

Rancang Bangun Sistem Deteksi Binatang Penyebab Gangguan Distribusi SUTM Berbasis IoT

Sofyan Rifai¹, Sri Ratna Sulistiyanti², Afri Yudamson³, Emir Nasrullah⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia; email: sulistiyanti@eng.unila.ac.id

[Dikirimkan: 30 Januari 2024, Direvisi: 14 Mei 2024, Diterima: 27 Mei 2024]

Corresponding Author: Siti Ratna Sulistiyanti

INTISARI — Distribusi listrik tegangan menengah di Indonesia didominasi oleh saluran tegangan menengah (SUTM). SUTM adalah konstruksi distribusi tenaga listrik non-isolasi dengan tegangan berkisar antara 5kV hingga 20kV menghubungkan gardu induk dengan pelanggan. SUTM sering mengalami gangguan sesaat hingga permanen akibat faktor binatang seperti kukang dan tupai. Penelitian ini berfungsi untuk merancang suatu sistem deteksi binatang berbasis IoT untuk mencegah dan memperingatkan dalam bentuk gambar jika terdapat binatang atau suhu berlebih di jaringan SUTM. Sistem deteksi ini menggunakan sensor PIR HC-SR501 untuk mengidentifikasi gerakan binatang, sensor DHT22 untuk deteksi suhu, *buzzer* ultrasonik untuk mencegah binatang, dan ESP32-CAM untuk mengambil gambar. Data yang diperoleh terkirim di Thingsboard menggunakan mikrokontroler ESP32, serta gambar terkirim pada aplikasi Telegram. Uji coba dilakukan secara subsistem dan keseluruhan dengan simulasi dan pengujian langsung di lapangan pada gardu hubung SUTM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi pergerakan binatang dengan sudut deteksi hingga $\angle 63,4^\circ$ dan sensor DHT22 dapat memantau suhu dengan nilai akurasi suhu 98,78%. *Buzzer* ultrasonik dapat mengusir binatang dengan frekuensi 35kHz. *Delay* pengambilan gambar ESP32-CAM ketika variabel terpenuhi bervariasi tergantung pada provider yang digunakan, dengan Telkomsel memiliki rata-rata *delay* terkecil sebesar 1,39 detik, provider Axis rata-rata *delay* sebesar 1,89 detik dan provider Tri memiliki rata-rata *delay* sebesar 2,34 detik.

KATA KUNCI — NodeMCU ESP32, PIR HC-SR501, DHT22, Gangguan SUTM, Thingsboard.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang sangat pesat menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan energi. Konsumsi energi listrik per individu di Indonesia telah mengalami kenaikan signifikan sebanyak 178,6 GWh dari tahun 2015 yang mencapai 909,91 GWh, dengan tingkat elektrifikasi sekitar 88,30%, menjadi 1.088,51 GWh pada tahun 2020, dengan tingkat elektrifikasi meningkat menjadi 99,20%. Untuk mengatasi pertumbuhan tersebut, diperlukan sistem distribusi energi listrik yang memenuhi standar kualitas dan terbebas dari gangguan seperti osilasi dan permasalahan serupa [1,2].

SUTM merupakan suatu konstruksi untuk pendistribusian tenaga listrik tanpa isolasi dengan tegangan berkisar antara 5kV sampai 20kV untuk menghubungkan dari gardu induk ke lokasi pelanggan[3]. Berdasarkan data PLN UP3 Tanjung Karang sejak Januari 2021 hingga September 2022, terdapat 1.112 kasus gangguan hewan seperti kukang dan tupai di jaringan SUTM Lampung[4]. Selain itu keberadaan binatang di area jaringan SUTM menjadi faktor penyebab kerusakan pada peralatan FCO (*fuse cut out*), serta beberapa gangguan temporer atau bahkan gangguan permanen [5]. Namun, dalam upaya penanganan gangguan tersebut belum efektif serta memerlukan biaya dan waktu dalam pencarian penyebab gangguan.

Dengan adanya permasalahan di atas, diperlukan suatu alat deteksi untuk mencegah binatang di jaringan distribusi listrik SUTM. Sebagai dasar pengembangan, beberapa penelitian telah dilakukan, seperti pembuatan *prototype* alat pendeteksi dan mengusir tikus berbasis Arduino Uno [6], serta penelitian mengenai sistem pendeteksi hama monyet pada area perkebunan berbasis mikrokontroler [7]. Pada penelitian ini, telah dilakukan pembaruan dengan menggunakan *hardware* DHT22, modul ESP32-CAM sebagai *output* kamera, serta pemanfaatan *software* seperti Thingsboard dan Telegram. Hal ini bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam memonitor keadaan sekitar tempat alat diletakkan. Sehingga ketika sensor mendeteksi objek (binatang) maka alat secara otomatis memberi *output* untuk mencegah binatang kukang atau tupai dari jaringan SUTM.

II. LANDASAN TEORI

A. GANGGUAN SUTM

Jaringan distribusi merupakan komponen dalam suatu sistem tenaga listrik yang bertugas mengalirkan tegangan listrik dari sumber daya listrik berkapasitas besar (*bulk power source*) ke pelanggan. Distribusi energi listrik jaringan tegangan menengah (JTM) dibagi menjadi tiga kategori, yakni Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), dan Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM). SUTM menjadi konstruksi yang dominan di Indonesia, namun memiliki kelemahan karena lokasinya yang terletak di luar dan terbuka. Hal ini membuat saluran udara SUTM rentan terhadap gangguan seperti petir, pepohonan, dan binatang. Gangguan binatang jaringan SUTM di Lampung disebabkan oleh kukang (*Nycticebus coucang*) yang terancam kepunahan dengan ciri-ciri gerak lambat dan warna rambut kecoklatan[8]. Selain itu, binatang tupai/bajing dan ular sering ditemukan oleh petugas sebagai penyebab gangguan jaringan SUTM.

B. NODEMCU ESP32

ESP32 merupakan suatu perangkat mikrokontroler berupa chip IC (*Integrated Circuit*) yang dilengkapi dengan modul WiFi, Bluetooth *Low Energy* (LE), dan merupakan MCU generik yang kuat. Keberadaannya sangat bermanfaat dalam pengembangan sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT). ESP32 ditujukan untuk berbagai aplikasi jaringan sensor berdaya rendah dan ditenagai oleh

dua inti prosesor dengan kecepatan hingga 240 MHz [9]. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan berbagai fungsi seperti pemrosesan sinyal digital, sensor sentuh, dan mendukung berbagai protokol komunikasi seperti SPI, I2C, UART, dan CAN.

C. SENSOR DHT22

DHT22 merupakan sensor yang mampu mengukur suhu dan kelembaban dengan keluaran berupa sinyal digital yang presisi. Sensor ini dilengkapi dengan pengaturan suhu sekitar yang presisi karena disimpan dalam memori OTP yang terintegrasi[13]. Selain itu, sensor DHT22 memiliki rentang pembacaan suhu dan kelembaban yang luas dan mampu mendistribusikan sinyal keluaran hingga jarak 20 meter melalui kabel [10]. Sensor DHT22 beroperasi menggunakan perubahan kapasitansi pada kapasitor polimer yang terdapat pada elemen penginderaan. Kapasitas kapasitor polimer akan berubah seiring dengan perubahan kelembaban udara di sekitar sensor, sedangkan perubahan suhu mempengaruhi resistansi termistor yang terdapat pada elemen sensor.

D. SENSOR PIR HC-SR501

HC-SR501 merupakan sensor gerak PIR inframerah pasif yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan cahaya inframerah yang dipancarkan suatu benda[11]. Ketika ada pergerakan manusia atau binatang dalam jangkauan sensor, maka akan terjadi perubahan suhu. Sensor PIR dirancang untuk mendeteksi pantulan inframerah dengan panjang gelombang 8 hingga 14 mikrometer[12]. Modul sensor pada HC-SR501 terdiri dari amplifier, filter, pengatur sensitivitas dan pengaturan waktu tunda menggunakan potensiometer pada modul[16].

E. ESP32-CAM

ESP32-CAM ialah mikrokontroler dengan prosesor *dual-core* yang bertenaga serta mendukung koneksi WiFi dan Bluetooth pada modulnya. ESP32-CAM dilengkapi dengan kamera OV2640 yang mampu mengambil gambar dengan resolusi kamera 2 megapiksel dan ukuran gambar (1600x1200 piksel) sehingga memungkinkan dalam pengambilan foto atau merekam video dengan kualitas yang cukup baik. ESP32-CAM mendukung komunikasi UART yang memungkinkan komunikasi dengan perangkat eksternal melalui antarmuka serial. Ini berguna untuk mengontrol modul ESP32-CAM, mentransfer data atau debugging.

F. BUZZER

Buzzer merupakan suatu komponen elektronik yang menghasilkan gelombang suara dengan mengubah sinyal listrik. *Buzzer* piezoelektrik adalah jenis *buzzer* yang umumnya ditemui dan digunakan karena memiliki berbagai kelebihan. Sinyal piezoelektrik dapat menciptakan frekuensi dalam rentang 1,5 kHz hingga 100 kHz, khususnya untuk aplikasi ultrasonik[12]. Prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan speaker, dimana bunyinya berasal dari kumparan yang tertanam pada diafragma.

G. ARDUINO IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman C untuk membentuk perintah pada mikrokontroler. *Software* Arduino IDE memiliki pengaturan bernama Bootloader yang bertindak sebagai penghubung *compiler* Arduino dengan mikrokontroler..

H. PLATFORM IOT THINGSBOARD

Thingsboard adalah perangkat lunak yang menghubungkan data melalui koneksi internet ke objek digital tanpa memerlukan campur tangan pengguna[14]. Thingsboard merupakan salah satu platform IoT yang mendukung penerapan *on-premise* dan *cloud* serta dapat digunakan untuk manajemen perangkat, pengumpulan data, dan visualisasi data berbasis situs web [15]. Perangkat IoT ini mendukung protokol MQTT, CoAP, dan HTTP.

I. TELEGRAM

Telegram adalah aplikasi jejaring sosial yang dapat digunakan untuk mengirim gambar atau video, dll. Telegram mendukung fitur bot yang dapat digunakan pengguna tanpa perlu mendaftarkan nomor telepon tambahan di server Telegram. Akun ini berfungsi sebagai antarmuka antara server dan kode program pada *software* Telegram.

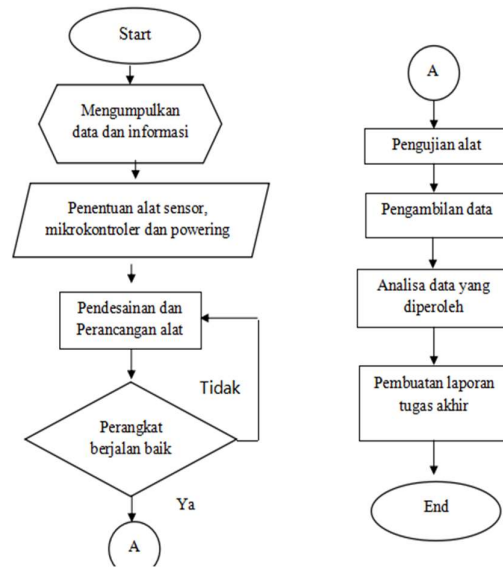
III. METODE PENELITIAN

A. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan NodeMCU ESP32, sensor PIR HC-SR501, dan sensor DHT22, ESP32-CAM, *buzzer*, baterai lithium, LED, Arduino IDE, Thingsboard dan Telegram yang merupakan perangkat keras dan perangkat lunak penelitian.

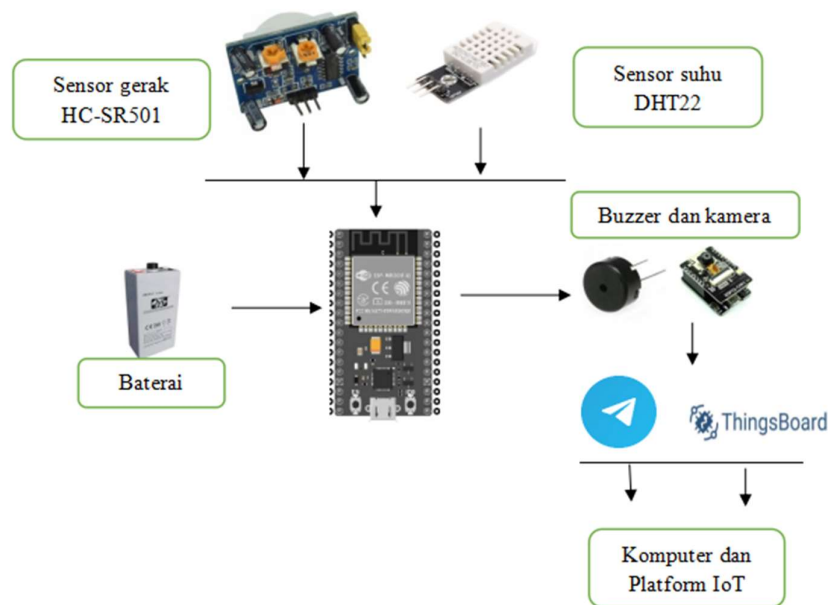
B. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem pada penelitian ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu perancangan perangkat keras dengan pembuatan flowchart penelitian, perancangan alat pendeteksi, dan perancangan alur kerja sistem. Selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak untuk platform Thingsboard IoT dan aplikasi Telegram.



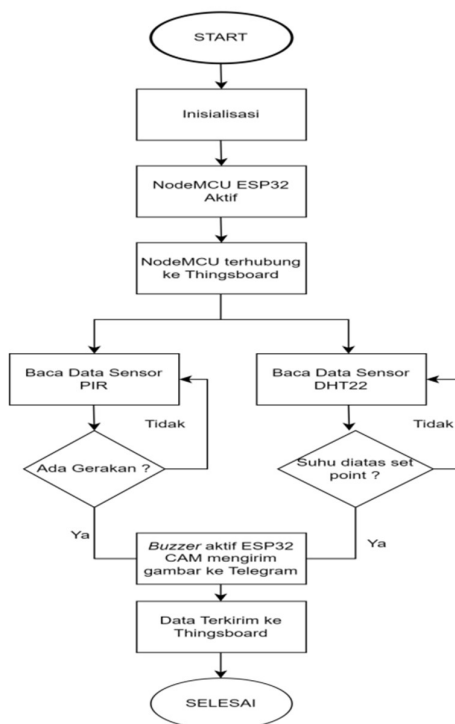
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Gambar di atas menjelaskan tahapan-tahapan penelitian yang dikerjakan untuk merancang alat pendeteksi binatang mulai dari pengumpulan data informasi berupa jenis gangguan, sensor, mikrokontroler dan daya, perancangan dan tata letak alat, alat pengujian serta uji lapangan terhadap alat deteksi.



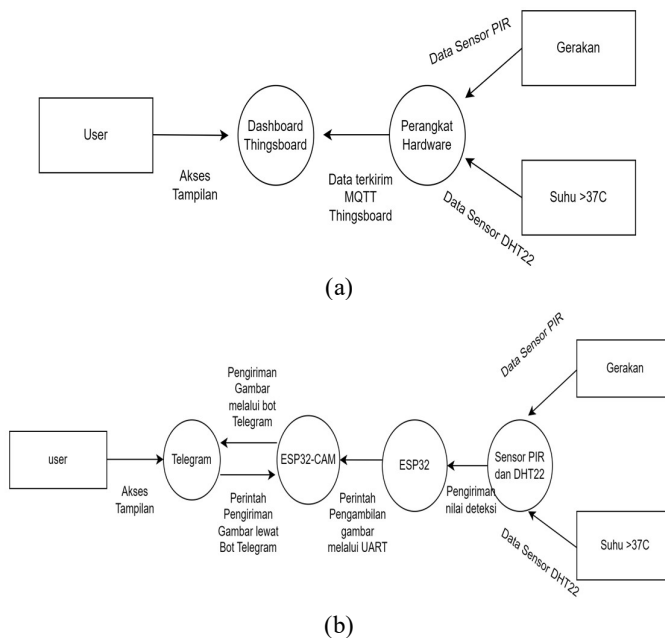
Gambar 2. Desain alat deteksi

Perancangan alat pendeteksi ini menggunakan *input* sensor PIR dan DHT22, ESP32 sebagai mikrokontroler utama dan baterai sebagai sumber listrik yang digunakan. Apabila nilai pembacaan sensor memenuhi variabel yaitu sensor PIR mendeteksi pergerakan binatang yang melintasi jaringan SUTM atau sensor DHT22 mendeteksi kelebihan suhu diatas nilai ambang batas 37°C maka keluaran akan aktif yaitu, ESP32-CAM, mengambil foto lokasi pemasangan perangkat dan *buzzer* akan aktif. Data tersebut kemudian akan dikirim ke Thingsboard dan gambar ESP32-CAM yang diambil akan dikirim ke bot Telegram.



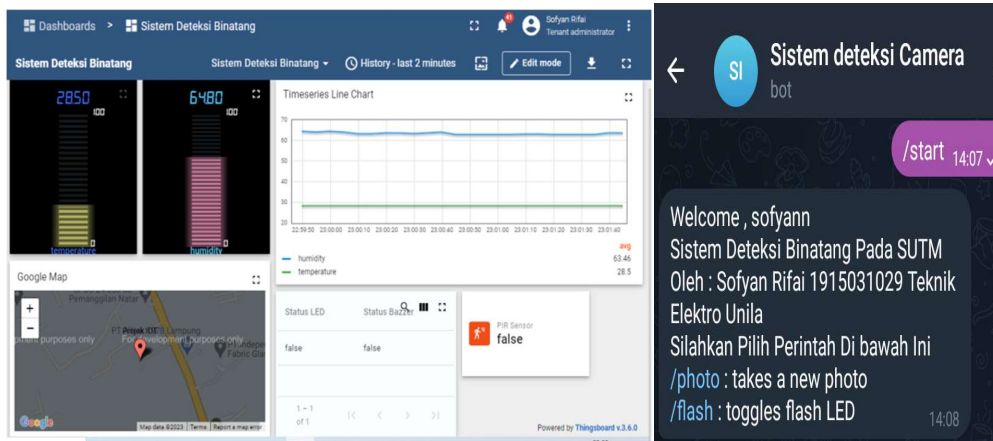
Gambar 3. Flowchart sistem

Gambar 3 menunjukkan diagram alir sistem deteksi binatang yang mencerminkan penggunaan berbagai variabel sensor. Ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan binatang atau sensor DHT22 membaca suhu di sekitar jaringan SUTM di atas nilai set point (>37°C), sistem akan mengaktifkan *output* ESP32-CAM dan frekuensi *buzzer* ultrasonik. Sensor PIR membaca kondisi sekitar secara langsung setiap interval waktu 3 detik, sementara pembacaan sensor DHT22 dilakukan setiap interval waktu 5 detik. ESP32-CAM kemudian mengambil foto dan mengirimkannya langsung ke Telegram dan *output buzzer* akan aktif selama 5 detik ketika variabel *input* terpenuhi.



Gambar 4. (a) DFD Thingsboard (b) DFD Telegram

Diagram aliran data pada Thingsboard (Gambar 4) dilakukan secara *real time* dengan setiap pembacaan sensor sehingga pengguna dapat memantau status jaringan SUTM dari jarak jauh. Sedangkan pada data flow diagram Telegram, gambar diperoleh ketika satu atau dua variabel sensor terpenuhi, kemudian sistem pada ESP32-CAM akan diaktifkan sehingga dapat mengambil foto area sekitar jaringan SUTM. Hasil Tampilan Thingsboard dan Aplikasi Telegram direpresentasikan pada Gambar 5.

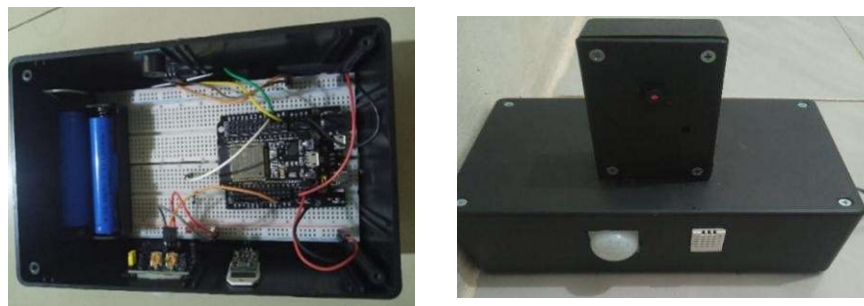


Gambar 5. Hasil tampilan Thingsboard dan aplikasi Telegram

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PERANCANGAN ALAT

Hasil dari perancangan alat ini adalah menciptakan sistem deteksi gangguan binatang pada jaringan listrik tegangan menengah SUTM dengan basis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini terintegrasi dengan platform IoT Thingsboard dan memberikan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Adapun rancangan alat telah terbuat pada Gambar 6.



(a)

(b)

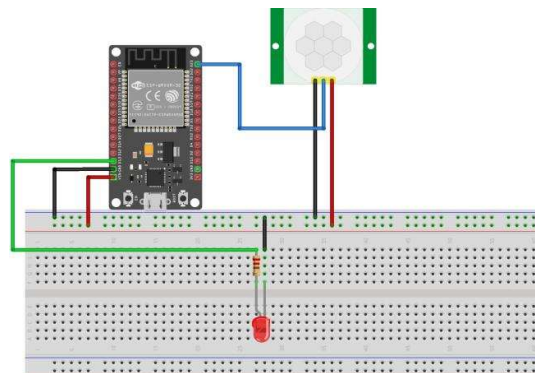
Gambar 6. Bentuk alat (a) Tampak dalam, (b) Tampak luar

B. PENGUJIAN SENSOR PIR

Sensor PIR HC-SR501 diuji melalui berbagai simulasi untuk memastikan kinerjanya yaitu pengujian waktu *setup*, pengujian penundaan, pengujian sudut pancar horizontal, dan pengujian sudut pancar vertikal.

1) PENGUJIAN SETTING TIME SENSOR PIR

Pengujian *setting time* merupakan waktu inisialisasi atau pengaturan yang diperlukan sensor untuk menangkap sinar infra merah. Sehingga diperoleh waktu yang cukup sebelum menghubungkan sensor PIR ke perangkat lain. Pengujian dilakukan dengan mengatur PIR untuk mendeteksi gerakan dan mencatat waktu nyala LED sebagai pengukur waktu *setup* atau inisiasi sensor hingga LED mati.



Gambar 7. Rangkaian uji *setting time*

Gambar 7 memperlihatkan rangkaian pengujian *setup* waktu sensor PIR, di mana pengukuran dilakukan saat sensor PIR mendeteksi pergerakan, dan sebagai hasilnya, LED akan menyala selama beberapa detik. Saat LED menyala ini, adalah waktu yang dicatat sebagai pengukuran *setting time* hingga LED *off* kembali.

TABEL I
PENGUJIAN SETTING TIME SENSOR PIR

Percobaan	Tegangan (V)	Delay (s)
1	3,28	3,2
2	3,28	3,1
3	3,28	3,2
4	3,28	3,2
5	3,28	3,2
6	3,28	3,1
7	3,28	3,3
8	3,28	3,2
9	3,28	3,2
10	3,28	3,1
rata-rata <i>delay</i> (s)		3,18

Tabel 1 menunjukkan waktu rata-rata uji coba *setting time* sensor PIR HC-SR501 dari 10 kali pengujian yaitu sebesar 3,18 detik dengan tegangan *output* saat sensor *HIGH* sebesar 3,28V. Hal tersebut sesuai dengan *datasheet* sensor yang digunakan dengan nilai antara 3 detik sampai 5 menit.

2) PENGUJIAN ON DELAY PIR

Pengujian *on delay* pada sensor PIR dilakukan dengan tujuan untuk menentukan interval waktu di mana sensor PIR tetap aktif setelah mendeteksi suatu objek, sebelum kembali ke posisi non-aktif. Proses pengujian ini melibatkan penggunaan *stopwatch* untuk mengukur lama waktu yang dibutuhkan sensor PIR saat dalam keadaan aktif dan saat kembali ke keadaan tidak aktif.

TABEL II
PENGUKURAN ON DELAY SENSOR PIR

Uji coba	Jarak (cm)	Waktu (s)
1	5	2,67
2	15	2,67
3	30	2,75
4	45	2,83
5	60	2,83
6	75	2,83
7	90	2,83
8	105	2,64
9	120	2,83
10	135	2,83
11	150	2,83
12	165	2,67
13	180	2,83
14	195	2,83
15	210	5,64
16	225	5,43
17	240	5,62
18	255	5,41
19	270	5,78
20	285	6,23
21	300	6,18
Rata-rata <i>delay</i>		3,77

Berdasarkan Tabel II nilai rata-rata *on delay* sensor PIR adalah 3,77 detik dari pengujian pada jarak 5 cm sampai 300 cm. Selain itu pada pengujian ini juga dilakukan penyesuaian sensitivitas pada jarak >200 cm karena sensor PIR mulai berkurang sensitivitasnya terhadap objek. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyesuaian potensiometer sensitivitas pada sensor PIR agar sensor tersebut dapat mendeteksi objek dengan baik pada saat kembali ke posisi non-aktif.

3) PENGUJIAN SUDUT PANCAR HORIZONTAL PIR

Sudut pancar horizontal sensor PIR merupakan sudut lebar yang mampu menangkap radiasi infra merah dari binatang bergerak dari sisi sebelah kanan/kiri dari sensor. Pengukuran sudut pancar dilakukan dengan cara meletakkan alat deteksi pada posisi tertentu

tanpa ada benda yang menghalanginya, kemudian meletakkan tikus sebagai binatang yang dideteksi dan mengukur posisi tikus pada alat sistem deteksi LED menyala dan pada saat LED mati dari posisi jarak horizontal dalam satu arah (kanan/kiri sensor).

TABEL III
PENGUJIAN SUDUT PANCAR PIR HORIZONTAL

Jarak Objek (cm)	Mean lebar deteksi (cm)	Sudut °
15	17,6	40,46
35	37	43,41
55	53,6	45,73
75	71,8	46,26
95	86,2	47,77
115	101,4	48,59
135	110,6	50,67
155	114,4	53,57
175	120	55,56
195	126,5	57,02
215	134,2	58,02
235	140,8	59,07
250	148,4	59,40

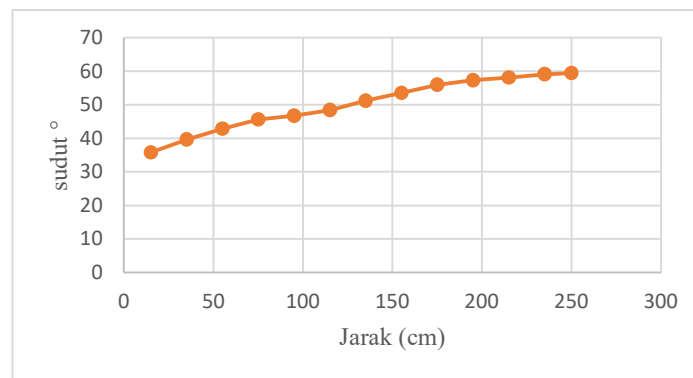
Berdasarkan Tabel III dapat diketahui besar sudut pancar horizontal PIR menggunakan persamaan Trigonometri sebagai berikut:

$$\tan \theta = \frac{\text{Jarak objek terhadap PIR}}{\text{Jarak maksimum dideteksi PIR}} \quad (1)$$

$$\tan \theta = \frac{15}{17,6}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{15}{17,6} = 40,46^\circ$$

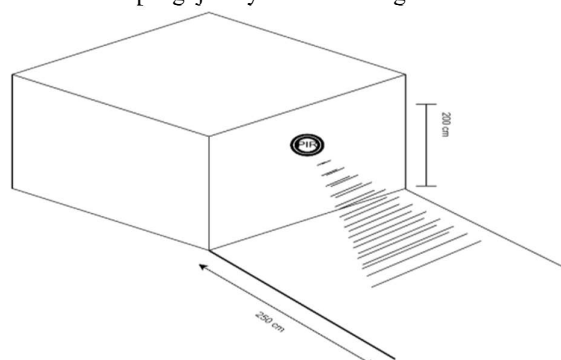
Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan sudut pancaran PIR secara horizontal, sensor PIR dapat mendeteksi pergerakan binatang pada rentang jarak 15 cm hingga 250 cm dengan sudut terbesar 59,40°. Grafik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik pengukuran sudut pancar horizontal

4) PENGUJIAN SUDUT PANCAR VERTIKAL PIR

Pengukuran sudut pancaran vertikal pada sensor PIR merupakan pengujian untuk menentukan sudut dimana sensor PIR dapat mendeteksi gerakan pada bidang vertikal. Skema pengujiannya adalah sebagai berikut.



Gambar 9. Skema pengujian sudut pancar vertikal sensor PIR

Gambar 9 menunjukkan letak alat yang dipasang pada ketinggian 200 cm terhadap suatu benda (binatang) yang ingin dideteksi pada jarak yang bervariasi dengan jarak maksimal 250 cm pada pengujian sudut pancaran vertikal PIR. Data hasil pengujiannya seperti pada Tabel IV.

TABEL IV
SUDUT PANCAR VERTIKAL SENSOR PIR

Uji coba	Jarak Objek (cm)	LED	Sudut °
1	15	Mati	85,7
2	35	Mati	80
3	55	Mati	74,6
4	75	Mati	69,5
5	95	Menyala	63,4
6	115	Menyala	58,5
7	135	Menyala	51,3
8	155	Menyala	49,3
9	175	Menyala	48,4
10	195	Menyala	47,1
11	215	Menyala	42,4
12	235	Menyala	41,3
13	250	Menyala	38,7

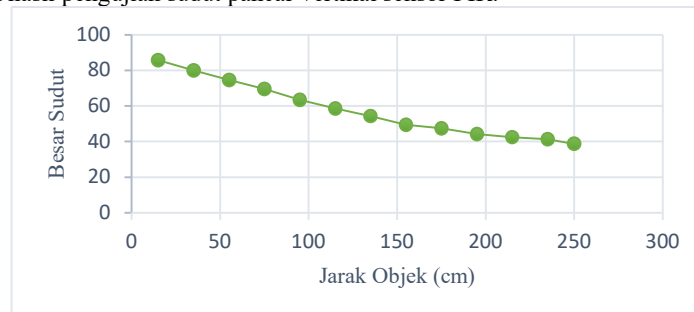
Berdasarkan hasil pengujian (Tabel IV), besar sudut vertikal dapat dicari menggunakan persamaan Trigonometri sebagai berikut,

$$\tan \theta = \frac{\text{Letak Tinggi Sensor}}{\text{Jarak Objek}} \quad (2)$$

$$\tan \theta = \frac{200}{15}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{200}{15} = 85,7^\circ$$

Berdasarkan hasil pengujian dan hasil perhitungan sudut pancaran vertikal PIR, sensor PIR dapat mendeteksi pergerakan binatang pada rentang jarak 95 cm hingga 250 cm dengan ketinggian 200 cm ketika perangkat diletakkan pada objek dengan sudut deteksi maksimum 63,4°. Namun untuk jarak pengujian 5 cm hingga 75 cm, sensor PIR tidak dapat mendeteksi pergerakan binatang. Gambar 10 merupakan grafik hasil pengujian sudut pancar vertikal sensor PIR.



Gambar 10. Grafik pengukuran sudut pancar vertikal

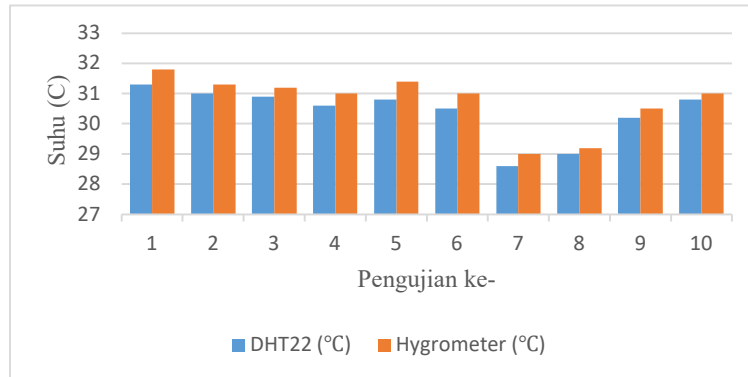
C. PENGUJIAN SENSOR DHT22

Pengujian akurasi pada sensor DHT22 memiliki tujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana ketidakakuratan atau perbedaan relatif antara nilai pengukuran yang diberikan oleh sensor DHT22 dengan nilai standar acuan sebagai referensi. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data suhu dari sensor DHT22 dengan suhu alat ukur higrometer standar. Data hasil pengujiannya pada Tabel V.

TABEL V
PENGUJIAN AKURASI SUHU SENSOR DHT22

No.	DHT22 (°C)	Hygrometer (°C)	Selisih	Error (%)
1	31,3	31,8	0,5	1,57
2	31	31,3	0,3	0,95
3	30,9	31,2	0,3	0,96
4	30,6	31	0,4	1,2
5	30,8	31,4	0,6	1,9
6	30,5	31	0,6	1,93
7	28,6	29	0,4	1,37
8	29	29,2	0,2	0,68
9	30,2	30,5	0,3	0,98
10	30,8	31	0,2	0,64
Rata-rata error				1,22

Dari hasil percobaan kalibrasi sensor DHT22 yang dilakukan pada suhu ruangan normal diperoleh rata-rata *persentase error* sebesar 1,22%. Sehingga, dapat dicari nilai akurasi pembacaan suhu sensor DHT22 terhadap alat referensi higrometer dengan *persentase* maksimal 100% dikurangi nilai *error* pengujian sensor DHT22. Jadi, nilai akurasi deteksi suhu yang diperoleh dari sensor DHT22 sebesar 98,78% dan hasil pengukurannya ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik pengujian suhu DHT22 dan higrometer

D. PENGUJIAN DELAY PENGAMBILAN GAMBAR ESP32-CAM

Test delay ESP32-CAM merupakan pengujian yang dilakukan untuk melihat perbedaan waktu saat sensor mencapai *set point* yaitu PIR mendeteksi gerakan atau sensor DHT22 melebihi nilai 37°C dengan waktu respon ESP32-CAM saat pengambilan gambar dengan kualitas gambar 320x240 piksel. Selain itu, pengujian ini digunakan untuk melihat nilai keterlambatan data yang dikirim ke Thingsboard dengan data yang didapat seperti Tabel VI.

TABEL VI
PENGUJIAN DELAY OUTPUT TELEGRAM DAN THINGSBOARD

PIR	DHT22 (°C)	Delay Thingsboard (s)	Delay Bot Telegram pada Provider (s)		
			Telk	Tri	Axis
Aktif	31°C	0	1,4	2,2	1,8
Aktif	31°C	0	1,5	2,1	1,6
Aktif	32°C	0	1,3	2,4	1,9
Aktif	32°C	0	1,3	2,3	1,7
	38°C	0	1,5	2,3	1,9
	38°C	0	1,5	2,5	1,8
	38°C	0	1,3	2,3	1,8
	39°C	0	1,3	2,3	2,1
Aktif	39°C	0	1,4	2,5	2,2
Aktif	39°C	0	1,4	2,5	2,1
<i>Delay rata-rata</i>		0	1,39	2,34	1,89

Berdasarkan hasil pengujian *delay* pengambilan gambar ESP32-CAM dan data terkirim di Thingsboard saat sensor memenuhi variabel dengan kualitas gambar 320x240 pixel. Didapatkan dari 10 kali percobaan rata-rata *delay* provider Telkomsel, Tri dan Axis berturut-turut sebesar 1,39, 2,34, dan 1,89 detik. Adapun *delay* data Thingsboard sebesar 0 detik atau *real-time*.

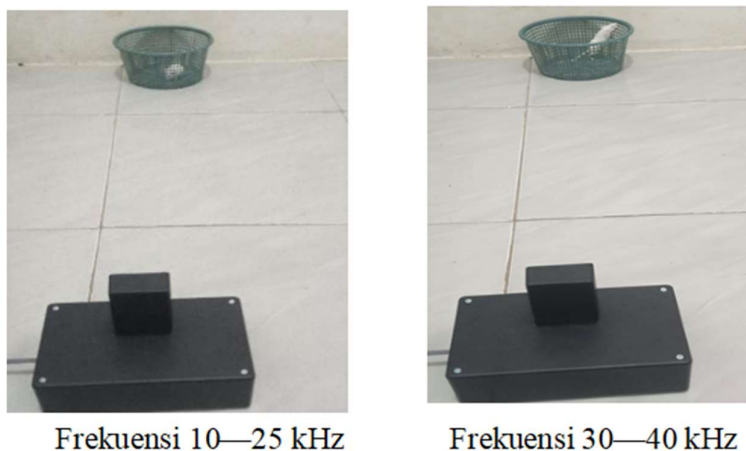
E. PENGUJIAN FREKUENSI BUZZER

Pengujian frekuensi *buzzer* merupakan suatu proses yang bertujuan untuk mencari nilai frekuensi efektif untuk mencegah adanya binatang pada jaringan listrik (SUTM) [17]. Uji frekuensi ini harus memperhatikan frekuensi pendengaran Binatang [18]. Kukang dapat mendengar frekuensi dari 22 kHz hingga 50 kHz [19]. Sedangkan tupai merupakan binatang yang mempunyai pendengaran yang baik pada rentang 50 Hz sampai 50 kHz [20]. Selanjutnya dengan mengetahui frekuensi tersebut, penelitian ini menggunakan tikus yang memiliki rentang pendengaran antara 20 dan 50 kHz [5]. Adapun uji coba yang dilakukan adalah sebagai berikut.

TABEL VII
PERCOBAAN FREKUENSI BUZZER ULTRASONIK

Uji Coba	Frekuensi Buzzer	Respon Binatang Tikus
1	10 kHz	Normal
2	15 kHz	Normal
3	20 kHz	Normal
4	25 kHz	Normal
5	30 kHz	Terganggu
6	35 kHz	Terganggu
7	40 kHz	Terganggu

Dari hasil pengujian frekuensi *buzzer* sebagai pengusir binatang pada jaringan SUTM dengan frekuensi 10 kHz sampai 25 kHz respon binatang normal. Kemudian pada saat pengujian dilakukan pada frekuensi 30 kHz hingga 40 kHz, respon binatang tersebut terganggu, seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Respon binatang pada frekuensi ultrasonik

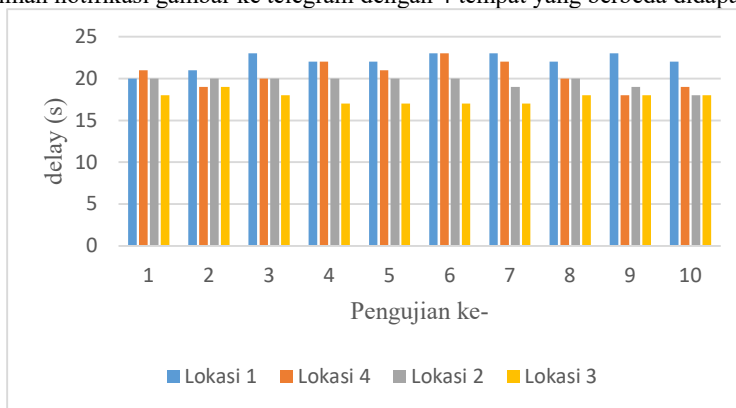
F. PENGUJIAN JARAK JAUH PENGIRIMAN GAMBAR TELEGRAM

Uji jarak pengiriman dilakukan untuk mengirimkan notifikasi dari bot Telegram dalam jarak jauh untuk memastikan perbedaan waktu pengiriman notifikasi pesan masuk ke bot Telegram di 4 titik lokasi berbeda pada *smartphone*, yang dilakukan secara bertahap dengan menguji alat yang terletak di ULP Natar. Jarak pengiriman ditunjukkan pada Tabel VIII, sebagai berikut.

TABEL VIII
LOKASI PENGIRIMAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM

No.	Lokasi	Jarak dari ULP Natar
1	GH NTRBR0066	3,93 km
2	Pasar Natar	1,07 km
3	SMPN 1 Natar	500 m
4	GH NTRBR0044	3,79 km

Dari hasil pengujian pengiriman notifikasi gambar ke telegram dengan 4 tempat yang berbeda didapatkan grafik pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik perbandingan *delay* pengiriman gambar pada 4 lokasi berbeda

Berdasarkan hasil pengujian dari grafik pengiriman gambar ke Telegram pada empat lokasi berbeda diketahui bahwa jarak tempat pengiriman gambar mempengaruhi keterlambatan pengiriman gambar. Dimana rata-rata waktu tunda pengiriman dari terjauh ke terdekat masing-masing sebesar 22,1 detik, 20,5 detik, 19,6 detik, dan 17,7 detik.

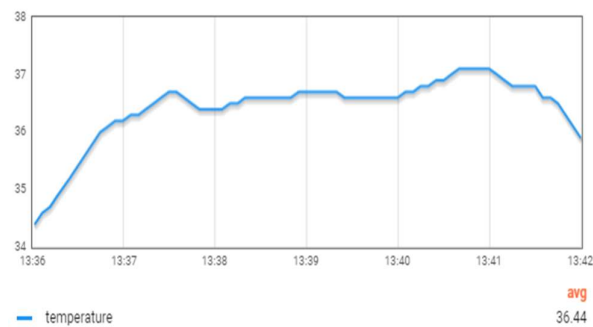
G. PENGUJIAN DI LAPANGAN

Pengujian lapangan untuk alat sistem deteksi binatang berfungsi untuk melihat kinerja kalibrasi dan program, sehingga alat dapat mendeteksi dan mencegah binatang dari jaringan SUTM. Pengujian dilakukan di 2 lokasi berbeda di Gardu Hubung *feeder* Ferrari ULP Natar. Adapun penempatan alat di jaringan SUTM terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Pemasangan alat deteksi

Gambar 15 merupakan hasil pembacaan alat sistem pendeteksi binatang yang menyebabkan penyaluran listrik SUTM terganggu pada saat pengujian di *feeder* Natar ULP Ferrari. Pada gambar a. adalah pembacaan sensor DHT22 yang ditampilkan pada Thingsboard dengan suhu tertinggi yang tercatat selama pengujian sebesar $36,8^{\circ}\text{C}$ dan dengan suhu rata-rata $36,44^{\circ}\text{C}$. Kemudian pada Gambar b. merupakan hasil tangkapan gambar ESP32-CAM yang dikirimkan ke Telegram ketika sensor PIR mendeteksi tupai/kukang melalui jaringan SUTM. Kemudian pada Gambar c. merupakan pengambilan gambar setelah 5 detik deteksi tupai melalui jaringan SUTM. Diketahui bahwa tupai telah meninggalkan jaring SUTM karena *buzzer* ultrasonik yang dihasilkan oleh alat yang dapat menakuti binatang dan mencegah gangguan pada jaring SUTM.



(a)



(b)

(c)

Gambar 15. Pengujian Alat di Lapangan, (a) Cuplikan pembacaan suhu oleh DHT22 dari Thingsboard, (b) Deteksi sensor PIR pada jaringan SUTM dari Telegram, (c). SUTM setelah binatang terusir

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai sistem deteksi binatang penyebab gangguan listrik SUTM, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah terbangun sistem deteksi binatang penyebab gangguan pada jaringan listrik SUTM dengan *input* sensor Passive Inframerah (PIR) dan sensor suhu DHT22, menghasilkan keluaran berupa *buzzer* dengan frekuensi 30kHz hingga 40kHz sebagai pengusir binatang, dan foto modul ESP32-CAM serta terhubung menggunakan *software* Thingsboard dan Telegram yang dapat diakses dari *smartphone* dan *personal computer* (PC).
2. Sistem deteksi binatang penyebab gangguan jaringan listrik SUTM dapat mendeteksi pergerakan binatang dengan sudut deteksi hingga $\angle 63,4$ dan jarak 300 cm. Sensor DHT22 dapat memantau suhu dengan nilai akurasi suhu sebesar 98,78%. Dan rata-rata *delay* pengambilan gambar pada operator Telkomsel, Axis dan Tri masing-masing adalah 1,39 detik, 1,89 detik, dan 2,34 detik.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2020," 34th ed. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2021. [Online]. Available: https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/8f7e720211110-statistik-2020-rev03.pdf. Accessed: Oct. 30, 2022.
- [2] H Alsuwaidi and A. A. Adam, "Design and Simulation of a Seven Taps Electronic on Load Tap Changer in 11/0.4KV Distribution Transformers Using a PI Controller," in 2019 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA), Nov. 2019, pp. 1-5. doi: 10.1109/ICECTA48151.2019.8959675.
- [3] Hasanuddin, Padli T., "A nalisa Penentuan Faktor Dominan Penyebab Gangguan SUTM DI PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Malino," Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, 2019.
- [4] Database Gangguan Sistem Distribusi UP3 Tanjung Karang Hasil Rekon pada Tahun 2021-2022.
- [5] D. F. Ashari, L. Ruslan, dan Alimin, "Analisis Gangguan Gardu Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Watang Sawitto," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, Makassar, 21 September 2021.
- [6] Terwianti, S., dkk. Prototype Alat Pendeteksi dan Pengusir Tikus pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno. Skripsi. Universitas Bengkulu, 2019.
- [7] Gunawan, R. Sistem Pendeteksi Keberadaan Hama Monyet yang Berada di Area Perkebunan Penduduk Berbasis Mikrokontroler. Skripsi. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam. Institut Agama Islam Negeri Batusangkar, 2019.
- [8] Greeners.Co, "Kukang, Satu-satunya Primata di Dunia yang Berbisa," 2023. [Online]. Available: Greeners.Co.
- [9] Aji, A. R., and Prasetyo, A., "Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 9, pp. 1-6, 2020.
- [10] Puspita, F., et al., "Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 Berbasis Arduino Terhadap Termohyrometer Standar," Departeman Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada, 2020.
- [11] Desmira et al., "Penerapan Sensor passive infrared (PIR) Pada Pintu Otomatis di PT LG Electronic Indonesia," *Pendidikan Teknik Elektro*, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2020.
- [12] Sekar, Khanina Rizki, and Subali, "Sistem Keamanan Rumah Otomatis Menggunakan Sensor PIR, Sensor Suhu, Sensor Gas yang terhubung dengan Telepon Seluler Berbasis Microcontroller Atmega8 dan Atmega 162 dengan Backup Daya," *Jurnal Gema Teknologi*, vol. 17, 2013.
- [13] M. Y. Eka Aditya dan H. Wibawanto, "Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang*, vol. 5, no. 1, 2013.
- [14] R. Saputro and H. Suhendi, "Sistem Monitoring dan Automatic Feeding Hewan Peliharaan Menggunakan Android Berbasis Internet of Things," *E- Prosiding Teknik Informatika (PROTEKTIF)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-12, Juni 2021.
- [15] A. Farhan, "Internet of Things: Sejarah Teknologi dan Penerapannya," Bandung, Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung, 2019.
- [16] Laksana, K., et al., "Sistem Keamanan Ksatria Dengan Sensor PIR Menggunakan Metode Cluster Based," *Prodi Teknik Elektro*, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang, 2017.
- [17] Ardiansyah, "Perancangan Alat Pendeteksi Hewan Pengganggu Tanaman Kebun Menggunakan Sensor Gerak PIR (Passive InfraRed) Berbasis Mikrokontroler," Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alaudin Makassar, 2019.
- [18] J. F. Hare and B. A. Atkins, "The squirrel's distress call: A unique Ultrasonic Vocalization," *Animal Behaviour*, vol. 61, no. 4, pp. 713-719, 2021.
- [19] Kukangku, "Wow, Kukang Dapat Mendengar Suara Ultrasonik," [Online]. Available: [Kukangku]. Accessed: Sep. 27, 2021.
- [20] T. G. Leighton, "Whats is Ultrasound ?," *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, vol. 111, no. 2-3, pp. 92-114, 2016. [Online]. Available: ScienceDirect.