

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI BINATANG PENYEBAB
GANGGUAN DISTRIBUSI LISTRIK JARINGAN SUTM BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IoT)**

(Skripsi)

Oleh

**SOFYAN RIFAI
NPM 1915031029**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI BINATANG PENYEBAB GANGGUAN DISTRIBUSI LISTRIK JARINGAN SUTM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Oleh

SOFYAN RIFAI

Penyaluran listrik tegangan menengah di Indonesia didominasi menggunakan saluran udara tegangan menengah (SUTM). SUTM adalah konstruksi penyaluran tenaga listrik tanpa isolasi dengan tegangan berkisar 5kV hingga 20kV yang menghubungkan gardu induk dengan pelanggan. SUTM sering mengalami gangguan sesaat hingga permanen akibat faktor binatang seperti kukang dan tupai. Penelitian ini bertujuan merancang sistem deteksi binatang berbasis IoT yang dapat mencegah dan memberi peringatan berupa gambar jika terdapat binatang atau suhu yang berlebih pada jaringan SUTM. Sistem deteksi ini menggunakan sensor PIR HC-SR501 untuk mendeteksi gerakan binatang, sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu, *buzzer* ultrasonik untuk mencegah binatang, dan ESP32-CAM untuk mengambil gambar. Data dari sensor dikirim ke platform IoT Thingsboard menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32, serta gambar dikirim ke aplikasi Telegram. Pengujian dilakukan secara subsistem dan keseluruhan dengan simulasi dan pengujian langsung di gardu hubung SUTM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem deteksi binatang dapat mendeteksi gerakan 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, SUTM, Thingsboard.

ABSTRACT

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ANIMAL DETECTION SYSTEM CAUSING DISRUPTION IN THE MEDIUM VOLTAGE ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORK BASED ON INTERNET OF THINGS (IoT)

By

SOFYAN RIFAI

The distribution of medium voltage electricity in Indonesia is predominantly carried out through Medium Voltage Overhead Lines (SUTM). SUTM is a power distribution construction without insulation, with voltages ranging from 5kV to 20kV, connecting substations to customers. SUTM often encounters disturbances, ranging from momentary interruptions to permanent damage, due to factors such as animals, including civets and squirrels. This research aims to design an IoT-based animal detection system that can prevent and provide warnings, in the form of images, in the event of animals or excessive temperatures on the SUTM network. The detection system utilizes a PIR HC-SR501 sensor for animal movement detection, a DHT22 sensor for temperature monitoring, an ultrasonic buzzer for animal deterrent, and an ESP32-CAM for image capture. Sensor data is transmitted to the Thingsboard IoT platform using the NodeMCU ESP32 microcontroller, while images are sent to the Telegram application. Testing was conducted for subsystems and the entire system, involving simulations and direct testing at the SUTM substation. Test results indicate that the animal detection system can detect animal movements with a detection angle up to $\angle 63.4^\circ$, and the DHT22 sensor can monitor temperature with an accuracy of 98.78%. The ultrasonic buzzer effectively deters animals with a frequency of 35kHz. The delay in capturing images by the ESP32-CAM, when specified conditions are met, varies depending on the service provider. Telkomsel exhibited the shortest average delay at 1.39 seconds, Axis had an average delay of 1.89 seconds, and Tri had an average delay of 2.34 seconds.

Keywords: *NodeMCU ESP32, PIR HC-SR501, DHT22, SUTM, Thingsboard.*

**RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI BINATANG PENYEBAB
GANGGUAN DISTRIBUSI LISTRIK JARINGAN SUTM BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IoT)**

Oleh

SOFYAN RIFAI

(Skripsi)

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI BINATANG PENYEBAB GANGGUAN DISTRIBUSI LISTRIK JARINGAN SUTM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)**

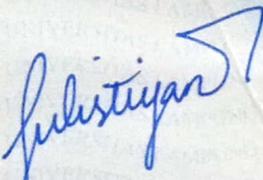
Nama Mahasiswa : **Sofyan Rifai**

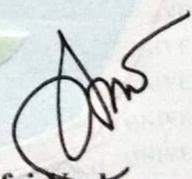
Nomor Pokok Mahasiswa : **1915031029**

Jurusan : **Teknik Elektro**

Fakultas : **Teknik**



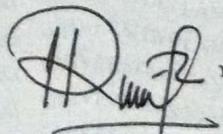

Dr. Ir. Sri Ratna S, M.T.
NIP. 196510211995122001


Afri Yudamson, S.T., M.Eng.
NIP. 198904302019031011

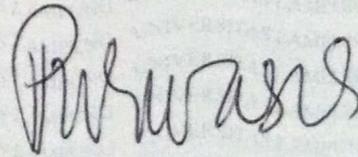
2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Helinawati, S.T., M.T.
NIP. 197103141999032001



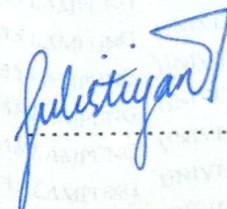
Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
197404222000122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ir. Sri Ratna S, M.T.**



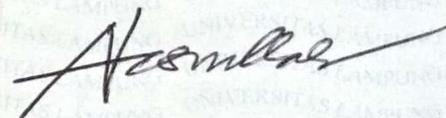
Sekretaris

: **Afri Yudamson, S.T., M.Eng.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Emir Nasrullah, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **08 Desember 2023**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sofyan Rifai
NPM : 1915031029
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya , bahwa skripsi saya berjudul **“Rancang Bangun Sistem Deteksi Binatang Penyebab Gangguan Distribusi Listrik Jaringan SUTM Berbasis *Internet of Things* (IoT)”** dibuat oleh saya sendiri mulai dari gagasan, data, ataupun pembahasannya kecuali karya atau pendapat dari orang lain telah dicantumkan di daftar pustaka sebagai referensi penelitian.

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

Bandar Lampung, 12 Desember 202



Sofyan Rifai
NPM. 1915031029

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Binatang Penyebab Gangguan Distribusi Listrik Jaringan SUTM Berbasis *Internet of Things* (IoT)” .

Penyelesaian Tugas Akhir ini dapat berjalan lancar berkat doa dan dukungan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., 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 Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan serta motivasi yang sangat bermanfaat kepada penulis di setiap kesempatannya.
6. Bapak Afri Yudamson, S.T., M.T., selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak Emir Nasrulloh. S.T., M.T., selaku Penguji Utama yang telah memberikan koreksi, kritik, dan saran untuk kemajuan dalam skripsi ini.
8. Bapak Sumadi S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik (PA) telah memberikan nasihat dan arahan kepada penulis.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada Penulis.

10. Seluruh Staff di Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik yang telah membantu penulis baik dalam hal administrasi ataupun dalam hal lainnya.
11. Kedua orang tua Penulis, Bapak Sukiman dan Ibu Sumini tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dukungan dan tak henti-hentinya mendoakan penulis.
12. Kakak dan Adik dan keluarga penulis yaitu Sutarman, Wika Triski, Rahayu Susanti, Azka yang selalu menjadi tempat bercanda, dan bercerita.
13. Wanita spesial, Sonia Permata Ananda S.H., yang selalu memberi semangat, motivasi, do'a dan waktunya dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.
14. Kelurga Eternity 19 yang sudah seperti saudara sendiri bagi penulis atas segala kebersamaannya.
15. Segenap keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) yang telah mengajarkan berorganisasi dan mengajarkan banyak hal dan juga menjadi rumah yang nyaman selama kuliah. Himatro Luar Biasa,
16. Teman-teman KKN Desa Taman Sari yang telah memberikan do'a dan dukungan.
17. Teman-teman kerja praktik dan Magang MBKM UP3 Tanjung Karang yang saling bahu-membahu dalam menyelesaikan pekerjaan.
18. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya ilmu dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan yang membangun agar skripsi dapat menjadi lebih baik lagi.

Bandar Lampung, 12 Desember 2023

Penulis.

Sofyan Rifai

NPM. 1915031029

RIWAYAT HIDUP



Sofyan Rifai lahir di Natar, Lampung Selatan pada tanggal 25 Juni 2001, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bpk. Sukiman dan Ibu Sumini. Pendidikan penulis dimulai di Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Aisyiah Bustanul Athfal Kec. Natar tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di MI Muhammadiyah Natar pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di MTs Muhammadiyah 1 Natar pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Akhir (SMA) diselesaikan di SMA N 1 Natar pada tahun 2019.

Mulai tahun 2019, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro FT Unila melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten laboratorium Teknik Kendali jurusan Teknik Elektro dan aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) FT Unila sebagai Anggota Departemen Pengembangan Keteknikan, Divisi Penelitian dan Pengembangan pada tahun 2021-2022. Pada semester 5 Penulis memilih konsentrasi Elektronika dan Kendali (Elkakend) sebagai fokus dalam perkuliahan dan penelitian. Pada 27 Juni sampai 5 Agustus 2022, penulis melakukan kerja Praktik di PT. PLN UPDK PLTP Ulubelu Unit 1 & 2. Kemudian Pada 1 Agustus sampai 31 Desember penulis melaksanakan Magang pada program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di PT. PLN UP3 Tanjung Karang. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Taman Sari, Kecamatan Ketapang, Kabupaten Lampung Selatan selama 40 hari pada tahun 2022.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan kepada:

KEDUA ORANG TUA SAYA TERCINTA

SUKIMAN

SUMINI

Saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang paling berharga di hidup saya. Karena doa dan dukungannya serta perjuangan mereka untuk memberikan yang terbaik kepada saya sehingga saya bisa mencapai titik ini. Mohon maaf sebesar – besarnya jika saya masih belum bisa menjadi yang kalian impikan tetapi saya akan berjuang untuk memberikan yang terbaik seperti kalian yang selalu memberikan hal terbaik untuk saya. Saya ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya, jika tanpa kalian saya bukan apa -apa. Kalian orang tua terhebat untuk saya dan saya sangat bersyukur ditakdirkan bersama kalian.

KAKAK DAN ADIK TERSAYANG

SUTARMAN

WIKA TRIZKI ANDRIANI

Terimakasih telah menjadi saudara terbaik yang mendukung dan memberikan semangat.

Keluarga Besar Teknik Elektro

Almometer Tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Dalam hidup ini saya memiliki mental seperti orang yang bermain sepeda, bila saya tidak mengayuh sepeda maka saya akan jatuh, jika saya berhenti berusaha maka saya akan mati.”

(B.J. Habibie)

“Agar kamu tidak bersedih hati terhadap apa yang luput dari kamu dan tidak pula terlalu gembira terhadap apa yang diberikan-Nya kepadamu. Dan Allah tidak menyukai terhadap orang yang sombong dan membanggakan diri”

(Q.S Al-Hadid, 57: 23)

“Kesuksesan dan kebahagiaan terletak pada diri sendiri. Tetaplah berbahagia karena kebahagiaanmu dan kamu yang akan membentuk karakter kuat untuk melawan kesulitan”

(Helen Keller)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S Al-Baqarah, 2: 286)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	XII
DAFTAR GAMBAR	XIV
DAFTAR TABEL	XVII
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Gangguan Jaringan SUTM	8
2.3 NodeMCU ESP32	10
2.4 Sensor Suhu DHT22	11
2.5 Sensor PIR HC-SR501	13
2.6 ESP32-CAM	14
2.7 <i>Buzzer</i>	15
2.8 Arduino IDE	16
2.9 Platform <i>Internet of Things</i> (IoT)	17
2.10 Telegram	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Tahapan Penelitian	21

3.4 Diagram Alir Penelitian	23
3.5 Desain Perancangan Alat Deteksi Binatang Pada Jaringan SUTM	24
3.5.1 Pendesainan Alat Deteksi	25
3.5.2 Perancangan Alur Kerja Sistem	26
3.6 Perancangan <i>Software</i>	27
3.7 Pengujian Alat	29
3.7.1 Pengujian <i>Software</i>	29
3.7.2 Pengujian <i>Hardware</i>	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil Perancangan Sistem	31
4.2. Cara Kerja Sistem Deteksi Binatang pada Jaringan Listrik SUTM	33
4.3 Analisis Sistem Deteksi Binatang Penyebab Gangguan Jaringan listrik SUTM	39
4.3.1 Perangkat Keras	40
4.3.2 Perangkat Lunak	48
4.4. Sistem Keseluruhan	53
4.4.1 Pengujian Deteksi Sensor PIR	54
4.4.2 Pengujian Sensor Suhu DHT22	64
4.4.3 Pengujian Frekuensi <i>Buzzer</i>	69
4.4.4 Pengujian <i>Delay</i> ESP32-CAM Saat Sensor Aktif	71
4.4.5 Pengujian Jarak Jauh Pengiriman Gambar Telegram	72
4.4.6 Penggunaan Daya Alat Sistem Deteksi Binatang Jaringan SUTM	77
4.4.7 Hasil Pengiriman Gambar ke Bot Telram	79
IV. KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)	9
Gambar 2. 2 Tubuh kukang (Nycticebus)	10
Gambar 2. 3 Mikrokontroler NodeMCU ESP32 WROOM 32s	11
Gambar 2. 4 Sensor suhu dan kelembaban DHT22	12
Gambar 2. 5 Sensor PIR HC-SR501	13
Gambar 2.6 Komponen ESP32-CAM	15
Gambar 2.7 Komponen <i>buzzer</i>	15
Gambar 2. 8 Arduino IDE	16
Gambar 2. 9 Thingsboard	18
Gambar 2.10 Aplikasi Telegram	19
Gambar 3. 1 Tahapan penelitian	21
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian	24
Gambar 3. 3 Gambaran umum sistem	25
Gambar 3. 4 Gambaran flowchart sistem	26
Gambar 3.5 Tampilan <i>software</i> Arduino IDE	27
Gambar 3.6 Tampilan platform IoT Thingsboard	28
Gambar 3.7 Tampilan bot Telegram	28
Gambar 4.1 Perancangan sistem	31
Gambar 4.2 Program koneksi WiFi	34
Gambar 4.3 Program inisialisasi komponen	34
Gambar 4.4 Program inisialisasi Thingsboard	35
Gambar 4.5 Program koneksi Thingsboard menggunakan MQTT	36
Gambar 4.6 Program perintah mengirim data pada Thingsboard	36
Gambar 4.7 Tampilan pada Dashboard Thingsboard	37
Gambar 4.8 Program inisialisasi dan perintah bot Telegram pada ESP32-CAM	38
Gambar 4.9 Program perintah mengirim foto pada Telegram	39

Gambar 4.10	Pemasangan alat sistem deteksi.....	39
Gambar 4.11	Rangkaian keseluruhan alat deteksi.....	40
Gambar 4.12	Pemilihan <i>board</i> dan <i>port</i> NodeMCU ESP32 ke laptop.....	41
Gambar 4.13	Contoh pemilihan <i>sketch</i> program pada Arduino IDE.....	41
Gambar 4.14	Proses <i>upload</i> pada Arduino IDE.....	42
Gambar 4.15	Hasil respon NodeMCU ESP32.....	42
Gambar 4.16	Rangkaian sensor PIR.....	43
Gambar 4.17	Program inialisasi dan sistem kerja pada PIN sensor PIR.....	43
Gambar 4.18	Rangkaian sensor DHT22.....	44
Gambar 4.19	Program Arduino IDE inialisasi PIN sensor DHT22.....	45
Gambar 4.20	Rangkaian <i>buzzer</i>	46
Gambar 4.21	Program Arduino IDE komponen <i>buzzer</i>	46
Gambar 4.22	Rangkaian komunikasi UART ESP32-CAM dengan ESP32.....	47
Gambar 4.23	Program konfigurasi PIN dan inialisasi kamera ESP32-CAM.....	47
Gambar 4.24	Program <i>loop</i> pada ESP32-CAM.....	48
Gambar 4.25	Arduino IDE.....	49
Gambar 4.26	Tampilan serial monitor koneksi WiFi dan MQTT Thingsboard...	49
Gambar 4.27	Alur kerja sensor PIR, DHT dan pengiriman data ke Thingsboard	50
Gambar 4.28	. Serial monitor koneksi UART ' <i>capture</i> ' ESP32 dan serial monitor koneksi UART ' <i>capture</i> ' ESP32-CAM.....	51
Gambar 4.29	Tampilan serial monitor perintah Bot Telegram.....	52
Gambar 4.30	Tampilan Dashboard Thingsboard yang terbentuk.....	52
Gambar 4.31	Hasil Bot Telegram.....	53
Gambar 4.32	Rangkaian uji <i>setting time</i> sensor PIR.....	54
Gambar 4.33	Penentuan sudut pancar horizontal PIR.....	58
Gambar 4.34	Grafik pengukuran sudut pancar terhadap jarak.....	59
Gambar 4.35	Skema pengujian sudut pancar vertikal sensor PIR.....	59
Gambar 4.36	Skema perhitungan sudut pancar vertikal sensor PIR.....	60
Gambar 4.37	Grafik Pengukuran sudut pancar vertikal sensor PIR.....	61
Gambar 4.38	Monitoring deteksi sensor DHT22 di lapangan	64
Gambar 4.39	Tempat pengujian sensor DHT22 di jaringan SUTM.....	65
Gambar 4.40	Grafik pengukuran suhu menggunakan DHT22 dan Hygrometer..	68

Gambar 4.41 Pengujian frekuensi <i>Buzzer</i> ultrasonik menggunakan tikus.....	70
Gambar 4.42 Lokasi penerimaan notifikasi jarak jauh Bot Telegram.....	72
Gambar 4.43 Grafik pengiriman gambar pada Lokasi terjauh ke terdekat.....	77
Gambar 4.44 Hasil pengiriman gambar Bot Telegram sensor PIR aktif.....	79
Gambar 4.45 Hasil pengiriman gambar Bot Telegram sensor DHT22 suhu dinaikan.....	80
Gambar 4.46 Hasil pengiriman gambar Bot Telegram saat pengujian lapangan di Gardu Hubung NTRBR0044.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi mikrokontroler ESP32	11
Tabel 2.2	Spesifikasi sensor DHT22	12
Tabel 2.3	Spesifikasi sensor gerak PIR HC-SR501	14
Tabel 3.1	Jadwal dan aktivitas penelitian.....	20
Tabel 3.2	Alat dan bahan.....	21
Tabel 4.1	Kondisi sensor <i>Passive InfraRed</i> (PIR)	44
Tabel 4.2	Pengukuran <i>setting time</i> sensor PIR	55
Tabel 4.3	Pengukuran <i>on delay</i> sensor <i>passive infra red</i> jarak 5cm—300cm	56
Tabel 4.4	Hasil pengujian sudut pancar sensor PIR horizontal	57
Tabel 4.5	Pengukuran sudut pancar vertikal sensor PIR	60
Tabel 4.6	Uji coba sensor PIR terhadap sistem keseluruhan kondisi terang	62
Tabel 4.7	Uji coba sensor PIR terhadap sistem keseluruhan kondisi gelap	62
Tabel 4.8	Uji coba sensor DHT22 dengan suhu dinaikan	66
Tabel 4.9	Hasil pengujian sensor suhu DHT22	67
Tabel 4.10	Percobaan frekuensi <i>buzzer</i> ultrasonik pada tikus	70
Tabel 4.11	Pengujian delay ESP32-CAM saat sensor aktif	71
Tabel 4.12	Lokasi jarak jauh penerimaan pesan notifikasi bot Telegram	73
Tabel 4.13	Uji coba pengiriman pesan notifikasi Telegram di NTRBR0066	73
Tabel 4.14	Uji coba pengiriman pesan notifikasi Telegram di Pasar Natar	74
Tabel 4.15	Uji coba pengiriman pesan notifikasi Telegram di SMPN 1 Natar	75
Tabel 4.16	Uji coba pengiriman pesan notifikasi Telegram di NTRBR0044	76
Tabel 4.17	Penggunaan daya pada alat sistem deteksi	78

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang sangat pesat menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan energi. Konsumsi tenaga listrik per kapita nasional di Indonesia mengalami peningkatan sebesar 178,6 GWh dari tahun 2015 yang hanya sebesar 909,91 GWh dengan rasio elektrifikasi 88,30% menjadi sebesar 1.088,51 GWh pada tahun 2020 dengan rasio elektrifikasi sebesar 99,20%[1]. Dalam mengimbangi pertumbuhan pelanggan atau beban energi listrik setiap tahun, diperlukan pendistribusian sistem tenaga listrik dengan kualitas standar dan bebas gangguan seperti osilasi, dan sejenisnya[2]. PLN cenderung mengembangkan tegangan distribusi menengah sebesar 20kV. Tegangan pada jaringan distribusi menengah kemudian diturunkan menjadi tegangan rendah sebesar 380/220V oleh gardu distribusi, dan selanjutnya disalurkan kembali melalui jaringan tegangan rendah kepada konsumen[3].

Distribusi tenaga listrik pada tegangan menengah 20kV di PLN sebagian besar mengandalkan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). SUTM adalah jenis konstruksi penyaluran tenaga listrik tanpa isolasi dengan tegangan berkisar antara 5kV hingga 20kV. Konstruksi ini digunakan untuk menghubungkan dari gardu induk, penyulang (Feeder), gardu distribusi, hingga instalasi pemanfaatan oleh pelanggan atau konsumen[4]. Penggunaan konstruksi ini memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penyaluran tenaga listrik. Kelebihan konstruksi ini meliputi biaya pemasangan yang lebih ekonomis, kemudahan dalam pemeliharaan jaringan, serta kemudahan dalam perluasan jaringan. Namun, kekurangan dalam penggunaan sistem konstruksi ini adalah rentan terhadap gangguan.

Sistem tenaga listrik sering mengalami gangguan yang dapat memengaruhi distribusi tenaga listrik kepada konsumen. Gangguan merujuk pada suatu kendala dalam operasi sistem atau kondisi dimana sistem distribusi tenaga listrik menyimpang dari keadaan normal. Gangguan dalam konteks peralatan listrik merujuk pada kerusakan dalam jaringan listrik yang menghasilkan aliran arus listrik keluar dari jalur yang seharusnya. Pada sistem distribusi dengan tegangan 20kV, gangguan dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan dari luar sistem dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti sentuhan daun atau pohon pada konduktor, sambaran petir, intervensi manusia, aktivitas binatang, kondisi cuaca, dan lain sebagainya. Sementara itu, gangguan dari dalam sistem dapat berupa kegagalan fungsi peralatan jaringan, kerusakan pada peralatan jaringan, kerusakan pada peralatan pemutus beban, dan kesalahan pada alat pendeteksi.

Gangguan pada sistem distribusi dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu gangguan permanen dan gangguan temporer. Gangguan permanen mengakibatkan kerusakan yang bersifat permanen pada sistem, memerlukan perbaikan atau penggantian komponen setelah terjadinya gangguan. Sementara itu, gangguan temporer dapat dikembalikan ke kondisi normal setelah beberapa waktu. Gangguan temporer dapat menghilang secara alami atau dengan cara memutuskan sementara bagian yang terkena gangguan dari sumber tegangan. Peralatan yang terhubung dapat diaktifkan kembali setelah gangguan hilang. Namun, jika gangguan temporer terjadi secara berulang, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan pada akhirnya menjadi gangguan permanen. Contoh gangguan temporer melibatkan binatang seperti burung, tupai, kukang, dan sejenisnya.

Penyaluran tenaga listrik melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) merupakan opsi konstruksi yang ekonomis untuk menyediakan daya pada konsumen dengan tingkat tegangan menengah yang serupa. PT. PLN UP3 Tanjung Karang sering menghadapi gangguan dalam jaringan distribusi listrik SUTM, yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti kehadiran hewan yang melewati kabel distribusi. Berdasarkan data Januari 2021 hingga September 2022

terjadi sebanyak 1.112 kasus gangguan karena hewan/binatang yang mengakibatkan timbulnya gangguan temporer bahkan permanen[5]. Selain itu, aktivitas binatang di area jaringan SUTM sebagian besar menjadi penyebab kerusakan pada peralatan FCO (*fuse cut out*), serta beberapa gangguan yang tidak ditemukan diindikasikan terjadi karena binatang. Binatang penyebab gangguan SUTM ini diantaranya burung, ular, tupai dan sebagian besar kukang. Dari permasalahan di atas penanganan gangguan tersebut terbatas pada proses perbaikan setelah gangguan terjadi. Namun, dalam upaya pencegahan dari pihak PLN yang sekarang terbatas pada pemasangan kawat pada jaringan SUTM untuk mencegah hewan melintasi kabel tanpa isolasi, dengan dampak yang belum efektif untuk mencegah masalah tersebut. Selain itu dalam proses pencarian penyebab gangguan binatang dilakukan secara langsung ke lapangan yang menyebabkan kurangnya efektivitas dan tambahan biaya untuk mencari penyebab gangguan tersebut.

Dengan adanya permasalahan di atas maka diperlukan alat yang dapat mendeteksi dan mencegah binatang khususnya kukang untuk tidak mengganggu jaringan distribusi listrik SUTM. Dengan menggunakan sensor gerak PIR HC-SR501 yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan binatang dengan bantuan sensor suhu DHT22, selanjutnya ketika sensor membaca atau mendeteksi objek (binatang seperti kukang) maka alat secara otomatis memberi sinyal berupa alarm yang dikeluarkan oleh *buzzer* untuk mengusir binatang tersebut. Selain itu alat tersebut dapat memonitor dan memberikan informasi keadaan sekitar secara *real-time* sehingga gangguan pada jaringan distribusi SUTM dapat ditangani.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Merancang sebuah alat yang dapat memonitor, dan mendeteksi penyebab gangguan yang disebabkan binatang pada jaringan SUTM, dengan datanya dapat dikirim secara *real-time* dengan mengimplementasikan teknologi *Internet of Things*.

2. Merancang alat sistem deteksi yang dapat mencegah binatang dari jaringan SUTM yang bisa dipantau secara langsung dari jarak jauh dengan berupa gambar yang akan dikirimkan sebagai notifikasi pada aplikasi telegram.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana merancang sebuah sistem deteksi binatang penyebab gangguan distribusi listrik Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).
2. Bagaimana merancang sebuah alat yang dapat mendeteksi dan mencegah keberadaan binatang serta dapat memonitoring keadaan jaringan listrik SUTM secara efisien dan dapat dikembangkan secara berkelanjutan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Berfokus pada perancangan alat deteksi penyebab gangguan binatang pada jaringan distribusi listrik SUTM (saluran udara tegangan menengah).
2. Sistem yang dirancang hanya dapat mendeteksi suhu hewan berdarah panas (*homoiterm*)
3. Hanya membahas hingga pengumpulan dan pengiriman data.
4. Tidak membahas tegangan pada sistem distribusi listrik SUTM saat terjadi gangguan.

1.5 Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah sistem deteksi ini digunakan untuk mendeteksi binatang penyebab gangguan jaringan SUTM yang terintegrasi *Internet of Things* (IoT), dengan tujuan mencegah binatang penyebab gangguan sehingga dapat meminimalisir dan mempermudah dalam penanganan gangguan tersebut. Data hasil pemantauan yang didapat akan memberikan informasi berupa foto, waktu, dan suara yang dapat mengusir binatang pada jaringan SUTM.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu alat deteksi yang dibuat dapat mencegah binatang pada jaringan SUTM yang terintegrasi *Internet of Things* (IoT). Hasil dari penelitian dapat diimplementasikan untuk menangani gangguan dalam pendistribusian listrik yang mengakibatkan kerugian baik dari sisi PLN maupun pelanggan.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan ini, akan diuraikan konteks masalah, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis (jika diperlukan), dan tata cara penyusunan penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya dan teori pendukung yang menjadi pengantar pemahaman dan berkaitan dengan materi penilaian yang didapat dari berbagai sumber ilmiah.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metodologi penelitian berupa waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, metode penelitian, serta alur penelitian yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menganalisa dan menjelaskan hasil penelitian dari perancangan alat deteksi binatang menggunakan sensor *Passive Infra Red* (PIR) dan sensor suhu DHT22 yang bisa dipantau langsung oleh petugas melalui *smartphone*.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran yang didasarkan pada hasil data dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian skripsi ini mengacu pada penelitian sebelumnya ataupun metode yang sudah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Adapun beberapa penelitian yang berhubungan adalah sebagai berikut:

2.1.1. *Animal Tracking* Berbasis *Internet of Things*

Penelitian pertama dilakukan oleh I Kadek Cahyadi Arta dan tim dari majalah ilmiah Teknik Elektro pada tahun 2022 dengan judul "*Animal Tracking* Berbasis *Internet of Things*." Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *Internet of Things* (IoT) dalam pemantauan hewan ternak atau peliharaan menggunakan GPS, NodeMCU ESP8266, Firebase, dan Kodular. Data berupa nilai latitude dan longitude yang diperoleh dari modul GPS akan dikirimkan ke Firebase melalui jaringan WiFi. Data tersebut selanjutnya ditampilkan pada aplikasi Kodular dalam bentuk koordinat latitude, longitude, dan penanda (*marker*) pada peta (Maps). Selain itu, alat pelacakan yang dapat dipasang pada leher hewan ini dilengkapi dengan lampu LED. Lampu LED tersebut bertujuan untuk memantau posisi hewan ternak pada malam hari sehingga posisi hewan dapat terlihat ketika kondisi gelap[6].

2.1.2. Sistem Monitoring dan *Automatic Feeding* Hewan Peliharaan Menggunakan Android Berbasis *Internet of Things*

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Riki Saputro dan Hendi Suhendi dari Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya pada tahun 2021 dengan judul "Sistem Monitoring dan *Automatic Feeding* Hewan Peliharaan Menggunakan Android Berbasis *Internet of Things*." Penelitian ini bertujuan untuk memantau suhu dan kelembaban udara menggunakan sensor DHT11, serta menggunakan sensor

Passive Infrared (PIR) untuk mendeteksi gerakan hewan di kandang. Selain itu, penelitian ini melibatkan penjadwalan pemberian pakan secara otomatis dan real-time dengan menggunakan mikrokontroler Wemos D1. Sistem ini dapat dikendalikan secara langsung melalui aplikasi Android dengan menggunakan platform IoT Antares sebagai perantara pertukaran data[7].

2.1.3. Sistem Pendeteksi Hama Monyet yang Berada di Area Perkebunan Penduduk Berbasis Mikrokontroler

Penelitian yang dilakukan oleh Rifki Gunawan dari Universitas IAIN Batusangkar pada tahun 2019 menggunakan Mikrokontroler ATmega8535 dengan LDR sebagai sensor. Sensor LDR berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek monyet di perkebunan warga. Ketika sensor mendeteksi objek, sensor akan menutup sementara dan selanjutnya relay akan mengaktifkan alarm yang dihasilkan oleh *buzzer*. Tahapan penelitian mencakup perancangan blok diagram, perancangan gambar rangkaian, perancangan mekanik alat, dan pengujian alat. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan minimum dan memonitor tegangan pada komponen mikrokontroler, sensor, dan *buzzer*. Selanjutnya, dilakukan simulasi pengujian terhadap objek sebanyak delapan kali untuk mengobservasi operasi alat tersebut[8].

2.1.4. *Prototype* Alat Pendeteksi dan Pengusir Tikus pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Susi Terwianti dan tim dari Universitas Bengkulu pada tahun 2019. Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Research and Development* dengan tahapan yang melibatkan perencanaan, produksi, dan evaluasi. Alat pendeteksi dan pengusir tikus untuk pembibitan kelapa sawit ini terdiri dari komponen-komponen elektronik, termasuk sensor PIR sebagai pendeteksi pergerakan tikus, Arduino Uno sebagai pengendali utama sistem, dan modul GSM SIM900A sebagai alat komunikasi satu arah antara perangkat dan pengguna. Alat pendeteksi dan pengusir tikus ini mampu mengusir tikus dengan memancarkan suara ultrasonik melalui *buzzer* dari audio generator dengan frekuensi 30-40 kHz, yang telah teruji melalui pengujian[9].

2.1.5 Perancangan Alat Pendeteksi Hewan Pengganggu Tanaman Kebun Menggunakan Sensor Gerak PIR (*Passive InfraRed*) Berbasis Mikrokontroler.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Ardiansyah dari Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar pada tahun 2019 dengan judul "Perancangan Alat Pendeteksi Hewan Pengganggu Tanaman Kebun Menggunakan Sensor Gerak PIR (*Passive Infra Red*) Berbasis Mikrokontroler". Dalam penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah ATMEGA8535 dengan sensor PIR untuk mendeteksi gerakan hewan pengganggu. Penelitian ini mengadopsi konsep eksperimental, dan pengujian yang dilakukan melibatkan uji *blackbox*, yang berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa jarak sensor PIR dapat mencapai maksimal 10 meter dan perangkat menghasilkan suara gonggong anjing sebagai respons terhadap deteksi gerakan[10].

Perbedaan dari beberapa penelitian sebelumnya dengan penelitian penulis adalah penelitian ini dilakukan untuk merancang sebuah alat untuk mendeteksi binatang penyebab gangguan distribusi listrik dengan monitoring keadaan area jaringan SUTM yang diindikasikan sering terjadi gangguan binatang berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga mempermudah datanya dikirim secara *real-time*.

2.2 Gangguan Jaringan SUTM

Jaringan distribusi merupakan komponen krusial dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk mengalirkan tegangan listrik dari sumber daya berkapasitas besar (*bulk power source*) hingga ke konsumen. Dalam proses distribusi energi listrik, penyaluran jaringan tegangan menengah (JTM) dibagi menjadi tiga bagian, yakni Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM), dan Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM). Dari ketiga jaringan tersebut, jaringan SUTM yang paling banyak digunakan di Indonesia. Saluran udara tegangan menengah, merupakan saluran distribusi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat penghantar yang tidak dilapisi oleh isolator. Kawat ini dipasang pada tiang-tiang penyangga kabel distribusi

sesuai Gambar 2.1. Penggunaan SUTM memiliki pertimbangan terhadap keuntungan dan kerugian yang ditimbulkan. Keuntungan menggunakan SUTM antara lain biaya instalasi lebih hemat, pemasangan dan pemeliharaan yang lebih mudah. Namun dari beberapa keuntungan di atas saluran udara (SUTM) memiliki beberapa kekurangan yaitu posisi yang di luar dan terbuka membuat saluran udara SUTM rawan terkena gangguan oleh faktor petir, pohon dan binatang.



Gambar 2. 1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Faktor-faktor tersebut menimbulkan terjadinya gangguan temporer/sesaat pada jaringan listrik SUTM, dampak gangguan temporer yang berulang dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan dan akhirnya menimbulkan gangguan yang bersifat permanen. Dari gangguan tersebut beberapa kasus gangguan mengakibatkan putusnya *fuse link* komponen FCO (*fuse cut out*) dan menjadi faktor gangguan yang tidak ditemukan. Gangguan bintang terjadi ketika, binatang melintasi jaringan SUTM yang tidak memiliki isolasi dan membuat dua kabel fasa saling terhubung sehingga terjadi arus pendek yang menyebabkan binatang tersengat listrik dan biasanya akan mati. Adapun beberapa binatang penyebab gangguan pada sistem distribusi listrik SUTM antara lain seperti burung (*aves*) yang memiliki suhu rata-rata 40,5—42°C. Selanjutnya binatang mamalia seperti tupai dan kukang yang memiliki suhu berkisar 37°C. Mamalia sendiri merupakan hewan yang memiliki kemampuan mempertahankan suhu tubuh pada kisaran 36°C. Pada saluran udara SUTM di Lampung gangguan sistem distribusi sering disebabkan oleh binatang kukang dan tupai. Kukang adalah jenis primata yang

memiliki gerakan lambat, dan rambutnya bervariasi dalam warna, mulai dari coklat hingga hitam. Pada punggungnya terdapat garis coklat yang membentang dari belakang hingga dahi, bercabang ke dasar telinga dan mata. Berat badannya berkisar antara 0,375 hingga 0,9 kg, dan panjang tubuhnya mencapai sekitar 19 hingga 30 cm pada hewan dewasa. Kukang memanjat dan bergerak di antara ranting dan cabang pohon dengan perlahan dan hati-hati. Kukang Sumatera (*Nycticebus coucang*) termasuk dalam kategori satwa yang semakin terancam. Kukang ini adalah hewan nokturnal dan sangat sensitif terhadap cahaya terang[11]. Adapun bentuk hewan kukang dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.

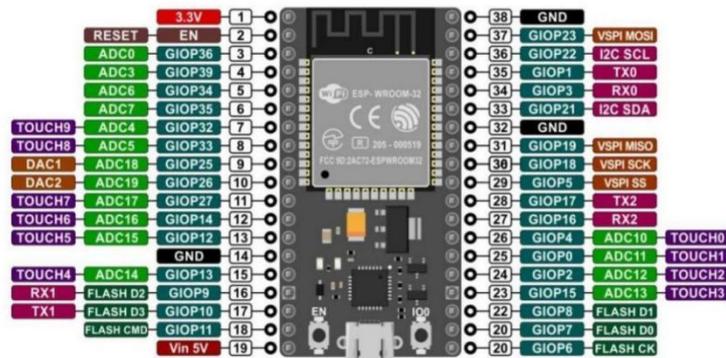


Gambar 2. 2 Tubuh kukang (*Nycticebus*)

2.3 NodeMCU ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems, sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. ESP32 hadir dalam bentuk chip IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk menjalankan tugas tertentu. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul WiFi, Bluetooth LE, dan MCU generik yang kuat di dalam satu chip, menjadikannya mendukung pembuatan sistem aplikasi *Internet of Things* (IoT) dengan berbagai aplikasi mulai dari jaringan sensor berdaya rendah hingga tugas yang lebih kompleks seperti streaming musik. ESP32 memiliki dua inti prosesor dengan kecepatan hingga 240MHz, memberikan kemampuan pemrosesan data yang kuat. Fitur lainnya termasuk pengolahan sinyal digital, sensor sentuh (*touch sensor*), dan dukungan untuk berbagai protokol komunikasi seperti SPI, I2C, UART, dan CAN. Mikrokontroler ini juga memiliki kapasitas memori yang besar, dengan RAM hingga 520KB dan memori flash hingga 4MB, memungkinkannya untuk menampung program yang lebih besar dan kompleks. ESP32 dapat dioperasikan

dengan baterai umum dan cocok digunakan pada berbagai perangkat seperti perangkat audio, monitoring, dan lain sebagainya. Gambar 2.3 menunjukkan bentuk komponen dari ESP32.



Gambar 2. 3 Mikrokontroler NodeMCU ESP32 WROOM 32s

Berikut merupakan spesifikasi mikrokontroler ESP32

Tabel 2. 1 Spesifikasi mikrokontroler ESP32

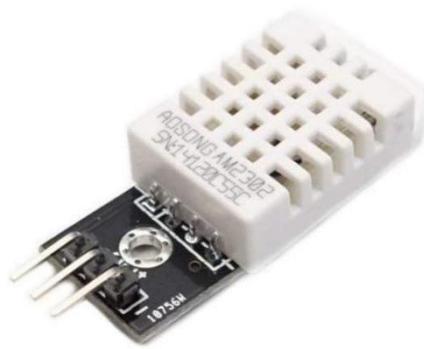
Microprocessor	Tensilica Xtensa LX6 32bit Dual Core di 160 or 240 MHz
SRAM	520 kB
Flash memory	2 MB (max. 64 MB)
USB Voltage	3.0 V~ 3.6 V, Typical 3.3V, Current >500mA
Wifi	802.11b/g/n (802.11n, speed up to 150Mbps)
Bluetooth	4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specification
Antenna	Onboard Antenna

2.4 Sensor Suhu DHT22

DHT22 merupakan sensor yang mampu mengukur suhu dan kelembaban dengan keluaran berupa sinyal digital yang akurat. Sensor ini dilengkapi dengan pengaturan suhu lingkungan yang presisi karena tersimpan dalam memori OTP terpadu. Selain itu, sensor DHT22 memiliki jangkauan pembacaan suhu dan kelembaban yang luas. Bahkan, sensor ini mampu mendistribusikan sinyal keluaran hingga jarak 20 meter melalui kabel [13].

Sensor DHT22 bekerja memanfaatkan perubahan kapasitansi pada kapasitor polimer yang terdapat pada elemen sensor. Kapasitas pada kapasitor polimer akan berubah seiring dengan perubahan kelembaban udara disekitar sensor, sedangkan

perubahan suhu mempengaruhi resistensi pada termistor yang terdapat pada elemen sensor. Ketika sinyal pengukuran diberikan pada sensor DHT22, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal *start* ke sensor. sensor akan merespon sinyal *start* dengan mengirimkan sinyal respon kembali kepada mikrokontroler. Selain itu, sensor akan mengirimkan data suhu dan kelembaban dalam format digital yang terdiri dari 40 bit. Data tersebut diuraikan sehingga mikrokontroler dapat membaca nilai suhu dan kelembaban yang tepat. Penggunaan sensor ini selain digunakan di dalam ruangan, sensor ini juga dapat mengukur kondisi di luar ruangan. Gambar 2.4 di bawah menunjukkan bentuk sensor DHT22.



Gambar 2. 4 Sensor suhu dan kelembaban DHT22

Berikut merupakan spesifikasi sensor DHT22

Tabel 2.2 Spesifikasi sensor DHT22

Model	DHT22
Power supply	3.5V to 6V DC
Output signal	digital signal single-bus
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity $\pm 2\%$ RH (Max $\pm 5\%$ RH); temperature $< \pm 0.5$ Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity $\pm 1\%$ RH; temperature ± 0.2 Celsius
Humidity hysteresis	$\pm 0.3\%$ RH
Long-term Stability	$\pm 0.5\%$ RH/year
Sensing period	Average: 2s

2.5 Sensor PIR HC-SR501

HC-SR501 merupakan sensor gerak PIR (*Passive Infra Red*) yang dirancang untuk mendeteksi radiasi sinar inframerah yang dipancarkan oleh suatu objek. Ketika ada gerakan manusia atau hewan dalam jangkauan sensor, terjadi perubahan suhu di area tersebut. PIR sensor di HC-SR501 mendeteksi perubahan suhu tersebut dan menghasilkan sinyal listrik yang kemudian diproses oleh modul sensor. Modul sensor HC-SR501 terdiri dari amplifier, filter, dan pengatur sensitivitas. Sinyal listrik dari PIR sensor diperkuat oleh amplifier, kemudian difilter untuk mengurangi *noise* dari interferensi sinyal. Selanjutnya, sinyal yang telah difilter diolah oleh pengatur sensitivitas sehingga hanya sinyal yang melampaui ambang batas yang dianggap sebagai deteksi gerakan. Setelah sinyal deteksi gerakan dihasilkan, modul sensor mengirimkan sinyal *output* ke perangkat elektronik lainnya, seperti mikrokontroler, untuk tindakan lebih lanjut[14].

Sensor HC-SR501 memiliki beberapa fitur, antara lain, *adjustable sensitivity* yaitu sensitivitas sensor dapat diatur dengan potensiometer yang terdapat pada modulnya. Kemudian *Adjustable delay time* yaitu waktu tunda pengiriman sinyal *output* setelah mendeteksi gerakan dapat diatur dengan potensiometer pada modulnya. Kemudian *Wide detection range* yaitu jangkauan deteksi sensor mencapai 5 meter dengan sudut deteksi mencapai <120 derajat, serta *Low power consumption* yaitu sensor ini memiliki konsumsi daya yang rendah sehingga cocok untuk aplikasi dengan sumber daya terbatas. Berikut merupakan gambar dari sensor PIR HC-SR501.



Gambar 2. 5 Sensor PIR HC-SR501

Adapun bagian-bagian dari sensor PIR antara lain sebagai berikut:

1. Fresnel Lens, digunakan untuk memusatkan sinar terang, baik karena kemampuannya dalam memfokuskan cahaya maupun karena intensitas cahaya yang relatif konstan di sepanjang lebar berkas cahaya..
2. IR Filter: IR Filter pada sensor PIR ini mampu menyaring Panjang gelombang sinar infra merah pasif antara 8 sampai 14 mikrometer, sehingga Panjang gelombang yang dihasilkan dari tubuh manusia dan hewan yang berkisaran antara 9-10 mikrometer ini dapat terdeteksi oleh sensor PIR.
3. *Pyoelectric* sensor merupakan komponen yang menangkap radiasi inframerah dan merupakan inti dari sensor PIR..
4. *Amplifier* merupakan suatu rangkaian penguat yang bertugas meningkatkan arus yang masuk pada material *pyroelectric*.
5. Komparator merupakan pembanding arus hasil penguatan amplifier yang digunakan nantinya sebagai *output*.

Berikut merupakan tabel spesifikasi dari sensor gerak PIR HC-SR501.

Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor gerak PIR HC-SR501

Product Type	HC--SR501 Body Sensor Modul
Operating Voltage Range	5-20VDC
Quiescent Current	<50uA
Level output	High 3.3 V /Low 0V
Trigger	L can not be repeated trigger/H can be repeated trigger (Default repeated trigger)
Angle Sensor	<120° cone angle
Operation Temp.	-15-+70 degrees
Lens size sensor	Diameter:23mm (Default)
Delay Time	5-300S (adjustable) Range (approximately .3Sec - 5Min)
Block Time	2.5S(default)Can be made a range (0.xx to tens of seconds

2.6 ESP32-CAM

ESP32-CAM merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, sebagai penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki prosesor dual-core yang kuat, serta mendukung konektivitas WiFi dan Bluetooth. ESP32-

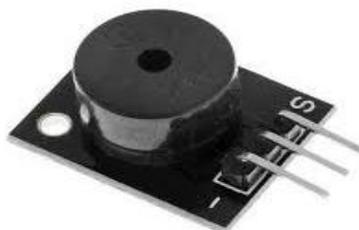
CAM dilengkapi dengan kamera OV2640 yang memiliki resolusi 2 megapiksel dan ukuran gambar 1600x1200 piksel. Ini memungkinkan penggunaan untuk pengambilan foto atau perekaman video dengan kualitas yang baik untuk berbagai aplikasi. Selain itu, ESP32-CAM mendukung komunikasi UART, memungkinkan pengguna berkomunikasi dengan perangkat eksternal melalui antarmuka serial, yang berguna untuk pengendalian modul ESP32-CAM, transfer data, atau keperluan debugging. Gambar 2.6 menampilkan komponen ESP32-CAM.



Gambar 2.6 Komponen ESP32-CAM

2.7 Buzzer

Buzzer merupakan suatu komponen elektronik yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara. Secara umum, *buzzer* digunakan sebagai perangkat audio dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem keamanan rumah, jam alarm, bel pintu, peringatan mobil, dan perangkat peringatan lainnya. Piezoelektrik *buzzer* adalah jenis *buzzer* yang umumnya digunakan karena keunggulan seperti harga yang terjangkau, bobot yang ringan, dan kemudahan dalam penyambungan dengan rangkaian elektronik lainnya. Gambar 2.7 menampilkan *buzzer* yang digunakan dalam konteks tersebut.



Gambar 2.7 Komponen *buzzer*

Berdasarkan prinsipnya operasi *buzzer* dan *loudspeaker* hampir serupa, dimana suara dihasilkan melalui kumparan yang tertanam di dalam diafragma. Ketika kumparan mengalir arus listrik, ia menjadi elektromagnet yang menarik atau mendorong diafragma, tergantung pada arah arus dan polaritas magnet. Sinyal piezoelektrik dapat menghasilkan frekuensi dalam rentang 1-5 kHz hingga 100 kHz, terutama digunakan dalam aplikasi ultrasonik. Tegangan arus listrik untuk *buzzer* piezoelektrik biasanya berkisar antara 3V hingga 12V[16].

2.8 Arduino IDE

IDE adalah singkatan dari *Integrated Development Environment*, yang secara sederhana dapat dijelaskan sebagai suatu lingkungan terpadu yang digunakan untuk melakukan pengembangan perangkat lunak. Melalui perangkat lunak ini, pemrograman dilakukan untuk mengimplementasikan fungsi-fungsi yang diatur melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang mirip dengan bahasa C. Pada IC mikrokontroler Arduino, telah ditanamkan program yang disebut Bootloader, yang bertindak sebagai perantara antara *compiler* Arduino dan mikrokontroler[17]. Arduino IDE memiliki fungsi yang mencakup pengeditan, pembuatan, pengunggahan ke papan tertentu, serta pengkodean program khusus.



Gambar 2. 8 Arduino IDE

Arduino IDE bukan hanya digunakan untuk memprogram papan Arduino UNO, tetapi juga mendukung pemrograman untuk berbagai jenis papan lainnya seperti

Arduino Nano, Arduino Genio, Mapi32, NodeMCU, dan sejenisnya. Pada arduino IDE terdapat beberapa menu yang memiliki berbagai fungsi yaitu:

- a) Menu File, menyediakan berbagai opsi, termasuk pembuatan sketsa baru, penyimpanan sketsa, membuka preferensi, opsi untuk keluar dari program, dan sebagainya. Dalam menu edit, terdapat opsi seperti copy, paste, cut, select all yang memungkinkan pengguna untuk menyalin, memasukkan, memotong, dan memilih seluruh kode yang telah ditulis, serta opsi lainnya.
- b) Menu Sketch, memiliki opsi seperti fungsi *Verify* yang digunakan untuk memeriksa kebenaran sketsa yang telah dibuat, dan selanjutnya, opsi *Upload* digunakan untuk mengunggah sketsa yang telah dibuat dan dikompilasi ke papan Arduino. Selanjutnya terdapat pilihan *Include Library* yang meliputi pemilihan library Arduino yang akan digunakan, pilihan untuk mengatur library (*Manage Library*) yang digunakan untuk mengupdate library dan mendownload library dan terakhir terdapat pilihan untuk menambah atau perbarui perpustakaan secara offline.
- c) Menu Tools memiliki beberapa pilihan submenu. Submenu yang sering digunakan mencakup opsi untuk memilih jenis papan Arduino yang digunakan atau Arduino yang sedang digunakan terhubung ke komputer dan opsi untuk port COM tempat Arduino terhubung ke komputer. Submenu Programmer berfungsi untuk memilih perangkat pemrograman yang akan digunakan untuk mengunggah sketch yang telah dibuat.
- d) Menu Help memiliki beberapa pilihan yang dapat dimanfaatkan untuk mencari informasi, langkah-langkah yang berhubungan dengan arduino. Tombol pada serial monitor yang terletak paling kanan berfungsi untuk melihat data berupa karakter, angka, dan teks yang dikirim dari arduino ke komputer.

2.9 Platform *Internet of Things* (IoT)

Platform IoT adalah perangkat lunak yang menghubungkan data (koneksi internet) dengan objek digital tanpa memerlukan campur tangan manusia. Sehingga dapat diketahui bahwa, IoT merupakan teknologi yang mengintegrasikan konektivitas, perangkat keras, dan *cloud*. Secara sederhana, sistem IoT terdiri dari sensor atau perangkat yang berkomunikasi dengan *cloud* melalui beberapa jenis konektivitas.

Selanjutnya perangkat lunak akan mengeksekusi untuk mengambil pengaturan, seperti memberi peringatan, menyesuaikan sensor atau perangkat secara otomatis tanpa memerlukan pengaturan oleh pengguna. Platform IoT dapat dengan akurat menampilkan informasi yang bermanfaat dan membedakan mana yang perlu diperhatikan serta mana yang dapat diabaikan secara aman. Data ini dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi pola, membuat rekomendasi, dan memprediksi kemungkinan masalah[18]. Thingsboard adalah suatu platform *Internet of Things* (IoT) yang memiliki karakteristik *open source* serta mendukung penyebaran *cloud* dan lokal. Thingsboard didasarkan pada arsitektur yang fleksibel dan dapat diskalakan dengan mudah untuk memproses volume data yang besar dari perangkat IoT [19]. Platform ini juga memiliki antarmuka pengguna yang mudah digunakan, yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat IoT dan mendukung protokol MQTT, CoAP, dan HTTP. Beberapa fitur utama Thingsboard antara lain:

1. Kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai jenis perangkat dan protokol komunikasi.
2. *Dashboard* interaktif dan alat visualisasi data yang mudah digunakan.
3. Kemampuan untuk mengelola dan memonitor perangkat dan jaringan secara *real-time*.
4. API yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan platform dengan sistem lain.
5. Aksesibilitas yang mudah karena Thingsboard dapat dijalankan pada berbagai platform seperti *cloud*, *on-premises*, atau *hybrid*.

Berikut merupakan tampilan *software internet of things* yang digunakan.



Gambar 2. 9 Thingsboard

2.10 Telegram

Telegram adalah salah satu aplikasi tidak berbayar yang digunakan untuk mengirim pesan singkat, telepon atau untuk mengirim foto dan video bahkan mengirim file. Telegram hadir untuk mempermudah manusia berkomunikasi. Telegram dapat digunakan pada *smartphone*, *tablet* dan bahkan komputer. Telegram untuk platform iOS diluncurkan pada tanggal 14 Agustus 2013. Sedangkan versi alfa untuk platform Android secara resmi diluncurkan pada tanggal 20 Oktober 2013. Untuk sistem operasi iOS, aplikasi ini kompatibel dengan versi iOS 6 ke atas, sementara untuk Android, aplikasi dapat berjalan pada versi Android 4.1 ke atas. Selain itu, aplikasi juga mendukung sistem operasi *Windows Phone*. Selain pada *smartphone*, Telegram juga dapat menggunakan versi Web Telegram atau dengan memasang aplikasi Telegram Desktop untuk sistem operasi Windows, OSX, dan Linux. [20]. Gambar 2.10 merupakan logo dari aplikasi telegram.



Gambar 2.10 Aplikasi Telegram

Selain keunggulan-keunggulan di atas, telegram memiliki kelebihan yang lain seperti fasilitas Bot Telegram. Bot Telegram merupakan akun khusus yang tidak memerlukan nomor telepon tambahan untuk didaftarkan ke Server Telegram. Akun ini berfungsi sebagai antarmuka antara kode program dengan server Telegram. Telegram mendukung adanya bot yang dapat memudahkan pengguna dalam *chatting*.

3.2 Alat dan Bahan

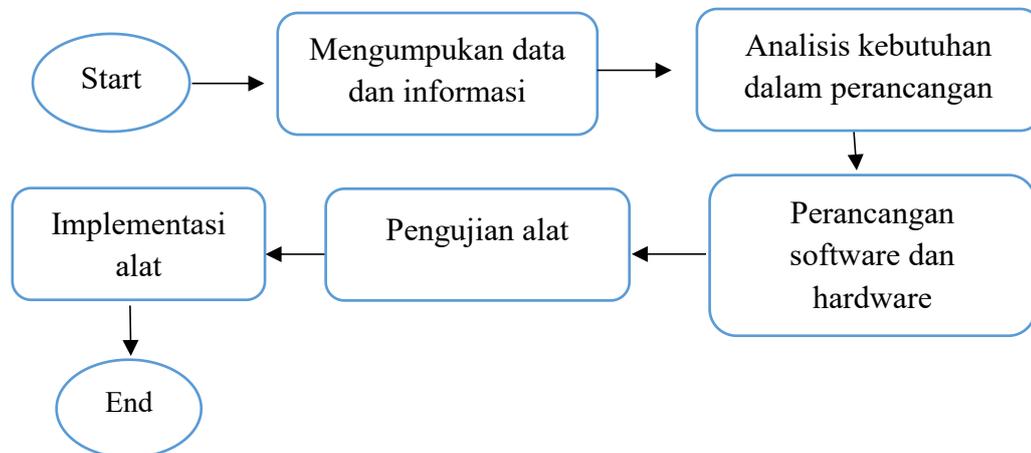
Dalam penelitian ini, digunakan alat dan bahan sebagai berikut.

Tabel 3.2 Alat dan bahan

No	Alat dan Bahan	Keterangan Penggunaan
1	Komputer	Sebagai alat penunjang pemrograman pada mikrokontroler
2	NodeMCU ESP32	Sebagai mikrokontroler
3	Sensor DHT22	Sebagai monitoring suhu jaringan SUTM
4	Sensor PIR HC-SR501	Sebagai sensor deteksi gerakan
5	Adaptor 5V 3A	Sebagai sumber daya listrik pada peralatan
6	Telegram	Sebagai notifikasi pengiriman foto
7	Arduino IDE dan Thingsboard	Sebagai <i>software</i> untuk membangun program yang dijalankan pada mikrokontroler dan platform penyimpanan dan visualisasi data
8	LED	Sebagai komponen pendukung alat
9	Buzzer	Sebagai alat pengusir binatang
10	ESP32-CAM	Sebagai kamera mengambil gambar
11	Baterai lithium 18650	Sebagai sumber daya listrik saat pengujian di lapangan

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 1 Tahapan penelitian

Gambar 3.1 merupakan konsep pelaksanaan penelitian, gambar tersebut diuraikan sesuai tahap penelitian yang dilakukan yaitu mengumpulkan data dan informasi, analisis kebutuhan dalam perancangan, perancangan *software* dan *hardware*, pengujian alat dan implementasi alat.

3.3.1 Tahap mengumpulkan data dan informasi

Proses ini merupakan tahap yang dilakukan untuk mengumpulkan dan memahami berbagai literatur mulai dari pengertian jaringan SUTM, penyebab gangguan oleh binatang seperti kukang, sensor-sensor apa saja yang digunakan dalam pembuatan alat deteksi, desain hingga perancangan alat deteksi. Literatur yang digunakan sebagai referensi adalah artikel yang bersumber dari jurnal ilmiah dan website yang informasinya dapat dipertanggung jawabkan.

3.3.2 Tahap analisis kebutuhan dalam perancangan

Proses ini merupakan tahap menganalisa apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan dalam membuat sistem deteksi mulai dari, sensor yang digunakan, *software* pemrograman, mikrokontroler, dan komponen pendukung lain dalam merancang *embedded* sistem supaya nantinya alat dapat mudah dirancang.

3.3.3 Tahap perancangan *software* dan *hardware*

Proses ini merupakan tahap mulai membangun sistem dengan perakitan pada *hardware* terlebih dahulu seperti pemilihan sumber daya alat, menyambungkan sensor dengan mikrokontroler, pemasangan modul kamera, dan *buzzer* untuk menghasilkan suara yang dapat mengusir binatang. Perancangan *hardware* dimulai dengan pengkalibrasian sensor gerak pada jarak tertentu, sensor suhu pada keadaan suhu lingkungan. Kemudian dilanjutkan dengan proses pengkodean program secara keseluruhan hingga pengiriman dan tampilan data hasil deteksi pada platform IoT Thingsboard.

3.3.4 Tahap pengujian alat

Proses ini merupakan langkah untuk menguji sistem deteksi binatang guna memastikan kesesuaian dengan harapan, serta untuk mengidentifikasi kekurangan atau pun kegagalan dapat segera ditangani. Simulasi pengujian dilakukan pada suhu yang telah ditetapkan, dan pada jarak yang berbeda sehingga alat diharapkan dapat mendeteksi objek binatang. Selanjutnya apabila terdeteksi suatu objek, alat akan mengambil gambar dan mengeluarkan suara dengan *buzzer* pada frekuensi

tertentu sesuai hasil pengujian, sehingga objek binatang diharapkan dapat menjauhi area jaringan SUTM. Data hasil pengujian akan terkirim secara *real-time* pada Thingsboard dan foto akan terkirim ke Telegram.

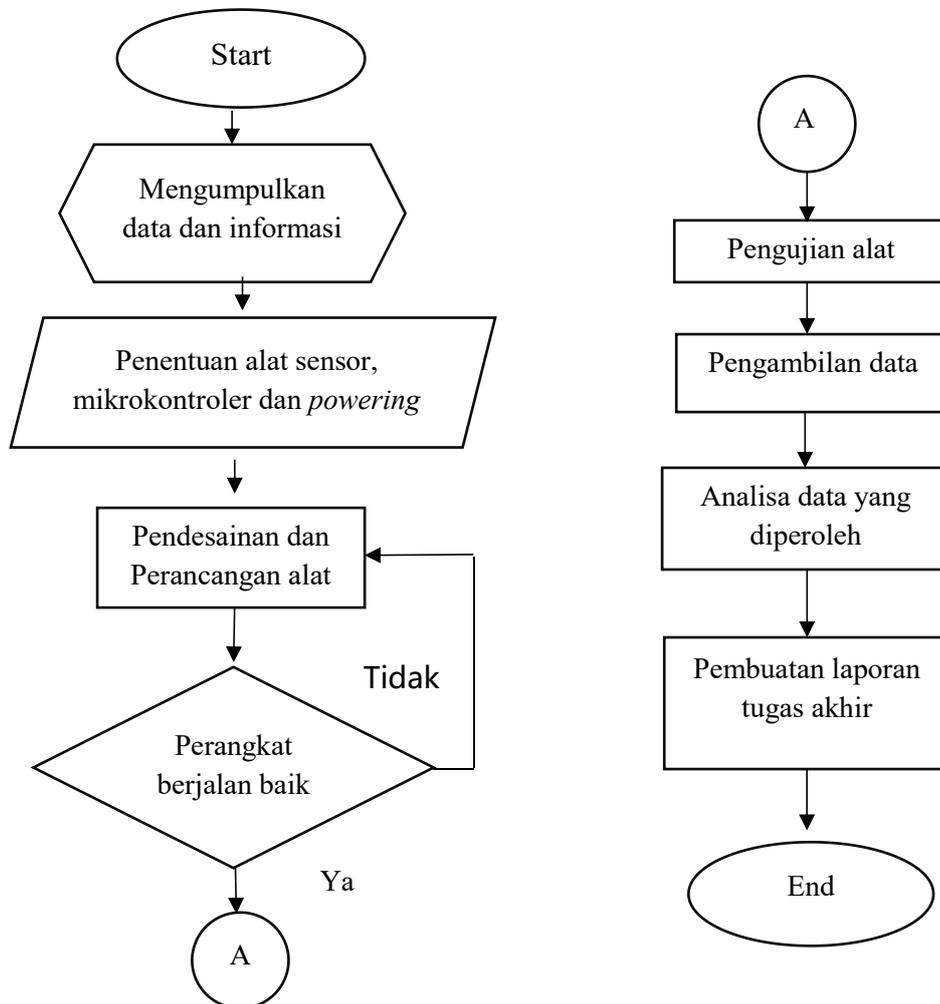
3.3.5 Tahap implementasi alat

Tahap terakhir ini memverifikasi bahwa sistem deteksi penyebab gangguan binatang sudah sesuai dengan harapan, dan memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sebagaimana mestinya tanpa adanya kendala. Pengimplementasian dilakukan di ULP Natar dengan nama penyulang Ferari sebagai tempat yang sering terjadinya gangguan oleh binatang. Pada penyulang tersebut dilakukan 2 pengujian dengan tempat yang berbeda yaitu pada Gardu hubung NTRBR0066 Dekat Pemanggilan Natar, Lampung Selatan dan Gardu hubung NTRBR0044 Jl. H. Moh. Ali, Natar, Lampung Selatan.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan mengumpulkan informasi dan data terkait topik penelitian dengan judul Rancang Bangun Sistem Deteksi Binatang Penyebab Gangguan Distribusi Listrik Jaringan SUTM Berbasis *Internet of Things* (IoT). Dilanjutkan dengan menentukan sensor, mikrokontroler, sistem *powering* dengan adaptor 5V 3A ataupun baterai 18650 dengan kapasitas 3400mAh saat pengujian lapangan, penyimpanan data dan tampilan data. Kemudian dilakukan proses pendesaian dan perancangan alat baik *hardware* berupa komponen sensor, mikrokontroler, modul kamera serta *buzzer*, dan *software* terdiri dari pengkalibrasian sensor, pengaturan platform IoT dan pemrograman sistem secara keseluruhan dengan Arduino IDE hingga didapatkan parameter data yang dibutuhkan. Saat sensor sudah mengambil data sesuai parameter akan dilanjutkan dengan pengujian alat secara simulasi dan pengujian alat secara langsung di area jaringan SUTM yang sering terjadi gangguan. Pengumpulan data dilakukan sampai data yang didapat cukup untuk diolah. Kemudian langkah selanjutnya adalah menganalisis data yang didapat, untuk ditulis dan dilaporkan sebagai hasil penelitian dalam bentuk laporan tugas akhir.

Dalam merancang perangkat deteksi terdapat beberapa alur seperti pada diagram alir Gambar 3.2 sebagai berikut.



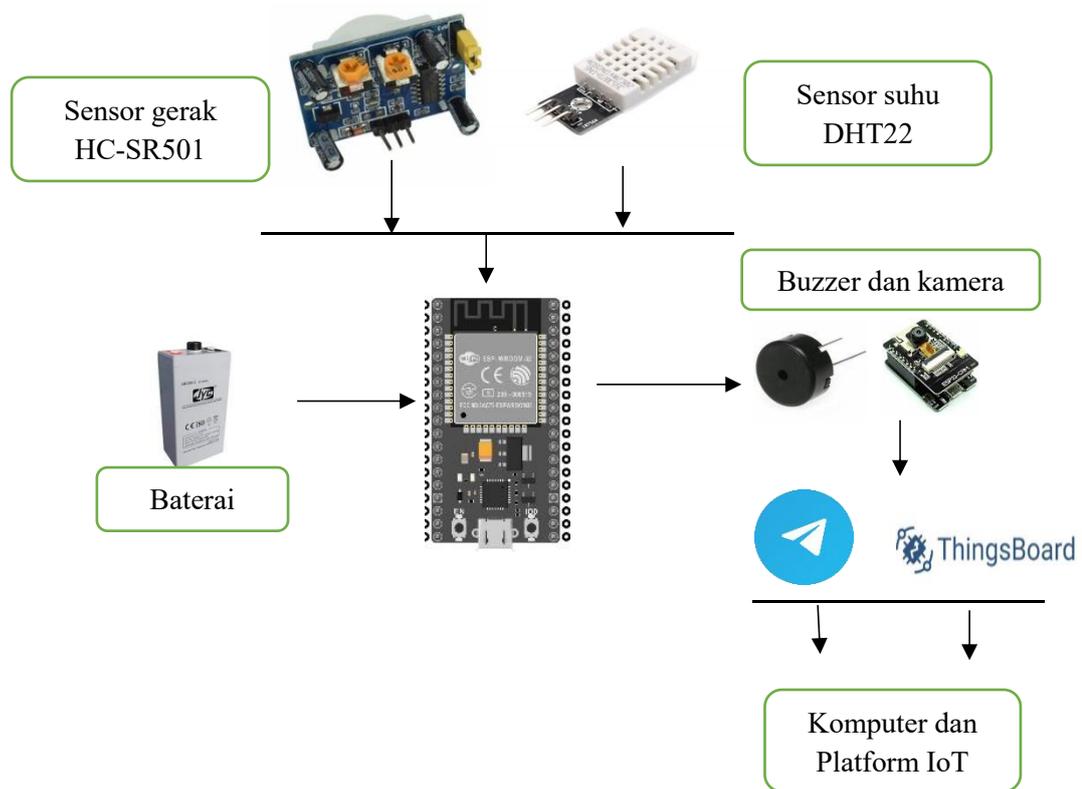
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian

3.5 Desain Perancangan Alat Deteksi Binatang Pada Jaringan SUTM

Perancangan alat deteksi binatang pengganggu jaringan listrik SUTM berbasis *internet of things* dibuat dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya gangguan yang disebabkan binatang khususnya kukang pada jaringan SUTM. Dampak yang ditimbulkan mempengaruhi pada kualitas distribusi jaringan tenaga listrik yang tidak optimal. Faktor tersebut menimbulkan gangguan temporer, namun jika terjadi secara berulang hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan jaringan distribusi sehingga terjadi gangguan permanen.

3.5.1 Pendesainan Alat Deteksi

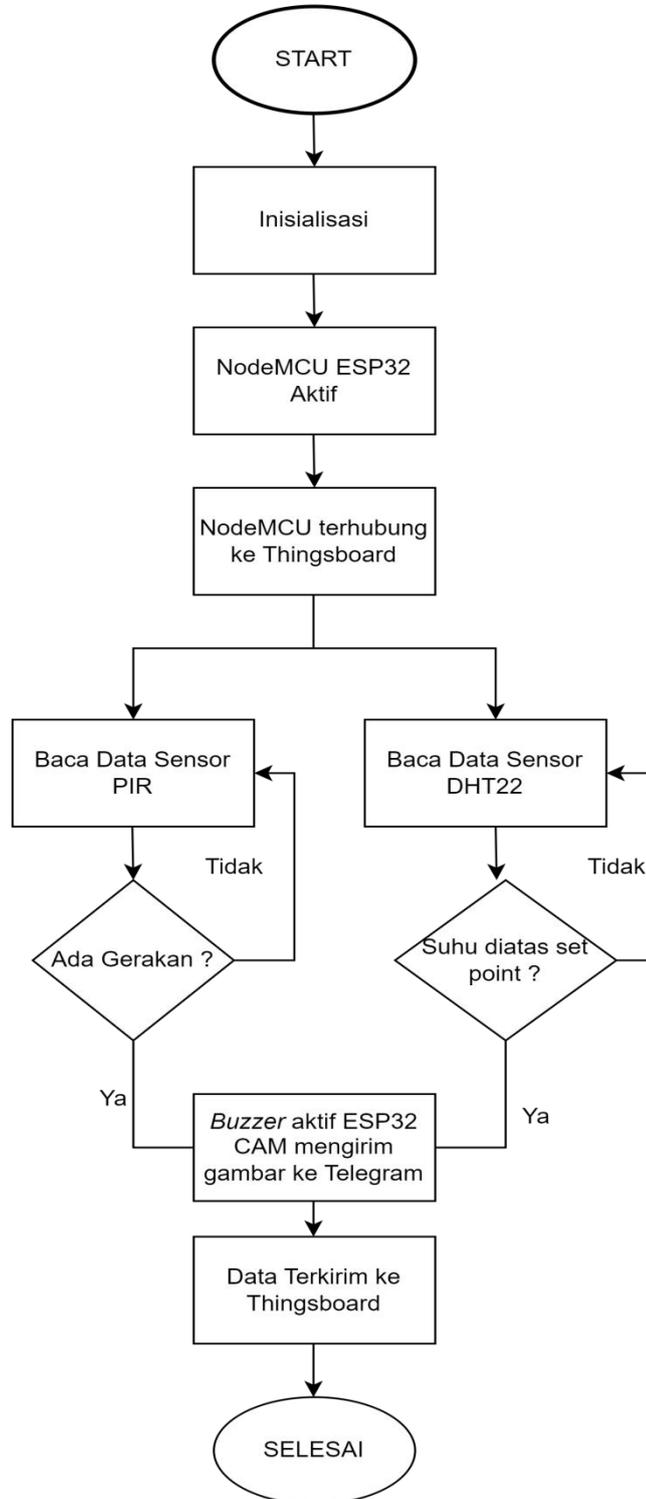
Dalam melakukan deteksi binatang penyebab gangguan jaringan listrik SUTM diperlukan beberapa variabel data berupa gerakan dan juga suhu yang dihasilkan objek binatang seperti kukang. Oleh karena itu, alat ini dibangun untuk mendeteksi gerakan binatang menggunakan sensor HC-SR501, mengidentifikasi suhu menggunakan sensor DHT22 dengan dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 yang sebelumnya mendapatkan sumber daya dari baterai. Mikrokontroler akan memberikan perintah ke sensor untuk mendeteksi kondisi lingkungan yang kemudian sensor akan memberikan jawaban berupa tegangan ke mikrokontroler sebagai sinyal. Selanjutnya mikrokontroler memberikan perintah untuk mengambil gambar dan menyalakan *buzzer* untuk mencegah objek dari area jaringan SUTM.



Gambar 3. 3 Gambaran umum sistem

3.5.2 Perancangan Alur Kerja Sistem

Pembuatan desain perangkat deteksi penyebab gangguan binatang menggunakan alur kerja sistem seperti Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Gambaran flowchart sistem

Gambar 3.4 di atas merupakan flowchart sistem dengan nilai pembacaan dari sensor gerak PIR HC-SR501, dan sensor suhu DHT22 dengan mikrokontroler utama ESP32 ketika telah terkoneksi internet. Prosesnya diawali dengan inisialisasi perangkat dan sensor yang bertujuan untuk memastikan nilai-nilai yang digunakan dalam program adalah yang diharapkan, dan memastikan sistem telah dikonfigurasi dengan benar sebelum digunakan. Kemudian, ESP32 terhubung ke platform Thingsboard, dan kedua sensor melakukan pemrosesan untuk pengambilan data berupa deteksi gerakan binatang dan suhu di atas nilai *set point*. Pembacaan sensor PIR dilakukan secara *real-time* tiap tiga detik dan sensor DHT22 pembacaannya dilakukan tiap lima detik. Objek binatang berdarah panas normal sendiri adalah sekitar 36°C. Pengambilan data dilakukan secara *real-time* yang dapat dipantau pada platform IoT Thingsboard. Apabila terdeteksi adanya gerakan binatang atau suhu di atas *nilai set point*, maka mikrokontroler akan membunyikan *buzzer*/alarm selama lima detik serta ESP32-CAM akan menangkap gambar tempat alat terpasang kemudian data tersebut akan dikirimkan ke Thingsboard dan fotonya dikirimkan ke Telegram yang nantinya dapat dilihat oleh pengguna.

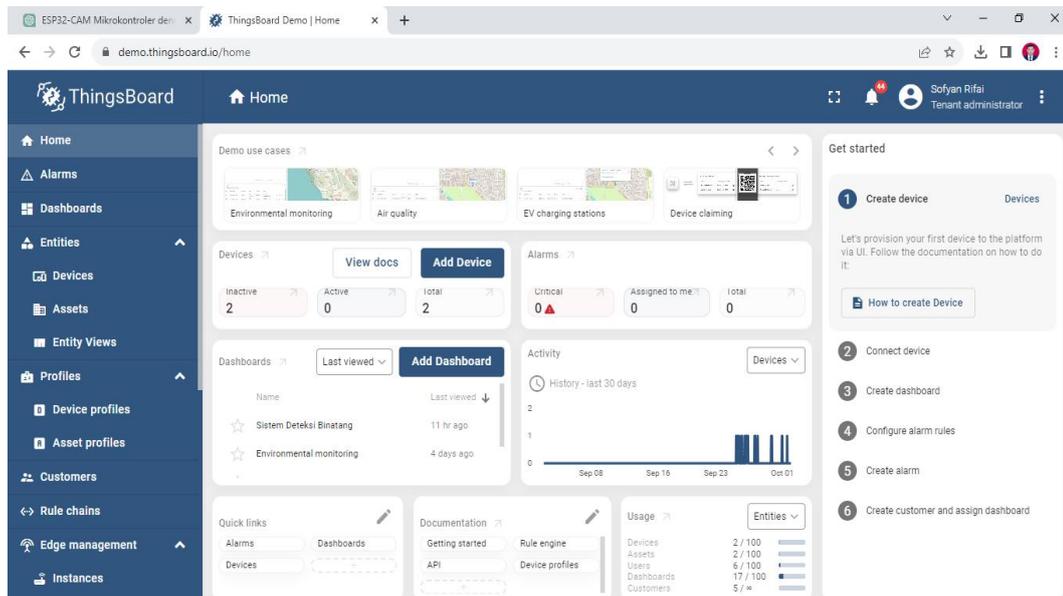
3.6 Perancangan *Software*

Penelitian ini menggunakan berbagai *software* yaitu *software* Arduino IDE untuk proses pemrograman pada NodeMCU ESP32 dan ESP32-CAM, *software* Thingsboard sebagai penerima dan menampilkan data, serta aplikasi Telegram sebagai penerima notifikasi gambar. Gambar 3.5 hingga 3.7 merupakan tampilan *software* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.5 Tampilan *software* Arduino IDE

Gambar 3.6 merupakan tampilan dari Thingsboard



Gambar 3.6 Tampilan platform IoT Thingsboard

Gambar 3.7 merupakan tampilan dari Telegram



Gambar 3.7 Tampilan Bot Telegram

3.7 Pengujian Alat

Pengujian alat merupakan suatu proses yang digunakan untuk melihat kinerja dari sebuah sistem dari alat yang dibuat, apakah berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak.

3.7.1 Pengujian *Software*

Pengujian *software* merupakan proses untuk mengevaluasi fungsionalitas *software* yang digunakan dalam berkomunikasi dengan sistem *hardware* alat deteksi binatang. Pengujian *software* dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian Arduino IDE, pengujian ini merupakan suatu bentuk usaha untuk memastikan perangkat dapat dihubungkan melalui *sketch code* yang diberikan pada Arduino IDE untuk menjalankan fungsi yang diharapkan.
2. Pengujian Thingsboard, pengujian ini berfungsi untuk melihat apakah sistem komunikasi antara alat deteksi binatang dengan Thingsboard terhubung sehingga data hasil deteksi sensor dapat ditampilkan. Selain itu pengujian ini berfungsi untuk melihat perbedaan selisih waktu pengiriman antara serial monitor pada Arduino IDE yang dihubungkan pada alat dengan data yang dikirimkan ke Thingsboard.
3. Pengujian Telegram, pengujian ini berfungsi untuk melihat apakah hasil foto dari ESP32-CAM terkirim atau tidak dan melihat selisih waktu pengiriman antara serial monitor dan gambar pada pesan bot telegram yang dikirim. Selain itu untuk memeriksa apakah perintah dari pesan bot telegram terkirim ke ESP32-CAM.

3.7.2 Pengujian *Hardware*

Pengujian ini bertujuan untuk mencoba apakah semua komponen dapat berjalan dengan baik dan lancar. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan setiap komponen dengan NodeMCU ESP32 dan mengunggah setiap program ke dalam NodeMCU ESP32 untuk menguji kinerja setiap komponen.

1. Pengujian Node MCU ESP32 dengan ESP-32CAM

Pengujian NodeMCU ESP32 dan ESP32-CAM dilakukan dengan memberikan program komunikasi UART pada ESP32 untuk memberi perintah ”*capture*” ke

ESP32-CAM yang selanjutnya dapat dieksekusi dengan hasil tangkapan gambar oleh ESP32-CAM yang kemudian dikirimkan ke aplikasi Telegram.

2. Pengujian Sensor *Passive Infra Red* (PIR)

Uji coba sensor PIR dilakukan untuk memahami karakteristik dari sensor tersebut, sehingga mempermudah dalam perancangan sistem secara keseluruhan. Uji coba dilaksanakan pada jarak yang berbeda-beda. Kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat telah sesuai yang telah diharapkan. Selain itu dilakukan uji coba secara langsung di lapangan untuk melihat apakah program yang dikirimkan telah sesuai.

3. Pengujian Sensor DHT22

Uji coba sensor DHT22 dimulai dengan menguji akurasi pembacaan sensor DHT22 yang dibandingkan dengan alat ukur standar hygrometer, selanjutnya dilakukan pengujian pada program *sketch* yang telah diberikan dengan suhu yang dinaikan. Dimana untuk tiap percobaan yang dilakukan menaikkan suhu per 1 °C. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendeteksi suhu dan kelembaban langsung di lapangan pada siang dan malam hari. Dari data hasil pengujian kemudian dianalisa apakah telah sesuai dengan apa yang telah diharapkan.

4. Pengujian *buzzer* ultrasonik

Pengujian *buzzer* merupakan uji coba yang bertujuan untuk mendapatkan frekuensi yang tepat untuk digunakan sebagai alarm bagi binatang yang menjadi penyebab gangguan jaringan listrik SUTM. Pengujian dilakukan menggunakan tikus karena memiliki indra pendengaran yang sama dengan kukang maupun tupai.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Telah terbangun sebuah alat sistem deteksi binatang penyebab gangguan jaringan listrik SUTM dengan *input* sensor *Passive InfraRed* (PIR) dan sensor suhu DHT22, menghasilkan *output* berupa *buzzer* pada frekuensi 35 kHz sebagai pengusir binatang dan foto dari modul ESP32-CAM dengan menggunakan *software* Thingsboard dan Telegram yang bisa diakses di *Smartphone* dan *Personal Computer* (PC).
2. Alat sistem deteksi binatang penyebab gangguan jaringan listrik SUTM dapat mendeteksi gerakan binatang dengan sudut deteksi hingga $\angle 63,4^\circ$. Sensor DHT22 dapat memonitoring suhu dengan nilai akurasi suhu 98,78%. Serta *delay* tangkapan gambar rata-rata dengan provider Telkomsel sebesar 1,39 detik, provider Tri sebesar 2,34 detik dan provider Axis sebesar 1,89 detik.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem deteksi penyebab gangguan bintang pada jaringan listrik SUTM yang dibuat masih kurang sempurna dikarenakan hanya menggunakan sensor *Passive infra red* (PIR) sebagai sensor deteksi hewannya. Maka perlu ada tambahan sensor, seperti sensor ultrasonik untuk mengetahui jarak suatu objek yang terdeteksi.
2. Alat sistem deteksi yang dibuat masih terdapat *blank spot* dari waktu pengambilan gambar dan area yang bisa mengawasi adanya binatang yang mendekat ke jaringan SUTM sehingga perlunya tambahan sensor PIR pada sisi yang diperlukan.

3. Alat sistem deteksi masih menggunakan jaringan WiFi sebagai koneksi terhubung internet dan sumber daya yang terbatas pada baterai sehingga dibutuhkan SIM GSM 900 Module dan panel surya sebagai pengganti sumber daya alat sehingga tidak perlu pergantian baterai dan mengkonsumsi *supply* dari listrik PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2020*, 34th ed. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2021. Accessed: Oct. 30, 2022. [Online]. Available: https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/8f7e720211110-statistik-2020-rev03.pdf
- [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] D. F. Ashari, Ruslan L, and Alimin. 2021. Analisis Gangguan Gardu Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Watang Sawitto. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, Makassar: 21 September 2021.
- [4] Hasanuddin, Padli. T. 2019. Analisa Penentuan Faktor Dominan Penyebab Gangguan SUTM DI PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Malino. Skripsi, Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Makassar: Makassar.
- [5] Database Gangguan Sistem Distribusi UP3 Tanjung Karang Hasil Rekon pada Tahun 2021-2022
- [6] Arta. I, dkk. 2022. Animal Tracking Berbasis Internet of Things. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. Vol 21. No.1-Januari-Juni.
- [7] Saputro. R, dan Suhendi. H. 2021. Sistem Monitoring dan Automatic Feeding Hewan Peliharaan Menggunakan Android Berbasis Internet of Things. *E-Prosiding Teknik Informatika (PROTEKTIF)*. Vol. 1 No.1 Juni 2021, Halaman. 1~12.
- [8] Gunawan.R. 2019. Sistem Pendeteksi Keberadaan Hama Monyet Yang Berada Di Area Perkebunan Penduduk Berbasis Mikrokontroler. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam. Istitut Agama Islam Negeri Batusangkar
- [9] Terwianti. S, dkk. 2019. Prototype Alat Pendeteksi dan Pengusir Tikus Pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno. Skripsi, Tidak Diterbitkan. Universitas Bengkulu.
- [10] Ardiansyah. 2019. Perancangan Alat Pendeteksi Hewan Pengganggu Tanaman Kebun Menggunakan Sensor Gerak PIR (*Passive InfraRed*) Berbasis

- [11] Mikrokontroler. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alaudin Makassar.
- [12] Greeners.Co, (2023, Januari 19), Kukang, Satu-satunya Primata di Dunia yang Berbisa. Retrieved from Greeners.Co.
- [13] Aji,A.R., dan Prasetyo, A. (2020). Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Vol.9, Hal 1-6.
- [14] Puspita. F, dkk. 2020. Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 Berbasis Arduino Terhadap Termohyrometer Standar. Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi Universitas Gajah Mada.
- [15] Sekar, Khanina Rizki dan Subali. 2013. “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.
- [16] Aditya, Muhammad Yan Eka dan Hari Wibawanto. 2013. Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, Vol.5, No.1
- [17] Laksana. K, dkk. 2017. Sistem Keamanan Ksatria Dengan Sensor PIR Menggunakan Metode Cluster Based. Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
- [18] Desmira, dkk. 2020. 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.
- [19] Adani Farhan. 2019. *Internet of Things*: Sejarah Teknologi dan Penerapannya. Bandung. Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung.
- [20] Wikipedia. 2023, Maret 5. Thingsboard. Retrieved from [Thingsboard - Wikipedia].
- [21] Dani Maulana. 2022. Sistem Monitoring Budi Daya Burung Walet Dilengkapi dengan Aplikasi Telegram. Bali. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.
- [22] Kukangku. (2021, September 27). Wow, Kukang Dapat Mendengar Suara Ultrasonik [Blog post]. Retrieved From [Kukangku].
- [23] Hare, J. F., dan Atkins, B. A. 2021. The squirrel’s distress call: A unique Ultrasonic Vocalization. *Animal Behaviour*, 61(4), 713-719. Retrieved from ScienceDirect.
- [24] Leighton, T, G. 2016. Whats is Ultrasound ? Progress in Biophysics and Molecular Biology, 111(2-3) 92-114. Retrieved from ScienceDirect.