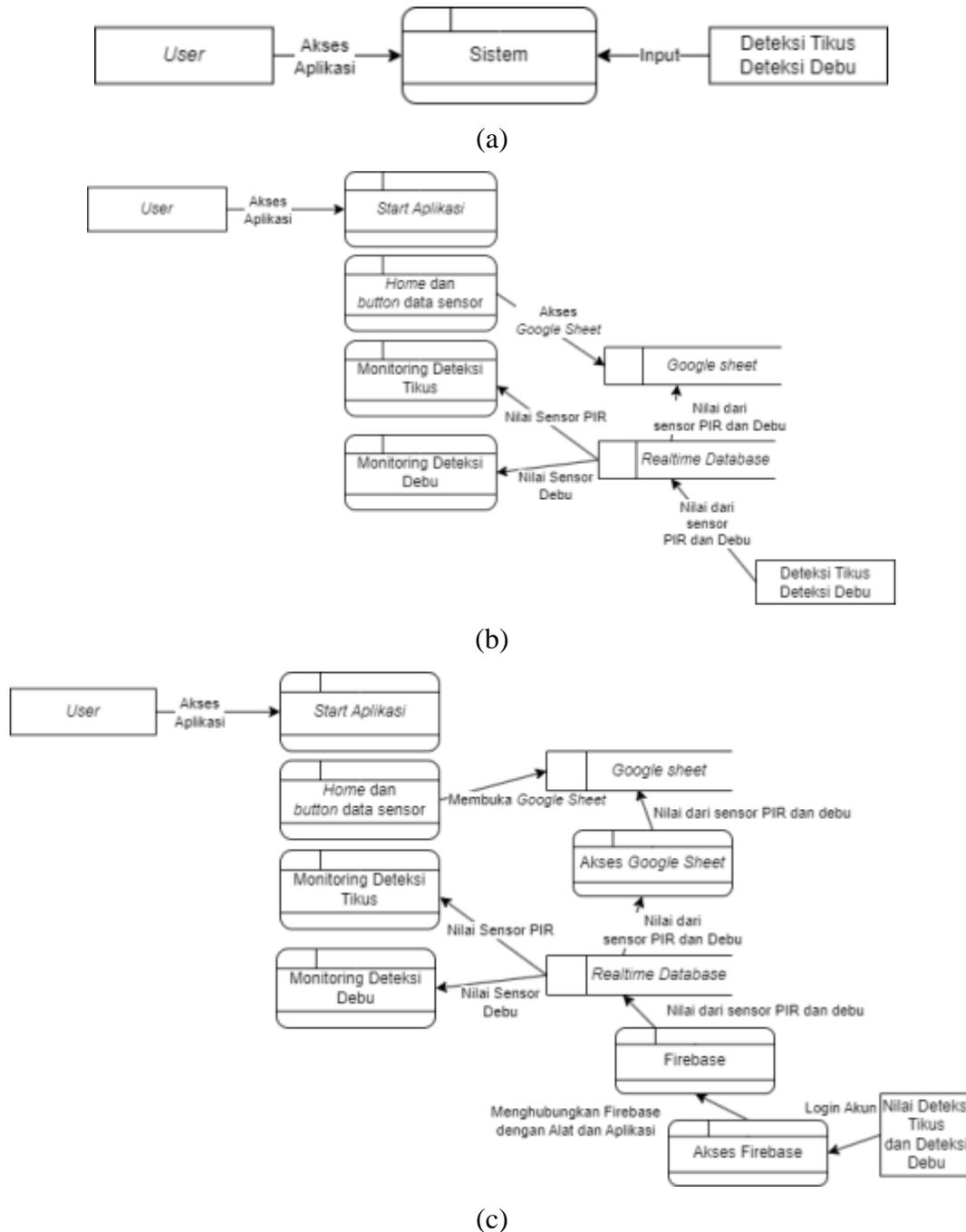
Tabel 3.2 Tahapan Perancangan Aplikasi

Tahapan	Hal yang Dilakukan
<i>Requirements Engineering</i>	Mengidentifikasi semua kebutuhan interface untuk pemantauan Ruang <i>Storage</i> , user dan teknologi yang diimplementasikan
<i>Design Implementation</i>	Menginstal semua kebutuhan serta merancang dan mendesain kebutuhan interface untuk aplikasi yang akan digunakan
<i>Testing</i>	Menguji aspek-aspek menggunakan metode <i>Black Box Testing</i> dan menguji fungsionalitas menggunakan <i>User Acceptance Test</i>
<i>Maintenance</i>	Melakukan maintenance terhadap sistem

Berdasarkan Tabel 3.2 yang merupakan tahapan dalam perancangan aplikasi Apk yang berfungsi sebagai *interface* untuk memantau Ruang *Storage* dari tikus dan debu.

3.5.2.2 Data Flow Diagram

Data Flow Diagram DFD menjelaskan mengenai hubungan untuk setiap sistemnya. Terdapat DFD konteks mengenai gambaran besar mengenai hubungan tersebut. Kemudian DFD tingkat 1 berfungsi memperinci DFD konteks dan DFD tingkat 2 berfungsi memperinci DFD tingkat 1 yang menjelaskan aliran datanya seperti pada Gambar 3.7.

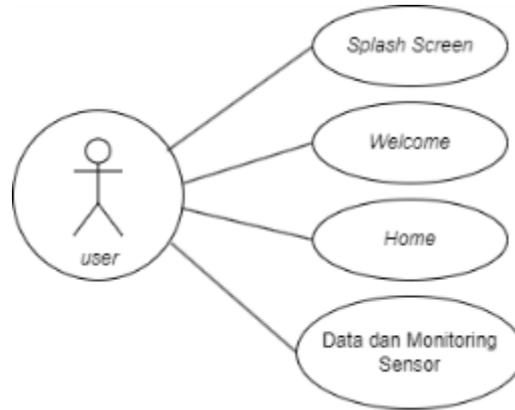


Gambar 3.7. Data Flow Diagram. (a) DFD Konteks, (b) DFD Tingkat 1, (c) DFD Tingkat 2

Berdasarkan Gambar 3.7 yang merupakan data flow diagram yang menjelaskan bahwa *user* dapat mengakses tampilan dari aliran data yang dimulai dari *input* deteksi tikus dan debu.

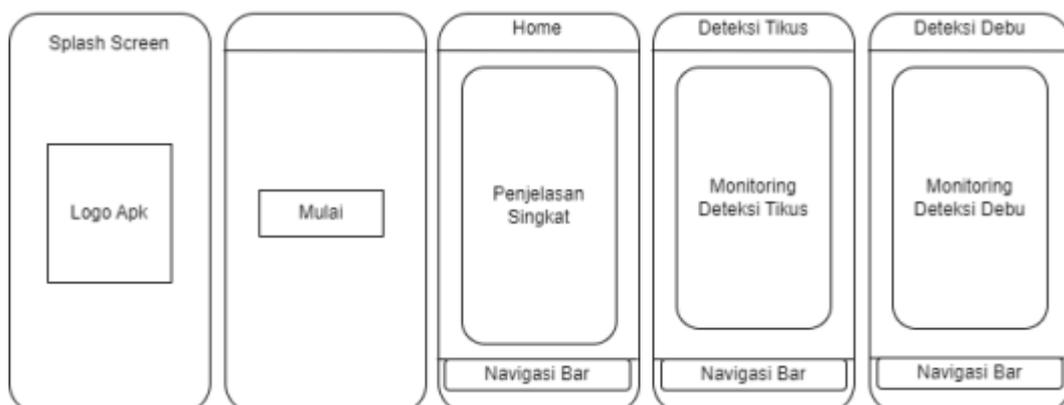
3.5.2.3 Perancangan Tampilan Aplikasi

Perancangan tampilan dilakukan agar sesuai dengan kebutuhan *user*. Terdapat *use case diagram* untuk mengetahui *user* bisa melihat dan melakukan apa saja pada aplikasi seperti pada Gambar 3.8



Gambar 3.8. Diagram *Use Case*

Pada diagram *use case* dapat diketahui terdapat beberapa *widget* atau halaman yang bisa diakses oleh *user* yaitu *splash screen* sebagai halaman *start up* pada aplikasi, *welcome* yaitu halaman pembukaan yang memiliki ciri khas Museum Lampung, *home* yaitu halaman utama dari aplikasi yang menjelaskan beberapa ruangan dan fungsi dari aplikasi ini serta halaman monitoring sensor dan tampilan data digunakan untuk menampilkan data-data dari alat yang diletakan pada ruangan *storage* Museum Lampung. Kemudian hasil dari perancangan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Hasil Perancangan Tampilan Aplikasi

3.6. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem dilakukan beberapa pengujian dengan indikator tertentu. Pengujian sistem dibagi menjadi 2 yaitu deteksi tikus menggunakan sensor PIR dan deteksi debu menggunakan sensor debu. Adapun pengujian sistem yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Pengujian Sistem Deteksi Tikus Sensor PIR

Pengujian	Indikator Keberhasilan	Keterangan
Uji Fungsional Deteksi sensor PIR	Sensor PIR dapat mendeteksi tikus pada jarak dan sudut tertentu	Menguji keberhasilan pembacaan sensor PIR
Uji Akurasi menggunakan <i>Confusion Matrix</i>	Nilai akurasi dari alat lebih dari 90 %	Melakukan pengujian tingkat akurasi dengan membandingkan keadaan sebenarnya dengan nilai pembacaan sensor
Uji Kinerja Sensor PIR	Nilai <i>delay</i> yang didapatkan sesuai dengan <i>datasheet</i> sensor PIR	Menguji kinerja <i>delay</i> saat alat dihidupkan sampai terdeteksi, <i>delay</i> terhadap jarak, <i>delay</i> terhadap sudut
Uji Keandalan dan Ketahanan Sensor PIR	Sensor PIR dalam keadaan hidup atau <i>ON</i> selama lebih dari 3 hari	Melakukan pengujian sistem dengan meletakan sensor PIR di setiap zona selama lebih dari 3 hari
Uji Integrasi Sensor PIR dengan Aplikasi	Dapat menampilkan <i>list</i> merah dan mengirimkan notifikasi jika sensor mendeteksi Tikus	Melakukan pengujian pada aplikasi pada widget Deteksi Tikus

Tabel 3.4 Pengujian Sistem Deteksi Debu Sensor Debu GP2Y1010AU0F

Pengujian	Indikator Keberhasilan	Keterangan
Uji Fungsional Deteksi sensor Debu	Sensor debu dapat mendeteksi debu dengan perhitungan membandingkan <i>datasheet</i> yang memiliki <i>error rate</i> dibawah 5%	Menguji keberhasilan pembacaan sensor debu
Uji Akurasi menggunakan <i>Confusion Matrix</i>	Nilai akurasi dari alat lebih dari 80 %	Melakukan pengujian tingkat akurasi dengan membandingkan keadaan sebenarnya dengan nilai pembacaan sensor
Uji Keandalan dan Ketahanan Sensor Debu	Sensor debu dalam keadaan hidup atau <i>ON</i> selama lebih dari 3 hari	Melakukan pengujian sistem dengan meletakan sensor debu di setiap zona selama lebih dari 3 hari
Uji Integrasi Sensor Debu dengan Aplikasi	Dapat menampilkan <i>list</i> merah dan mengirimkan notifikasi jika nilai sensor yang terdeteksi lebih dari 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Melakukan pengujian pada aplikasi pada widget Deteksi Debu

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil deteksi tikus dan debu pada ruangan *storage* dengan nilai tertinggi tercatat pada zona 9 sebanyak 31 kali terdeteksi dan deteksi debu dengan nilai diatas $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yaitu zona 3 dan zona 4.
2. Alat pelacakan binatang pengerat (tikus) dan debu pada Ruang *Storage* Museum Lampung mempunyai 9 zona deteksi tikus dan 8 zona deteksi debu dengan akurasi sensor PIR 100% dan akurasi sensor debu 97%.
3. Aplikasi dapat memonitoring ruangan *storage* Museum Lampung dari tikus dan debu dengan nilai fungsionalitas 95% serta dapat mengirimkan notifikasi jika terdeteksi tikus dan nilai dari debu melebihi $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata *delay* pengiriman notifikasi 11,73 detik dan berhasil menyimpan data ke Google Sheets.
4. Deteksi sensor PIR HC-SR501 memiliki panjang maksimal yaitu 100 cm dan sudut maksimal yaitu $73,74^0$ yang semakin jauh jarak dan sudut dari tikus maka akan semakin lama waktu deteksinya.
5. Deteksi sensor Debu GP2Y1010AU0F memiliki nilai rata-rata *error* pembacaan sensor sebesar 0,88% dengan membandingkan *datasheet* dari sensor.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diajukan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Melakukan pengembangan *interface* pada aplikasi android agar dapat melihat rute yang dilalui tikus dan banyaknya tingkatan nilai debu pada ruangan *storage*.
2. Melakukan kalibrasi menggunakan instrumen terukur agar nilai densitas debu yang terdeteksi oleh sensor dapat diketahui.
3. Melakukan penambahan komponen pada sistem agar dapat diketahui perbedaan deteksi antara tikus dan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yuri Rahmanto dan Rakhmat Dedy Gunawan, “Digitalisasi Artefak pada Museum Lampung Menggunakan Teknik Fotogrametri Jarak Dekat untuk Pemodelan Artefak 3D,” *Jurnal CoreIT*, Vol.7, No.1, Juni 2021
- [2] Wahyu Eko Sulistiono, Meizano Ardhi Muhammad, Martinus, Trisya Septiana, Mardiana, Resty Annisa, Puput Budi Wintoro, Yetti Yuniati, Nining Purwasih, Sri Purwiyanti, Gita Paramita Djausal dan Gatra Yolanda, “Virtual Reality untuk Museum Lampung,” *Prosiding SINTA 4*, 2021
- [3] Ahmad Khodi Inzaghi, Akram Faisaldinatha, Ichtiar Agung Adhavian dan Hendra Setiawan, “MONARBU: Sistem *Monitoring* Partikel Debu di Area Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia,” *Asian Journal of Inovation and Entrepreneurship (AJIE)*, Vol.6, Issue No.1, Januari 2022
- [4] Diki Aji Saputro, Enawati, Shavira Luffiah Khasanah dan Asni Tafrikhatin, “Perangkap Tikus Otomatis Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Wemos D1 Mini,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, Hal.6188-6195, Vol.5, No.3, 2021
- [5] Dan Yang, Bin Xu, Kaiyou Rao dan Weihua Sheng, “*Passive Infrared (PIR)-Based Indoor Position Tracking for Smart Homes Using Accessibility Maps and A-Star Algorithm*” *National Center for Biotechnology Information* , Hal.332, No. 2, 2018
- [6] Susi Tarwianti Endra Rukmana, Afrizal Mayub dan Rosane Medriati, “*Prototype* Alat Pendeteksi dan Pengusir Tikus pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno,” *Jurnal Kumparan Fisika*, Vol.2, No.1, April 2019
- [7] Adelia Kencana Putri, Anantia Prakasa dan Mas Aly Afandi, “Sistem Pemantau Densitas Debu Gudang Elektronik: Perancangan dan Analisanya,” *Journal of Telecommunication, Electronics and Control Engineering (JTECE)*, Vol.3, No.2, Juli 2021
- [8] Fahri Syeha Maulana, Agum Prima Pratama dan Rini Suwartika Kusumadiarti, “Sistem Pemantauan Ketebalan Debu & Suhu pada Ruangan Menggunakan

- Aplikasi Telegram Berbasis IoT,” Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, Hal.2198-2211, Vol.8, No.4, Desember 2021
- [9] Saskia Dwi Indriani, Ute Lies Siti Khadijah, Samson CMS dan Lutfi Khoerunnisa, “Konservasi Preventif untuk Mencegah Kerusakan Koleksi pada Museum Geologi Bandung,” Jurnal Perpustakaan, Hal.119-125, Vol.13, No.2, 2021
- [10] Gabriela Maria Zelinan, Antonius Boham, Leviane J.H. dan Lotulung, “Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Bahan Pustaka di Dinas Perpustakaan dan Kearsian Daerah Provinsi Sulawesi Utara,” Jurnal Acta Diurna Komunikasi, Vol.3, No.2, Juni 2021
- [11] Evi Endrita, “Perawatan Bahan Pustaka Perpustakaan,” Jurnal Imam Bonjol, Vol.3, No.1, Juni 2019
- [12] A. Juliansyah, Ramlah dan D. Nadiani, “Sistem Pendeteksi Gerak Menggunakan Sensor PIR dan Raspberry Pi,” Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia, Hal.199-205. Vol.2, No.4, Februari 2021
- [13] Dafit Setia Lasmana dan Endah Fitriani, “Rancang Bangun *Prototype* Robot Penghisap Debu Menggunakan *Optical Dust Sensor* GP2Y1010AU0F,” Jurnal Bina Darma *Conference on Engineering Science*, Vol.2, No.1, Juni 2020
- [14] Yoyon Efendi, “Rancangan Aplikasi *Game* Edukasi Berbasis *Mobile* Menggunakan *App Inventor*,” Jurnal Intra-Tech, Vol.2, No.1, April 2018
- [15] Edwin Adrin Wihelmus Sanadi, Andani Achmad dan Dewiani, “Pemanfaatan *Realtime Database* di *Platform Firebase* pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire,” Jurnal JPE, Vol.22, No.1, Mei 2018
- [16] Flutter.(t.t.). Flutter. Available : <https://flutter.dev/>
- [17] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Dirjen Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. 24 September 2020, Available : <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>
- [18] Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 86. Sekretariat Negara. Jakarta.

- [19] Iswan dan Mulyadi, “Sistem Pemantauan Debu Secara Real-Time Pada Daerah Pertambangan Batu Bara,” *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)* Vol.3, No. 3, Agustus 2022