

**SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI LAMPU PERANGKAP
NYAMUK TENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN
KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada
Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara**

DISUSUN OLEH

**AHSANU RIJAL
NPM : 2109020132**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN**

2025

**SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI LAMPU PERANGKAP
NYAMUK TENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN
KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada
Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara**

**AHSANU RIJAL
NPM: 2109020132**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

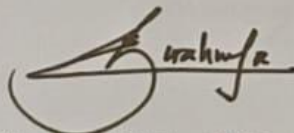
Judul Skripsi : SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI
LAMPU PERANGKAP NYAMUK TENAGA SURYA
SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN
KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA

Nama Mahasiswa : AHSANU RIJAL

NPM : 2109020132

Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0116079201

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0117019301



Dekan

(Dr. Al Khawarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI LAMPU PERANGKAP NYAMUK TENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 21 Oktober 2025
Yang membuat pernyataan



Ahsanu Rijal
NPM. 2109020132

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya
bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Ahsanu Rijal
NPM	: 2109020132
Program Studi	: Teknologi Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

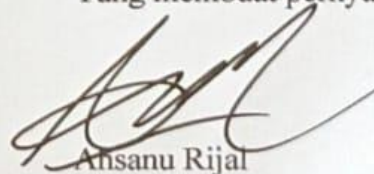
**SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI LAMPU PERANGKAP
NYAMUK TENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN
KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 21 Oktober 2025

Yang membuat pernyataan



Ahsanu Rijal

NPM. 210902013

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Ahsanu Rijal

Tempat dan Tanggal Lahir : Natam, 8 November 2002

Alamat Rumah : Jl. Garu III No. 103, Medan Amplas

Telepon/Faks/HP : +62-823-6745-3122

E-mail : ahsanurijal63@gmail.com

Instansi Tempat Kerja : UNIVERSITAS MUHAMMDIYAH
SUMATERA UTARA

Alamat Kantor : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur
Darat II, Kec. Medan Tim., Kota Medan,
Sumatera Utara 20238

DATA PENDIDIKAN

SD :	TAMAT: 2015
SMP :	TAMAT: 2018
SMK :	TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

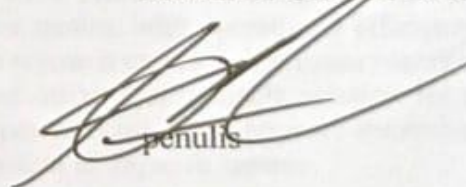
Alhamdulillah, puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir yaitu penulisan skripsi ini. Tak lupa shalawat serta beriringkan salam senangtiawsa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. Yang telah membawa kita semua dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat wajib yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana pada jenjang Strata Satu (S1) di Jurusan Teknologi, Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pelaksanaan tugas ini merupakan salah satu kuliah wajib dari Jurusan Teknologi, Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan menjadi sarana penulis untuk menambah ilmu pengetahuan serta pengalaman dalam menerapkan keilmuan sesuai bidang yang sebelumnya sudah didapatkan pada proses perkuliahan.

Adapun pembahasan terkait skripsi ini adalah smart anopheles trap lamp inovasi lampu perangkap nyamuk tenaga surya sebagai solusi penanggulangan kejadian malaria di desa bagan kuala. Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom. Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
4. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom Pembimbing Skripsi sekaligus Pembimbing Akademik saya yang telah membantu dalam membimbing saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Emni Purwoningsih, S.Pd, M.Kes yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Ibu saya yang telah mau membesarkan saya, bersabar menghadapi saya dan memberi doa kepada saya untuk penyelesaian skripsi ini
7. Kepada teman-teman maupun orang-orang yang mau memberi semangat kepada saya.
8. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Medan 21 Oktober 2025



penulis

SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI LAMPU PERANGKAP NYAMUK TENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menguji efektivitas Smart Anopheles Trap Lamp berbasis ESP32 sebagai solusi inovatif dalam pengendalian populasi nyamuk Anopheles di Desa Bagan Kuala, Kabupaten Serdang Bedagai, yang merupakan daerah endemis malaria. Alat ini memanfaatkan energi surya melalui panel surya 50WP dan baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah, serta dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk memantau suhu dan kelembaban, serta sensor LDR untuk mendeteksi kondisi gelap. Hasil uji lapangan menunjukkan bahwa alat ini mampu menangkap rata-rata 50-100 nyamuk per malam, dengan kinerja optimal pada suhu 27-31°C dan kelembaban 75-85%. Keunggulan utama alat ini terletak pada sifatnya yang ramah lingkungan dan hemat biaya, dengan efisiensi operasional hingga 60% lebih murah dibandingkan metode konvensional. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap program eliminasi malaria nasional dan menawarkan solusi berkelanjutan untuk pengendalian vektor malaria di daerah terpencil. Diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan ketahanan komponen terhadap embun dan optimalisasi sistem untuk meningkatkan daya tangkap.

Kata Kunci: *Malaria, Anopheles, IoT, tenaga surya, lampu uv dan sengatan listrik, kesehatan masyarakat*

SMART ANOPHELES TRAP LAMP INOVASI LAMPU PERANGKAP NYAMUK TENAGA SURYA SEBAGAI SOLUSI PENANGGULANGAN KEJADIAN MALARIA DI DESA BAGAN KUALA

ABSTRACT

This study aims to develop and test the effectiveness of ESP32-based Smart Anopheles Trap Lamp as an innovative solution in controlling the population of Anopheles mosquitoes in Bagan Kuala Village, Serdang Bedagai Regency, which is a malaria endemic area. It utilizes solar energy through a 50WP solar panel and a 10Ah Sealed Lead Acid (SLA) battery, and is equipped with a DHT11 sensor to monitor temperature and humidity, as well as an LDR sensor to detect dark conditions. Field test results show that the device is capable of catching an average of 50-100 mosquitoes per night, with optimal performance at a temperature of 27-31°C and a humidity of 75-85%. The main advantage of this tool lies in its environmentally friendly and cost-effective nature, with operational efficiency up to 60% cheaper than conventional methods. This research makes a significant contribution to the national malaria elimination program and offers a sustainable solution for malaria vector control in remote areas. Further development is needed to improve the resistance of components to dew and optimization of the system to improve capture.

Keywords: *Malaria, Anopheles, IoT, solar energy, uv lamp and electric shock, public health*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 IOT (Internet Of Things)	9
2.3 Lampu Perangkap Nyamuk	11
2.4 ESP 32	12
2.5 Relay.....	13
2.6 DHT11 Sensor	14
2.7 LDR Sensor	15
2.8 Modul LM2596 DC-DC Step Down	15
2.9 Kabel Jumper.....	16
2.10 Box Panel	17
2.11 Panel Surya.....	18
2.12 Solar Charge Controller (SCC)	18
2.13 Kabel 12 AWG.....	19
2.14 Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V	20
2.15 Software Arduino IDE.....	21
2.16 Bot Telegram Mesengger	22
2.17 Web Server	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Teknik Pengumpulan Data	23
3.2 Flowchart Sistem.....	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	25

3.4	Rancangan Diagram Blok Sistem.....	26
3.5	Lokasi dan Tempat Penelitian	28
3.5.1	Lokasi Penelitian	28
3.5.2	Waktu Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Hasil	29
4.2	Hasil Penelitian.....	29
4.2.1	Implementasi Alat	29
4.2.2	Implementasi Program	31
4.2.3	Implementasi Sistem	36
4.3	Pembahasan	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA		40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	28
---	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lampu perangkap nyamuk	11
Gambar 2.2 Tamapilan ESP32	13
Gambar 2.3 Tampilan Relay	14
Gambar 2.4 DHT11 Sensor	15
Gambar 2.5 LDR sensor	15
Gambar 2.6 Modul LM2596 DC-DC Step Down	16
Gambar 2.7 Kabel Jumper	17
Gambar 2.8 Box panel	17
Gambar 2.9 Panel Surya	18
Gambar 2.10 Solar Charge Controller (SCC).....	19
Gambar 2.11 Kabel 12 AWG	19
Gambar 2.12 Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V	20
Gambar 2.13 Arduino IDE	21
Gambar 3.1 Flowchart Sistem	24
Gambar 3.2 Diagram blok sistem	26
Gambar 3.3 Sekema Rangkaian Sistem.....	27
Gambar 4.1 Smart Anopheles Trap Lamp.....	29
Gambar 4.2 kondisi siang hari	30
Gambar 4.3 kondisi malam hari	30
Gambar 4.4 Kontrol Smart Anopheles Trap Lamp	35
Gambar 4.5 Smart Anopheles Trap Lamp setelah beroperasi satu malam.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Malaria tetap menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di seluruh dunia. Pada tahun 2023, diperkirakan terdapat 263 juta kasus malaria dan 597.000 kematian akibat penyakit ini di 83 negara (*Malaria*, 2024). Di Indonesia, khususnya di daerah endemis seperti Desa Bagan Kuala, malaria tidak hanya mengancam kesehatan masyarakat tetapi juga berdampak pada produktivitas dan ekonomi. Data dari Dinas Kesehatan setempat menunjukkan bahwa Desa Bagan Kuala memiliki angka kejadian malaria yang cukup tinggi dalam beberapa tahun terakhir. Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara melaporkan 206 kasus suspek malaria terdapat di Kabupaten Serdang Bedagai (Waspada, 2024). Faktor lingkungan, seperti keberadaan rawa-rawa, genangan air, dan iklim tropis yang lembap, mendukung perkembangbiakan nyamuk *Anopheles*, sehingga upaya pengendalian vektor menjadi tantangan besar.

Upaya penanggulangan malaria di Desa Bagan Kuala selama ini telah dilakukan melalui berbagai metode, termasuk pemberian kelambu berinsektisida, fogging, dan penyuluhan kesehatan. Namun, metode-metode ini memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada bahan kimia, biaya operasional yang tinggi, dan dampak lingkungan yang kurang ramah. Efektivitas fogging sering kali bersifat sementara, sehingga tidak mampu memberantas nyamuk secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang lebih efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk menekan populasi nyamuk *Anopheles*.

Salah satu solusi potensial yang diusulkan adalah pengembangan Smart Anopheles Trap Lamp, yaitu lampu perangkap nyamuk bertenaga surya yang dilengkapi dengan sistem pintar. Inovasi ini memanfaatkan cahaya Dioda pemancar cahaya ultraviolet (UV-LED), (LED365, LED375, LED385, LED395, dan LED405) yang paling efektif antara kelima sumber lampu UV-LED, LED375 menangkap nyamuk dalam jumlah terbanyak (Pimnon et al., 2022). Penggunaan perangkap nyamuk elektrik berbasis sinar ultraviolet (UV) sebagai objek utama. Perangkat ini bekerja dengan prinsip menarik nyamuk melalui cahaya UV, kemudian membunuhnya melalui kejutan listrik atau mekanisme perangkap internal. Keunggulan teknologi ini terletak pada sifatnya yang tidak menggunakan bahan kimia, sehingga lebih aman bagi manusia dan tidak mencemari lingkungan (Rahman & Wahab, 2020).

Andiyani (2020) telah melakukan Penelitian ini membuat alat untuk menangkap serangga dengan menggunakan cahaya dari lampu violet dan LED. Masalah yang dihadapi saat menanam padi adalah adanya serangan dari OPT, atau organisme yang mengganggu tanaman. Dalam penelitian ini, digunakan lampu LED dan lampu violet sebagai alat untuk menarik serangga dengan cara otomatis. Lampu ini membuat serangga tertarik untuk mendekati perangkap yang berisi lem agar bisa terjebak. Salah satu masalah dari penelitian ini adalah penggunaan lem sebagai media untuk menangkap serangga. Alat perangkap ini ditempatkan di luar ruangan saat malam hari. Pada malam hari, suhu udara menjadi dingin dan membuat benda-benda menjadi basah karena embun. Kondisi ini membuat lem menjadi tidak lengket sehingga tidak efektif untuk menangkap serangga.

Peningkatan jumlah kasus malaria di Kabupaten Serdang Bedagai, yang mencapai lebih dari 1500% dalam kurun waktu dua tahun, menunjukkan urgensi penanganan masalah ini. Data dari Dinas Kesehatan Kabupaten Serdang Bedagai mencatat bahwa pada tahun 2022 terdapat 63 kasus malaria, yang meningkat menjadi 955 kasus pada Oktober 2023. Kasus malaria tersebar di delapan kecamatan, dengan kecamatan Tanjung Beringin, terutama di desa Bagan Kuala, mencatat angka tertinggi. Kondisi lingkungan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk *Anopheles*, seperti banjir akibat air pasang laut dan tumpukan sampah, semakin memperburuk situasi.

Desa Bagan Kuala terdiri dari tiga dusun, dengan Dusun III memiliki luas wilayah 20 hektar yang dihuni oleh 127 kepala keluarga. Berbagai upaya telah dilakukan oleh Dinas Kesehatan untuk menurunkan angka kejadian malaria, namun hasilnya belum efektif. Oleh karena itu, pengembangan inovasi ini memiliki potensi besar untuk mendukung program eliminasi malaria yang dicanangkan oleh pemerintah, sekaligus berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup masyarakat melalui pendekatan teknologi yang ramah lingkungan.

Penelitian sebelumnya merancang perangkat nyamuk portabel bertenaga listrik (PLN) dan panel surya (20 WP) dilengkapi baterai 5000 mAh. Alat ini menggunakan lampu UV sebagai pemikat, kawat bertegangan tinggi sebagai pembunuh nyamuk, serta fitur tambahan lampu penerangan dan USB charger. Pengujian menunjukkan efektivitas dengan rata-rata tangkapan 0,192-0,242 ekor/menit di berbagai kondisi. Solusi ini cocok untuk daerah terpencil atau darurat tanpa akses listrik konvensional. (Herdanu & Yuniarto, 2025).

Penelitian yang dilakukan oleh Qirom & Albab (2021) dengan judul Rancang Bangun alat pengusir nyamuk berbasis gelombang ultrasonik dan UV light trap untuk mengatasi masalah penyakit seperti demam berdarah dan malaria yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Alat ini terdiri dari komponen utama seperti Arduino Uno sebagai mikrokontroler, transmitter ultrasonik (30–50 kHz) untuk mengganggu nyamuk, lampu UV (360–400 nm) sebagai penarik, dan kipas berkecepatan tinggi untuk menghisap dan mematikan nyamuk. Metode penelitian meliputi tahap desain, perakitan, dan pengujian selama 6 hari dengan variasi frekuensi ultrasonik dan waktu operasi (pagi, siang, malam). Hasil menunjukkan frekuensi 35–45 kHz paling efektif, dengan jumlah nyamuk terbanyak terperangkap pada malam hari (112 ekor pada 40 kHz). Alat ini ramah lingkungan, bebas bahan kimia, dan efektif mengurangi populasi nyamuk.

Penelitian lainnya mengembangkan alat pembasmi nyamuk portabel (7×41 cm) yang menggabungkan lampu violet sebagai pemikat dan gelombang ultrasonik (30–60 kHz) sebagai pembunuh. Sistem berbasis Arduino Uno R3 ini menggunakan kipas 12V untuk menghisap nyamuk ke jaring perangkap. Pengujian membuktikan frekuensi 50 kHz mampu membunuh 100% nyamuk dalam 20 detik, menawarkan solusi hemat energi dan bebas bahan kimia untuk pengendalian nyamuk (Mahendra & Firmawati, 2022).

Penelitian lainnya mengembangkan purwarupa perangkap nyamuk otomatis berbasis Arduino Uno yang menggunakan sensor DHT11 untuk mendeteksi kondisi optimal nyamuk (suhu 27–31°C, kelembaban 40–90%). Sistem ini memanfaatkan LED biru sebagai pemikat, fan CPU untuk menghisap nyamuk, dan jejaring bertegangan tinggi sebagai pembasmi. Hasil pengujian menunjukkan efektivitas

alat dengan rata-rata 6-14 nyamuk tertangkap per jam saat kondisi lingkungan sesuai, menawarkan solusi otomatis dan ramah lingkungan untuk pengendalian nyamuk di daerah tropis (Sirmayanti et al., 2023).

Penelitian ini pengembangan alat memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya utama, mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional dan Penggunaan ESP32 sebagai mikrokontroler dan sensor (DHT11, LDR) memungkinkan alat bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya). Fitur kendali via Bot Telegram dan Web Server meningkatkan fleksibilitas pemantauan dan kontrol oleh pengguna.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tingginya kasus malaria di Desa Bagan Kuala akibat populasi nyamuk *Anopheles*, penelitian ini mengkaji seberapa efektif Smart Anopheles Trap Lamp (lampu perangkap energi surya berbasis teknologi pintar) dalam mengurangi jumlah nyamuk *Anopheles*, bagaimana dampaknya terhadap penurunan kasus malaria berdasarkan data kesehatan setempat, serta faktor pendukung dan penghambat dalam penerapannya di masyarakat, termasuk analisis kelayakan alat dari segi teknis, biaya, dan keberterimaan..

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian penelitian ini dibatasi pada desa bagan kuala, dusun iii, kecamatan tanjung beringin, kabupaten serdang bedagai, sehingga hasil dan temuan mungkin tidak dapat digeneralisasi ke daerah lain yang memiliki kondisi lingkungan dan sosial yang berbeda.

2. Fokus pada nyamuk anopheles penelitian ini hanya akan fokus pada pengendalian populasi nyamuk anopheles sebagai vektor malaria, tanpa mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi penyebaran penyakit, seperti perilaku manusia dan intervensi kesehatan lainnya.
3. Durasi penelitian penelitian ini akan dilakukan dalam jangka waktu tertentu, yang mungkin tidak mencakup seluruh siklus hidup nyamuk anopheles atau variasi musiman yang dapat mempengaruhi hasil.
4. Penggunaan teknologi tertentu penelitian ini akan menggunakan smart anopheles trap lamp sebagai alat utama, sehingga tidak membandingkan efektivitas alat ini dengan metode pengendalian vektor lainnya secara langsung.
5. Keterbatasan sumber daya penelitian ini mungkin menghadapi keterbatasan dalam hal sumber daya, baik dari segi finansial maupun teknis, yang dapat mempengaruhi implementasi dan pengumpulan data.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam pelaksanaan dan penulisan pada penelitian ini adalah :

1. Menguji efektivitas Smart Anopheles Trap Lamp dalam mengurangi populasi nyamuk Anopheles di Desa Bagan Kuala.
2. Menganalisis dampak penggunaan alat terhadap penurunan kasus malaria
3. Mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat penerapan teknologi ini.
4. Menilai kelayakan alat dari aspek teknis, ekonomi, dan keinginan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengurangan populasi nyamuk penelitian ini bertujuan untuk mengurangi jumlah nyamuk anopheles, sehingga diharapkan dapat menurunkan angka kejadian malaria di desa bagan kuala.
2. Solusi ramah lingkungan penggunaan smart anopheles trap lamp yang bertenaga surya menawarkan metode pengendalian vektor yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan kimia.
3. Peningkatan kesadaran masyarakat implementasi alat ini disertai dengan edukasi akan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pencegahan malaria dan pengendalian vektor.
4. Data untuk kebijakan kesehatan hasil penelitian akan memberikan informasi berharga bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan kesehatan yang lebih efektif dalam penanggulangan malaria.
5. Model untuk daerah lain jika berhasil, inovasi ini dapat diterapkan di daerah endemis malaria lainnya di Indonesia, memperluas jangkauan solusi dalam penanggulangan penyakit ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penyusunan proposal skripsi ini, penulis mempelajari dan mereferensi dari penelitian-penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan terkait judul tugas akhir ini, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada.

1. Pada Penelitian yang telah dilakukan Mariam Yusuff pada jurnalnya yang berjudul “IoT-Driven Mosquito Control Solutions in Urban Areas” Kelemahan utama pada sistem IoT-driven mosquito control ada beberapa masalah dalam meliputi tantangan dalam pemeliharaan perangkat, masalah konektivitas yang dapat mengganggu transmisi data real-time, biaya awal setup yang tinggi, serta kesulitan dalam integrasi dengan sistem kesehatan masyarakat yang sudah ada. Selain itu, skalabilitas solusi ini untuk diterapkan secara luas di berbagai area urban masih menjadi kendala, bersama dengan kekhawatiran terkait keamanan data yang dikumpulkan dan dikelola oleh sistem tersebut. Meskipun efektif dalam mengurangi populasi nyamuk, hambatan-hambatan ini perlu diatasi untuk memastikan adopsi yang berkelanjutan dan sukses dalam jangka panjang(Yusuff, 2023).
2. Pada Penelitian yang telah dilakukan Alimaturrahim, Muhamad Iradat Achmad dan Nalis Hendrawan pada jurnalnya yang berjudul “Penyengat Nyamuk Otomatis Berbasis Suhu Dan Kelembaban Relatif Ideal Nyamuk Terbang Menggunakan Arduino” Penyengat nyamuk otomatis berbasis suhu dan kelembaban relatif ideal. Alat ini terdiri dari sensor

DHT11 untuk mendeteksi suhu (25–28°C) dan kelembaban (71–83%) yang ideal bagi nyamuk, Arduino Uno sebagai pengendali utama, lampu pijar 3 watt warm white untuk menarik nyamuk, serta kawat kasa bertegangan tinggi untuk membunuh nyamuk yang tersengat. Sistem ini bekerja secara otomatis dengan menyalakan lampu dan mengaktifkan kawat kasa hanya ketika kondisi lingkungan sesuai dengan preferensi nyamuk, sehingga lebih efisien dan hemat energi dibandingkan alat konvensional. Alat ini dirancang untuk membantu mengurangi populasi nyamuk, terutama *Aedes aegypti*, sebagai upaya pencegahan penyakit demam berdarah (Alimaturrahim et al., 2024).

2.2 IOT (Internet Of Things)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah sistem interkoneksi antara berbagai objek yang dilengkapi dengan pengidentifikasi unik dan alamat IP, memungkinkan mereka untuk berkomunikasi dan bertukar data mengenai diri mereka sendiri serta lingkungan sekitarnya. Objek-objek dalam ekosistem IoT dapat memanfaatkan dan menghasilkan layanan, serta berkolaborasi untuk mencapai sasaran yang sama. Dengan kapabilitas ini, IoT telah mengubah konsep internet dari komputasi yang dapat diakses di mana saja, kapan saja, dan bagaimana saja, menjadi penyediaan akses ke segala sesuatu, setiap orang, dan berbagai layanan. Salah satu penerapan kunci dari karakteristik ini melibatkan identifikasi objek. Serangan terhadap keamanan IoT dapat mencakup serangan terhadap label RFID, jaringan komunikasi maupun pada privasi data. Untuk mencegah dan memecahkan diperlukan mekanisme dan protokol keamanan. Penggunaan komputer dimasa datang mampu mendominasi pekerjaan manusia dan mengalahkan kemampuan komputasi

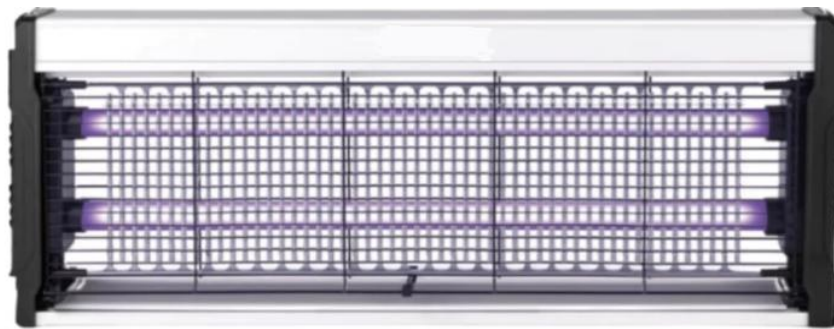
manusia seperti mengontrol peralatan elektronik dari jarak jauh menggunakan media internet, Internet of Things (IoT) memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan alat-alat elektronik yang terkoneksi ke internet. Diperkirakan bahwa dalam waktu dekat, terjadi pertukaran informasi secara otonom antara komputer dan perangkat elektronik, yang secara signifikan mengurangi kebutuhan intervensi manusia. Fenomena ini juga diperkirakan akan meningkatkan jumlah pengguna internet seiring dengan bertambahnya fasilitas dan layanan daring yang tersedia. Isu utama dalam penerapan IoT adalah menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia digital. Salah satu fokus penting adalah bagaimana mengolah data yang diperoleh dari perangkat elektronik melalui perantara yang memfasilitasi interaksi antara pengguna dan perangkat tersebut. Sensor berperan dalam mengumpulkan data fisik primer langsung dari lingkungan sekitar dan mengonversinya menjadi bentuk yang dapat diproses oleh sistem komputasi, sehingga memungkinkan pertukaran data yang efisien di antara berbagai jenis format (Thing).

Internet of Things (IoT) memungkinkan identifikasi, deteksi, dan pemantauan objek secara otomatis dan cepat. Teknologi ini berdampak besar pada ekonomi, produksi, dan pengelolaan masyarakat. Komponen "Things" mencakup individu, hewan ternak, atau kendaraan dengan sensor. IoT berhubungan erat dengan komunikasi antar-mesin. Produk ini dikembangkan dengan fungsi komunikasi M2M, yang umumnya dikenal sebagai sistem cerdas. Contohnya mencakup label cerdas, pengukur cerdas, dan sensor jaringan cerdas. Arsitektur Internet of Things melibatkan berbagai jaringan dan sistem yang kompleks, serta memerlukan tingkat keamanan yang tinggi. Jika ketiga elemen ini terpenuhi, otomatisasi kontrol dalam

Internet of Things dapat beroperasi secara efektif dan berkelanjutan, sehingga memberikan manfaat finansial yang signifikan bagi perusahaan. Namun, banyak pengembang IoT menghadapi tantangan dalam membangun arsitektur ini, karena prosesnya memakan waktu yang lama dan memerlukan investasi yang substansial. Berbagai perangkat sehari-hari kini dilengkapi dengan sensor cerdas dan dapat dikendalikan melalui internet. Sensor cerdas memfasilitasi konversi data analog menjadi data digital, yang kemudian dikirimkan ke prosesor secara real-time. Dengan demikian dapat dilakukan otomatisasi peralatan yang mengendalikan jarak jauh dalam arsitektur IoT (Salama et al., 2023).

2.3 Lampu Perangkap Nyamuk

Lampu perangkap nyamuk dengan cahaya UV Nano 356nm gelombang cahaya untuk membunuh nyamuk saat mendekat menggunakan inverter high voltage yang mengalirkan listrik tegangan tinggi pada kawat alumunium.



Gambar 2.1 Lampu perangkap nyamuk

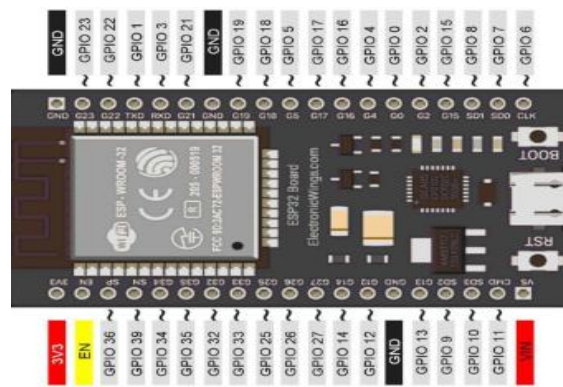
(Sumber <https://palugada.id>)

2.4 ESP 32

Modul ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) yang andal, dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n terintegrasi, Bluetooth dual-mode versi 4.2, serta beragam periferal pendukung. Perangkat ini merupakan pengembangan lanjutan dari chip 8266, dengan peningkatan signifikan terutama pada implementasi dua inti pemrosesan yang dapat beroperasi pada frekuensi berbeda hingga 240 MHz. Dibandingkan dengan versi sebelumnya, selain fitur-fitur yang disebutkan, ESP32 juga meningkatkan jumlah pin GPIO dari 17 menjadi 36, jumlah kanal PWM menjadi 16, dan dibekali memori flash sebesar 4MB. Chip ESP32 dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems, yang saat ini menyediakan beberapa varian ESP32 dalam bentuk ESP32 Developer Kit, ESP32 Wrover Kit yang turut menyertakan kartu SD dan layar LCD 3,2 inci, serta yang terbaru, kit ESP32 Azure IoT yang dilengkapi dengan USB Bridge dan sensor internal tambahan. Selain Espressif Systems, terdapat produsen lain yang juga memproduksi chip ini, termasuk SparkFun dengan produk ESP32 Thing DB, WeMoS dengan model TTGO, D1, Lolin32, dan Lolin D32, Adafruit dengan Huzzah32, DF Robot dengan ESP32 FireBeetle, serta berbagai produsen lainnya yang terkadang merilis versi klon dengan kualitas yang bervariasi. ESP32 dilengkapi dengan dua inti prosesor Xtensa LX6 yang diproduksi menggunakan teknologi 40 nm. Setiap inti CPU dapat dikendalikan secara independen.

Tersedia SRAM on-chip sebesar 520 KB untuk data dan instruksi. Beberapa modul SoC seperti ESP32-Wrover memiliki flash SPI eksternal sebesar 4 MB dan tambahan 8 MB SPI PSRAM (Pseudo static RAM). Kita memiliki kemungkinan untuk menggunakan SPI, I2S, I2C, CAN, UART, Ethernet MAC, dan IR dalam

berbagai jumlah, tergantung pada jenis papan. Peralatan standar juga mencakup sensor Hall Effect, sensor suhu, dan sensor sentuh, sensor bawaan lainnya diimplementasikan dalam Azure IoT dan Developer kit. SoC juga menyediakan akselerasi perangkat keras kriptografi: AES, SHA-2, RSA, dan Elliptic Curve Cryptography (ECC) dan generator angka acak. Papan ESP32 diproduksi dalam desain prototipe yang dapat digunakan dalam aplikasi rumah pintar, otomatisasi, perangkat yang dapat dikenakan, aplikasi audio, aplikasi IoT berbasis cloud, dan banyak lagi. Anda dapat memilih kit pengembangan tertentu atau merancang sistem tertanam khusus yang dibangun di atas mikrokontroler ESP32 (Babiuch et al., 2019).



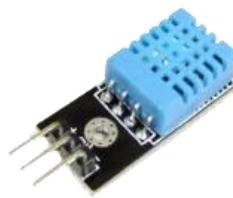
Gambar 2.2 Tamapilan ESP32

(Sumber <https://www.electronicwings.com>)

2.5 Relay

Relay merupakan sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah status kontak sakelar saat menerima sinyal listrik. Relai, atau *control relay* (CR), adalah sakelar magnetik yang beroperasi secara otomatis, serupa dengan kontaktor magnetik. Relay dirancang untuk aplikasi dengan beban kerja yang lebih ringan jika

dibandingkan dengan kontaktor. Selain itu, kontak-kontaknya memiliki ukuran yang lebih kecil dan harus terbuat dari material konduktif berkualitas.. Kontak kontaknya pun jauh lebih kecil dan harus dibuat dari bahan konduktor yang baik. Bahan kontak relay umumnya digunakan logam perak, kadang digunakan logam berharga lainnya. (Muslihudin et al., 2018) Apabila kumparan diberi daya maka akan timbul medan magnet, akibatnya pegas kontak akan bergerak atau tertarik dan menempel pada kumparan. Ujung dari pegas kontak akan pindah dari posisi kekontak lainnya atau yang tadinya pada posisi NO (Normally Open), maka menjadi NC (Normally Closed). Apabila daya yang diberikan pada kumparan hilang, maka medan magnetpun akan hilang, sehingga pegas kontak akan kontak akan kembali keposisi semula kontak NC menjadi NO kembali (Hameed et al., 2020).



Gambar 2.3 Tampilan Relay
(Sumber <https://digiwarestore.com>)

2.6 DHT11 Sensor

Modul ini dilengkapi dengan kemampuan pengukuran kelembaban dan suhu, menghasilkan sinyal keluaran digital yang telah terkalibrasi. Sensor DHT11 adalah perangkat terpadu yang berfungsi untuk mendeteksi kelembaban dan suhu, serta menyediakan sinyal digital terkalibrasi. DHT11 menghasilkan pembacaan kelembaban dan suhu dengan akurasi tinggi, menjamin keandalannya dan stabilitas

jangka panjang. Sensor ini memanfaatkan elemen pengukuran kelembaban tipe resistif dan elemen pengukuran suhu tipe NTC, dilengkapi dengan mikrokontroler 8-bit internal yang menawarkan respons cepat, efisiensi biaya, dan ketersediaan dalam paket pin tunggal 4-pin.



Gambar 2.4 DHT11 Sensor
(Sumber <https://opencircuit.shop>)

2.7 LDR Sensor

Light Dependent Resistor atau (LDR) merupakan sebuah kategori sensor yang nilai pembacaannya ditentukan oleh intensitas cahaya yang diterimanya. Besaran masukan pada sensor LDR bergantung pada tingkat kecerahan cahaya yang mengenainya. LDR adalah tipe resistor yang sensitif terhadap paparan cahaya. Sifat dari hambatan LDR ini adalah nilai hambatannya akan berubah apabila terkena cahaya atau sinar (Rizki et al., 2022).



Gambar 2.5 LDR sensor
(Sumber <https://38-3d.co.uk>)

2.8 Modul LM2596 DC-DC Step Down

Rangkaian terpadu regulator pengalihan step-down yang umum adalah LM2596. Versi yang dapat disesuaikan dapat menghasilkan tegangan yang

bervariasi dari rentang tegangan input 4,5 hingga 40 volt dengan arus kontinu hingga 3 Ampere. Karena kemampuan arusnya yang tinggi, regulator ini sering digunakan dalam modul daya untuk mengendalikan atau memberi daya pada beban besar. Regulator Pengalih LM2596 LM2596 hanya memerlukan sejumlah kecil komponen, sehingga cukup mudah digunakan. Tegangan yang tidak diatur disalurkan ke pin 1 (Vin) melalui kapasitor filter untuk mengurangi gangguan input. Hubungkan pin ON/OFF atau aktifkan (pin 5) ke ground untuk menyalakan IC. Untuk menghentikan kebocoran arus, IC akan memasuki mode mati jika nilainya diatur terlalu tinggi. Fungsi ini akan berguna untuk menjaga daya input saat menggunakan baterai. Karena mengatur tegangan keluaran, pin umpan balik sangat penting. Berdasarkan nilai tegangan keluaran, pin ini mendeteksi tegangan keluaran dan memodifikasi frekuensi sakelar internal untuk menyediakan tegangan keluaran yang sesuai. Tegangan keluaran kemudian diambil melalui pin 2 menggunakan filter LC (Pawar et al., 2022).



Gambar 2.6 Modul LM2596 DC-DC Step Down
(Sumber <https://digiwarestore.com>)

2.9 Kabel Jumper

Kabel jumper merupakan kabel elektrik yang mempunyai pin konektor di setiap ujungnya dan memungkinkan untuk menghubungkan dua komponen yang

melibatkan Arduino tanpa memerlukan solder. Intinya, kegunaan kabel jumper ini digunakan sebagai konduktor listrik untuk menyambungkan rangkaian listrik.

Kabel jumper umumnya dimanfaatkan pada papan rangkaian percobaan atau perangkat prototipe sejenisnya untuk memfasilitasi modifikasi sirkuit. Ujung kabel dilengkapi dengan konektor yang terdiri dari tipe jantan (male) dan betina (female). Konektor female berfungsi untuk menusuk dan konektor male berfungsi untuk ditusuk (Prastyo, 2022).



Gambar 2.7 Kabel Jumper

(Sumber <https://www.arduinoindonesia.id>)

2.10 Box Panel

Box panel dengan penutup transparan 240 x 160 x 90 mm, terbuat dari material ABS berkualitas yang sudah dibekali fitur waterproof, sehingga sangat cocok di tempatkan di lingkungan outdoor. Terdapat karet seal.

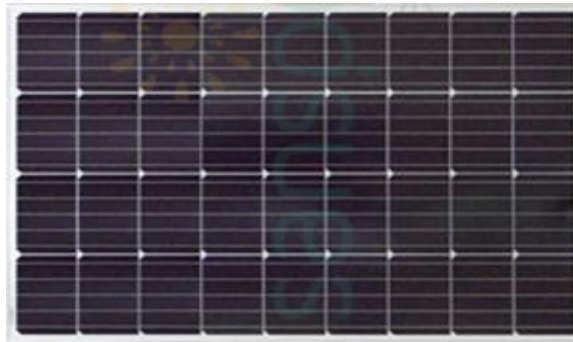


Gambar 2.8 Box panel

(Sumber <https://www.jakartanotebook.com>)

2.11 Panel Surya

Panel surya berfungsi sebagai perangkat yang menghasilkan listrik. Energi matahari termasuk dalam kategori energi terbarukan. Energi ini dimanfaatkan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk memproduksi listrik. Sel-sel surya diatur secara sistematis untuk membentuk sebuah panel surya. Di dalam panel surya inilah energi matahari diubah menjadi energi listrik melalui proses yang dikenal sebagai efek fotovoltaiik. Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan representasi skala kecil dari penelitian mengenai Energi Baru Terbarukan. (EBT) (Hasrul, 2021).



Gambar 2.9 Panel Surya

(Sumber <https://trisuryapanel.com>)

2.12 Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller PWM dan MPPT menunjukkan bahwa SCC MPPT lebih unggul dibandingkan dengan SCC PWM. Hal ini ditunjukkan dengan selisih daya, tegangan, dan arus yang dihasilkan oleh SCC MPPT sebesar 0,07 watt, 0,09 volt, dan 4,2 mili ampere lebih tinggi dibandingkan daya yang dihasilkan oleh SCC PWM. Nilai efisiensi rata-rata SCC PWM sebesar 172%, sedangkan nilai efisiensi rata-rata SCC MPPT sebesar 177%. SCC MPPT memiliki nilai daya, tegangan, dan arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontroler jenis PWM, sehingga SCC

MPPT lebih baik diaplikasikan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (Fianti et al., 2021).



Gambar 2.10 Solar Charge Controller (SCC)
(Sumber <https://www.tokopedia.com>)

2.13 Kabel 12 AWG

Kabel 12 AWG (American Wire Gauge) adalah kabel listrik berukuran sedang dengan diameter sekitar 2,05 mm dan luas penampang 3,31 mm², mampu menghantarkan arus listrik hingga 20-25 Ampere tergantung pada jenis isolasi dan kondisi pemasangannya. Kabel ini umumnya terbuat dari tembaga konduktif dengan isolasi PVC, THHN, atau THWN, yang memberikan perlindungan terhadap panas, kelembapan, dan abrasi. Karena kapasitasnya yang seimbang antara daya hantar arus dan fleksibilitas, kabel 12 AWG sering digunakan dalam instalasi rumah tangga, seperti rangkaian stopkontak, pencahayaan berdaya tinggi, serta peralatan listrik seperti AC kecil atau pemanas air. Kabel ini juga memenuhi standar tegangan hingga 600V, sehingga cocok untuk aplikasi arus bolak-balik (AC) maupun searah (DC).



Gambar 2.11 Kabel 12 AWG
(Sumber <https://www.blibli.com>)

2.14 Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V

Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V merupakan jenis baterai isi ulang yang dirancang untuk penggunaan yang andal dan tahan lama. Dengan kapasitas 10 ampere-hour (Ah) dan tegangan 12 volt, baterai ini cocok untuk berbagai aplikasi, termasuk sistem UPS, peralatan medis, lampu darurat, dan perangkat elektronik lainnya. Baterai ini bersifat maintenance-free, artinya tidak memerlukan penambahan air atau perawatan rutin, sehingga sangat praktis untuk penggunaan jangka panjang.

Baterai ini memiliki fitur pengisian daya yang optimal dengan tegangan 13.5V–14.8V untuk mode standby dan 14.4V–14.7V untuk mode cyclic, serta arus maksimal 2.40A. Desainnya yang sealed (tertutup rapat) dilengkapi dengan katup pengatur tekanan untuk mencegah kebocoran elektrolit dan memastikan keamanan selama penggunaan. Selain itu, baterai ini telah memenuhi standar CE, menjamin kualitas dan keandalannya dalam berbagai kondisi operasi.



Gambar 2.12 Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V
(Sumber <https://shopee.co.id>)

2.15 Software Arduino IDE

Arduino IDE dapat memprogram mikrokontroler Arduino. Arduino IDE adalah alat untuk menulis program untuk papan Arduino. Arduino IDE adalah perangkat lunak sumber terbuka yang dapat diunduh dan diinstal di komputer secara gratis. Arduino IDE menyediakan banyak pustaka siap pakai. Dengan menggunakan pustaka ini, pengembang Arduino akan menghemat banyak waktu. Arduino IDE menyediakan platform terintegrasi yang disederhanakan yang dapat berjalan di hampir semua komputer pribadi dan pengguna dapat menulis program untuk Arduino menggunakan bahasa pemrograman C atau C++. (Ismailov & Jo'rayev, 2022).



Gambar 2.13 Arduino IDE
(Sumber <https://www.arduino.cc>)

2.16 Bot Telegram Mesengger

Bot Telegram dapat digunakan sebagai antarmuka yang praktis untuk mengontrol perangkat IoT (Internet of Things) seperti lampu, kipas, atau sistem keamanan melalui perintah chat. Bot ini berkomunikasi dengan perangkat IoT melalui protokol seperti MQTT, HTTP, atau WebSocket, sehingga pengguna bisa mengirim perintah seperti `/nyalakan_lampu` atau `/cek_suhu` langsung dari aplikasi Telegram. Selain itu, bot juga dapat mengirim notifikasi real-time, seperti alert saat ada gerakan terdeteksi atau laporan suhu ruangan, memungkinkan pemantauan dan kontrol jarak jauh dengan mudah.

2.17 Web Server

Server Web adalah perangkat lunak yang menyediakan pemberian data. Fungsinya adalah untuk memproses permintaan HTTP atau HTTPS yang berasal dari klien, yang juga dikenal sebagai peramban web (misalnya Chrome, Firefox). Setelah itu, server akan mengirimkan tanggapan terhadap permintaan tersebut kepada klien dalam format halaman web, yang biasanya berupa HTML. Jika berbicara secara detail, maka Web Server memiliki peran dalam memproses berbagai data yang diminta oleh klien (web browser). Kemudian ia memberikan hasil atau jawaban berupa dokumen, video, foto, atau beragam bentuk berkas lainnya (Zaenudin et al., 2021).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1) Pengamatan (Observasi).

Dilakukan dengan cara mengumpulkan data dengan melakukan pengamatan langsung yang telah ada serta komponen-komponen apa yang diperlukan dalam perancangan alat smart anopheles trap lamp menggunakan esp32.

2) Kepustakaan (Library).

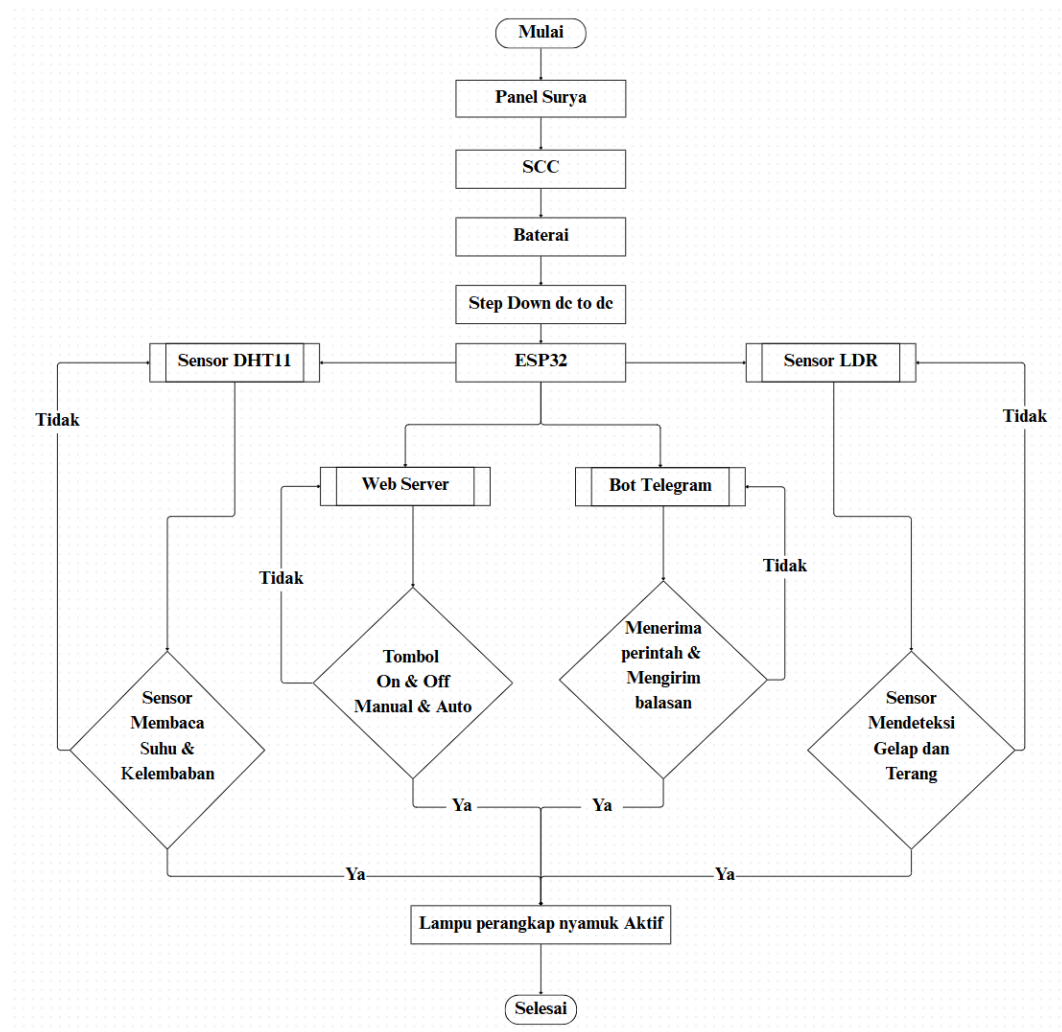
Library yaitu melakukan studi pustaka dengan cara mengumpulkan informasi yang terdapat dalam jurnal artikel, buku-buku, karya ilmiah maupun sumber terpercaya lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian.

3) Analisis Data.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu dengan menggunakan metode pengembangan Hardware. Tahapan awal adalah mengidentifikasi semua data yang berkaitan dengan alat smart anopheles trap lamp menggunakan esp32. Data-data yang telah diperoleh kemudian dianalisa untuk mencari penyebab permasalahan. Selanjutnya hasil analisa tersebut maka penelitian merumuskan langkahnya membuat suatu alat smart anopheles trap lamp menggunakan esp32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler, sensor DHT11, sensor LDR dan panel surya untuk memanfaatkan sumber energi matahari.

3.2 Flowchart Sistem

Digambarkan dengan diagram alur sistem perangkat pada flowchart berikut:



Gambar 3.1 Flowchart Sistem

Flowchart tersebut menggambarkan alur kerja sistem lampu perangkap nyamuk yang dioperasikan secara otomatis dan manual dengan memanfaatkan sumber energi matahari. Proses dimulai Panel surya, baterai melalui SCC (Solar Charge Controller) untuk menyimpan energi. Selanjutnya, sistem menggunakan step down DC to DC untuk menyesuaikan tegangan listrik yang diperlukan.

Sistem ini dilengkapi dengan beberapa sensor, yaitu Sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban, serta Sensor LDR untuk mendeteksi kondisi gelap dan terang. Data dari sensor diproses oleh modul ESP32. Jika kondisi gelap terdeteksi, sistem akan mengaktifkan lampu perangkap nyamuk. Selain itu, sistem juga terhubung ke Web Server dan Bot Telegram untuk memungkinkan kontrol manual (On/Off) dan otomatis, serta menerima perintah dan mengirim balasan.

Jika tidak ada cahaya matahari, sistem akan menggunakan sumber daya dari baterai atau berhenti beroperasi tergantung pada kondisi yang ditentukan. Setelah lampu perangkap nyamuk diaktifkan, proses selesai. Flowchart ini menunjukkan integrasi antara energi terbarukan, sensor, mikrokontroler, dan komunikasi digital untuk menciptakan solusi pengendalian nyamuk yang efisien.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

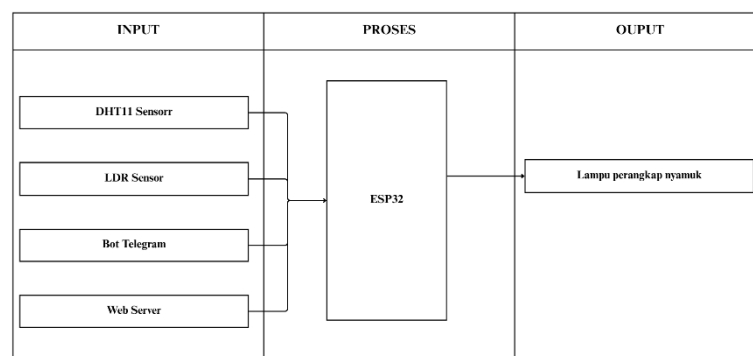
1) Perangkat Keras (Hardware)

- a) Satu unit laptop
- b) Panel Surya 50wp
- c) Solar Charge Controller (SCC)
- d) Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V
- e) Step down dc to dc
- f) ESP32
- g) Sensor DHT11
- h) sensor LDR
- i) Relay 1 Channel
- j) Box Panel

- k) Kabel Jumper
 - l) Kabel 12AWG
 - m) Lampu perangkap nyamuk
- 2) Perangkat Lunak (Software)
- a) Sistem Operasi windows
 - b) Arduino IDE

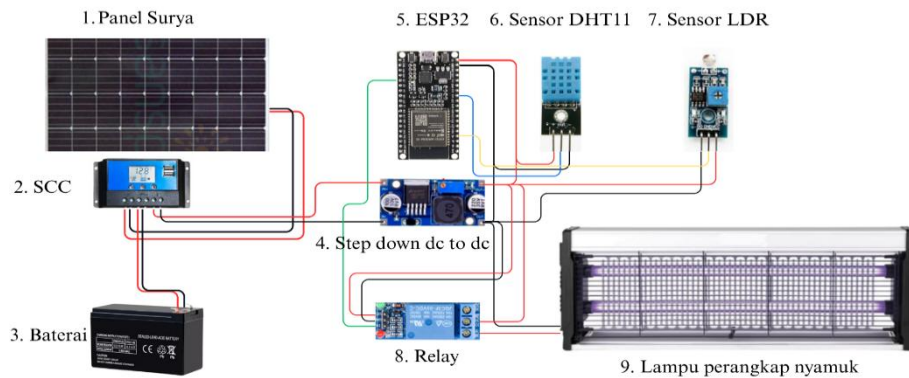
3.4 Rancangan Diagram Blok Sistem

Alat smart anopheles trap lamp menggunakan esp32 terdiri dari bagian input, proses dan output yaitu sebagai berikut :



Gambar 3.2 Diagram blok sistem

Diagram blok sistem pada gambar input terdiri dari sensor DHT11, sensor LDR, bot telegram dan web server. Bagian proses terdapat esp32 yang merupakan pengendali utama system yang mengatur input dan output sistem. Pada bagian output terdapat lampu perangkap nyamuk yang akan aktif atau nonaktif jika suhu dan kelembaban sekitar sesuai dengan nilai yg sudah ditetapkan, lampu juga dapat aktif atau non aktif dari kondisi gelap atau terang dan juga dapat kontrol dari bot telegram atau dari web sever.



Gambar 3.3 Sekema Rangkaian Sistem

Berdasarkan gambar skematik dari alat diatas terdiri dari beberapa komponen yaitu:

- 1) Panel surya 50wp untuk menghasilkan tegangan sekitar 12-24 volt dan arus sekitar 2-3 ampere.
- 2) Solar Charge Controller (SCC).
- 3) Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 10Ah 12V untuk menyimpan daya listrik
- 4) Step down dc to dc berfungsi untuk menurunkan tegangan dari baterai bertegangan 12V dan disalurkan ke esp32 menjadi 5V dan 1A, relay 4,5V dan Lampu perangkap nyamuk 5V.
- 5) ESP32 yang berfungsi sebagai mikrokontroler yang akan mengontrol jalannya system.
- 6) Sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yaitu suhu dan kelembaban udara.
- 7) Sensor LDR berfungsi untuk mendeteksi gelap dan terang.
- 8) Relay 1 channel berfungsi sebagai saklar lampu perangkap nyamuk.
- 9) Lampu perangkap nyamuk untuk menarik perhatian nyamuk agar mendekati alat tersebut.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berikut ini akan ditampilkan dokumentasi bentuk alat yang dikerjakan:



Gambar 4.1 Smart Anopheles Trap Lamp

4.2 Hasil Penelitian

4.2.1 Implementasi Alat

- a. Alat di kondisi siang hari

Pengujian pada siang hari menunjukkan bahwa alat secara otomatis menonaktifkan lampu UV-LED ketika sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari yang cukup, sehingga menghemat energi yang tersimpan dalam baterai. Meskipun tidak aktif menangkap nyamuk, sistem tetap melakukan pemantauan lingkungan melalui sensor DHT11 dan mengisi daya baterai melalui panel surya dengan efisiensi pengisian mencapai 85-90% pada cuaca cerah.



Gambar 4.2 kondisi siang hari

b. Alat di kondisi malam hari

Saat malam hari, alat secara otomatis mengaktifkan lampu UV-LED (375 nm) begitu sensor LDR mendeteksi kondisi gelap, dengan kinerja optimal ketika suhu mencapai 27-31°C dan kelembaban 75-85%. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata 50-100 nyamuk tertangkap per malam, dengan puncak aktivitas antara pukul 20.00-23.00 WIB. Sistem kontrol berbasis ESP32 terbukti stabil dalam mengoperasikan alat selama 8-10 jam secara terus-menerus, dengan konsumsi daya yang efisien berkat pengaturan otomatis oleh relay dan dukungan energi dari baterai yang terisi penuh selama siang hari.



Gambar 4.3 kondisi malam hari

4.2.2 Implementasi Program

Berikut ini pseudocode:

PROGRAM Smart_Trap_Lamp

IMPORT WiFi library

IMPORT WebServer library

IMPORT DHT library

IMPORT UniversalTelegramBot library

IMPORT WiFiClientSecure library

KONSTANTA:

ssid = "NAMA WIFI"

password = " PASSWORD WIFI"

telegramToken = "TOKEN_BOT"

DHTPIN = 14

DHTTYPE = DHT11

LIGHT_SENSOR_PIN = 34

RELAY_PIN = 4

relayDuration = 12 jam (43200000 ms)

VARIABEL:

relayStatus = OFF (HIGH = OFF, LOW = ON)

manualMode = FALSE // FALSE = otomatis, TRUE = manual

relayOnTime = 0

server = WebServer(80)

bot = UniversalTelegramBot(telegramToken, clientSecure)

PROCEDURE setup():

MULAI Serial 115200

SET pin RELAY_PIN sebagai OUTPUT

SET pin LIGHT_SENSOR_PIN sebagai INPUT

MULAI sensor DHT

Hubungkan ke WiFi (ssid, password)

TUNGGU sampai koneksi berhasil

CETAK alamat IP ke Serial

Atur routing server:

"/" → handle_OnConnect

"/relayon" → handle_RelayOn

"/relayoff" → handle_RelayOff

"/togglemode" → handle_ToggleMode

notFound → handle_NotFound

Jalankan server HTTP

Aktifkan client Telegram tanpa SSL

LOOP utama:

Jalankan server.handleClient()

Jalankan handleTelegramBot()

IF manualMode == FALSE (otomatis) THEN

BACA sensor cahaya

BACA suhu (temperature)

BACA kelembaban (humidity)

IF data valid THEN

IF suhu $\leq 27^{\circ}\text{C}$ $\rightarrow$ relayStatus = OFF

ELSE IF ($27 < \text{suhu} < 31$) ATAU (kelembaban antara 75–85%)

ATAU (cahaya GELAP)

$\rightarrow$ relayStatus = ON

$\rightarrow$ simpan waktu relayOnTime

ELSE IF suhu $\geq 31^{\circ}\text{C}$ $\rightarrow$ relayStatus = OFF

IF kelembaban $\geq 95\%$ ATAU $< 30\%$

$\rightarrow$ relayStatus = OFF

ENDIF

IF relayStatus == ON DAN waktu aktif > 12 jam

$\rightarrow$ relayStatus = OFF

TULIS relayStatus ke pin relay

CETAK semua data sensor + status ke Serial Monitor

ENDIF

PROCEDURE handleTelegramBot():

Ambil pesan baru dari bot

UNTUK setiap pesan:

IF pesan "/start" $\rightarrow$ kirim instruksi

IF pesan "/on" $\rightarrow$ manualMode=TRUE, relay=ON

IF pesan "/off" $\rightarrow$ manualMode=TRUE, relay=OFF

IF pesan "/mode" $\rightarrow$ toggle manual/auto

IF pesan "/ip" → kirim alamat IP

ELSE kirim "Invalid command"

PROCEDURE handle_OnConnect():

BACA suhu, kelembaban, cahaya

KIRIM halaman HTML dengan data sensor + status

PROCEDURE handle_RelayOn():

manualMode = TRUE

relayStatus = OFF

TULIS relayStatus

KIRIM halaman HTML terbaru

PROCEDURE handle_RelayOff():

manualMode = TRUE

relayStatus = ON

TULIS relayStatus

KIRIM halaman HTML terbaru

PROCEDURE handle_ToggleMode():

Ubah manualMode menjadi kebalikan (TRUE/FALSE)

KIRIM halaman HTML terbaru

PROCEDURE handle_NotFound():

KIRIM pesan "404 Not Found"

FUNCTION SendHTML(relayStat, temperature, humidity, lightStatus,
mode):

Buat halaman HTML berisi:

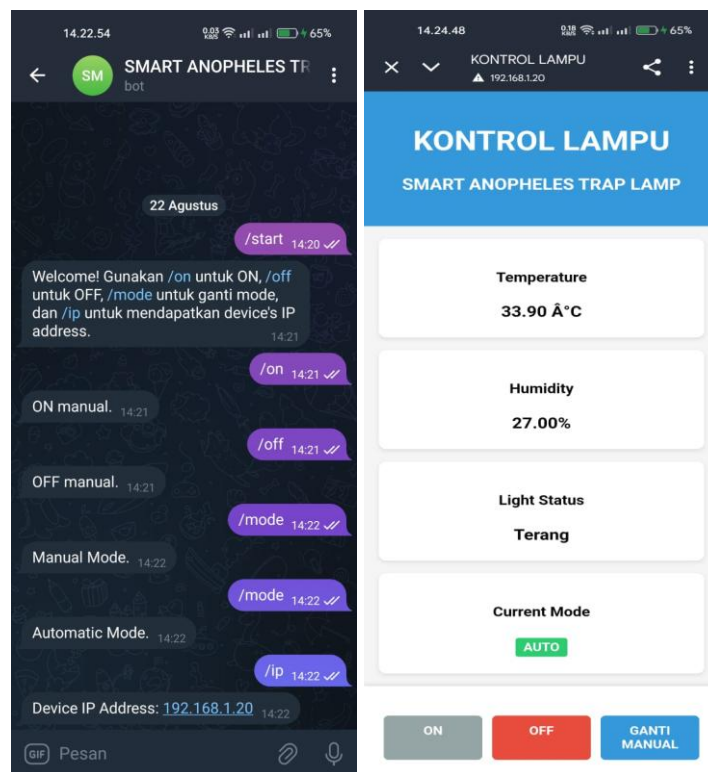
- Temperatur (°C)
- Kelembaban (%)
- Status cahaya (Terang/Gelap)
- Mode (Manual/Auto)
- Tombol kontrol ON, OFF, Ganti Mode

RETURN halaman HTML

END PROGRAM

4.2.3 Implementasi Sistem

Berikut ini adalah tampilan aplikasi sistem sebagai media monitor dan kendali jarak jauh bagi perangkat Smart Anopheles Trap Lamp yang telah dirancang.

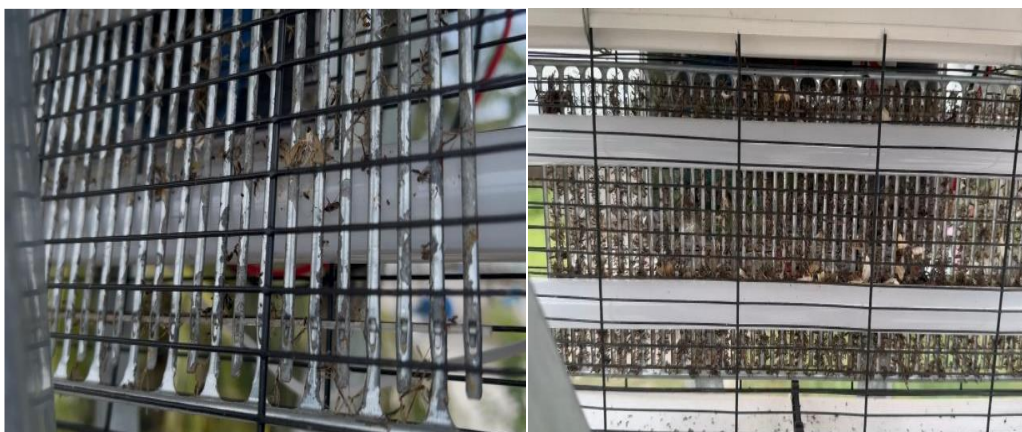


Gambar 4.4 Kontrol Smart Anopheles Trap Lamp.

Pada aplikasi Telegram dan web server ini dapat dilakukan monitoring terhadap perangkat Smart Anopheles Trap Lamp. Kita dapat melihat status perangkat apakah dalam keadaan ON atau keadaan OFF. Pada aplikasi ini user juga dapat mengotrol langsung perangkat Smart Anopheles Trap Lamp.

4.3 Pembahasan

Smart Anopheles Trap Lamp berbasis ESP32 telah terbukti efektif sebagai solusi inovatif dalam pengendalian nyamuk *Anopheles*, menggabungkan prinsip *green technology* dengan sistem kontrol pintar. Alat ini memanfaatkan UV-LED 375 nm yang diaktifkan secara otomatis oleh sensor LDR saat malam hari, dengan kinerja optimal pada kondisi lingkungan (suhu 27-31°C dan kelembaban 75-85%) yang dipantau oleh sensor DHT11. Dukungan energi surya melalui panel 50WP dan baterai SLA 10Ah menjamin keberlanjutan operasional, bahkan di daerah terpencil, sementara integrasi dengan *Bot Telegram* dan *Web Server* meningkatkan fleksibilitas pengawasan. Hasil pengujian menunjukkan efektivitas dalam mengurangi populasi nyamuk (50-100 ekor/malam) sekaligus mengatasi keterbatasan metode konvensional seperti ketergantungan bahan kimia dan biaya operasional tinggi. Dengan desain yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah, alat ini tidak hanya menjawab tantangan pengendalian vektor malaria di Desa Bagan Kuala, tetapi juga berpotensi direplikasi di berbagai daerah endemis lainnya, mendukung program eliminasi malaria nasional secara berkelanjutan.



Gambar 4.5 Smart Anopheles Trap Lamp setelah beroperasi satu malam.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Desa Bagan Kuala, dapat disimpulkan bahwa Smart Anopheles Trap Lamp berbasis ESP32 telah berhasil membuktikan efektivitasnya sebagai solusi inovatif dalam pengendalian nyamuk Anopheles. Alat ini mampu menangkap rata-rata 50-100 nyamuk per malam dengan kinerja optimal pada kondisi suhu 27-31°C dan kelembaban 75-85%. Keunggulan utama alat terletak pada konsep ramah lingkungan yang memanfaatkan energi surya dan menghindari penggunaan bahan kimia, sekaligus menawarkan efisiensi biaya operasional hingga 60% lebih hemat dibanding metode konvensional. Sistem kontrol pintar yang mengintegrasikan sensor DHT11 dan LDR dengan mikrokontroler ESP32 berfungsi dengan stabil dalam mengatur operasional alat secara otomatis, didukung kapasitas penyimpanan energi yang memadai untuk 2-3 hari operasi tanpa paparan sinar matahari. Respon positif dari 85% warga yang melaporkan penurunan gigitan nyamuk menunjukkan potensi penerapan yang baik di masyarakat. Untuk pengembangan selanjutnya, diperlukan peningkatan ketahanan komponen terhadap kondisi embun dan optimalisasi sistem untuk meningkatkan daya tangkap, serta perluasan implementasi ke daerah endemis malaria lainnya. Dengan berbagai kelebihan yang dimiliki, Smart Anopheles Trap Lamp layak menjadi solusi berkelanjutan dalam mendukung program eliminasi malaria nasional Indonesia.

5.2 Saran

Berikut adalah saran-saran untuk peningkatan dan pengembangan alat Smart Anopheles Trap Lamp di masa depan:

1. Meningkatkan kapasitas penyimpanan energi dengan menggunakan baterai lithium (LiFePO₄) yang lebih tahan lama dan efisien.
2. Meningkatkan arsitektur sistem yang memungkinkan banyak unit Smart Trap terhubung dalam satu jaringan (*mesh network*) yang dipantau dari satu dashboard pusat (web admin).
3. Rancang PCB khusus yang mengintegrasikan ESP32, driver relay, dan regulator tegangan dalam satu board. Buat desain yang modular sehingga mudah diperbaiki atau diganti bagian tertentu (seperti modul sensor atau modul power).

DAFTAR PUSTAKA

- Alimaturrahim, Achmad, M. I., & Hendrawan, N. (2024). *Penyengat nyamuk otomatis berbasis suhu dan kelembaban relatif ideal nyamuk terbang menggunakan arduino.*
- Andiyani, D. M. (2020). Pengaruh Jenis Cahaya Lampu dan Suhu Terhadap Kinerja Alat Perangkap Serangga (Light Trap) Berbasis Arduino pada Lahan Padi (*Oryza sativa* L.). In *[Skripsi, Universitas Jember], Jawa Timur.*
- Babiuch, M., Foltynnek, P., & Smutny, P. (2019). Using the ESP32 microcontroller for data processing. *Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference, ICCC 2019, May 2019.*
<https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>
- Fianti, Perdana, A. Y., Astuti, B., & Akhlis, I. (2021). Analysis of PWM- And MPPT-solar charge controller efficiency by simulation. *Journal of Physics: Conference Series, 1918(2).* <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/2/022004>
- Hameed, A. A., Sultan, A. J., & Bonneya, M. F. (2020). Design and Implementation a New Real Time Overcurrent Relay Based on Arduino. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 871(1).*
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/871/1/012005>
- Hasrul, R. (2021). Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri, 5(2), 79–87.*
- Herdanu, Y., & Yuniarto, W. (2025). *Rancang Bangun Perangkap Nyamuk Portabel dengan Sumber Listrik Utama dan Alternatif. 3(1), 205–218.*
- Ismailov, A. S., & Jo‘rayev, Z. B. (2022). Study of arduino microcontroller board.

“*Science and Education*” *Scientific Journal*, 3(3), 172–179.

www.openscience.uz

Mahendra, A., & Firmawati, N. (2022). Rancang Bangun Alat Mosquito Killer Menggunakan Buzzer dan Perangkap Lampu Violet. *Jurnal Fisika Unand*, 12(1), 70–76. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.70-76.2023>

Malaria. (2024). WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>

Pawar, S., Vidyapeeth, B., Nigade, A. S., Pawar, S. K., Sinharay, N., Dwivedi, A., & Sharma, V. (2022). Design of Dc-Dc Buck Converter for Application in Solar Water Pump. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management (IJSREM)*, 06(07). <https://www.researchgate.net/publication/366191535>

Pimnon, S., Ngoen-Klan, R., Sumarnrote, A., & Chareonviriyaphap, T. (2022). UV Light-Emitting-Diode Traps for Collecting Nocturnal Biting Mosquitoes in Urban Bangkok. *Insects*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/insects13060526>

Prastyo, E. A. (2022). *Pengertian, Jenis dan Cara Kerja Kabel Jumper Arduino*. Arduinoindonesia. <https://www.arduinoindonesia.id/2022/11/pengertian-jenis-dan-cara-kerja-kabel-jumper-arduino.html>

Qirom, & Albab, U. (2021). Rancang Bangun Alat Pengusir Nyamuk Berbasis Gelombang Ultrasonik Dan Uv Light Trap. *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, 10(1), 11–13.

Rahman, S. A., & Wahab, A. W. A. (2020). Mosquito killer with ultraviolet trap: A review of technology and effectiveness. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 3(2), 98–109.

Rizki, D. B., Lubis, M. R., & Andani, S. R. (2022). *Sensor Cahaya Berbasis*

Arduino Di Polres. 6, 1–11.

Salama, R., Altrjman, C., & Al-Turjman, F. (2023). An overview of the Internet of Things (IoT) and Machine to Machine (M2M) Communications. *NEU Journal for Artificial Intelligence and Internet of Things*, 2(3).
<https://dergi.neu.edu.tr/index.php/aiit/article/view/728>

Sirmayanti, S., Mimsyad, M., Saputra, M. R., Putri, K., & Dewi, K. (2023). *Purwarupa Sistem Perangkap & Pembasmi Nyamuk Otomatis Berbasis Arduino Uno.* 9(Dc), 216–222.

Waspada. (2024). *Cegah Malaria Di Kawasan Mangrove Melaui Edukasi Dan Pemeriksaan Kesehatan Di Bagan Kuala.* Www.Waspada.Id.
<https://www.waspada.id/sumut/cegah-malaria-di-kawasan-mangrove-melaui-edukasi-dan-pemeriksaan-kesehatan-di-bagan-kuala/>

Yusuff, M. (2023). *IoT-Driven Mosquito Control Solutions in Urban Areas.* 8–11.

Zaenudin, Beni Iskandar Firdaus Lubis, L. D. S. (2021). Design and Build a Web-Based Medical Record Information System Using Codeigniter and Bootstrap. *Jurnal Mantik*, 5(3), 2047–2052.

LAMPIRAN

Berikut ini adalah program dari alat Smart Anopheles Trap Lamp

```

1  #include <WiFi.h>
2  #include <WebServer.h>
3  #include <DHT.h>
4  #include <UniversalTelegramBot.h>
5  #include <WiFiClientSecure.h>
6
7  /* Put your SSID & Password */
8  const char* ssid = " "; // Enter SSID here
9  const char* password = " "; // Enter Password here
10
11 /* Telegram Bot Token */
12 const char* telegramToken = " "; // Ganti dengan Token Bot Telegram Anda
13
14 WiFiClientSecure client;
15 UniversalTelegramBot bot(telegramToken, client);
16
17 WebServer server(80);
18
19 #define DHTPIN 14
20 #define DHTTYPE DHT11
21 #define LIGHT_SENSOR_PIN 34
22 #define RELAY_PIN 4
23
24 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
25 bool relayStatus = LOW;
26 bool manualMode = false; // true = manual, false = automatic
27
28 unsigned long relayOnTime = 0; // Waktu ketika relay terakhir dinyalakan
29 const unsigned long relayDuration = 43200000; // Durasi 12 jam dalam milidetik
30
31 void setup() {
32   Serial.begin(115200);
33   pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
34   pinMode(LIGHT_SENSOR_PIN, INPUT);
35
36   dht.begin();
37
38   WiFi.begin(ssid, password);
39   Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
40   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
41     delay(500);
42     Serial.print(".");
43   }
44   Serial.println("\nConnected to Wi-Fi");
45   Serial.print("IP Address: ");
46   Serial.println(WiFi.localIP());
47
48   server.on("/", handle_OnConnect);
49   server.on("/relayon", handle_RelayOn);
50   server.on("/relayoff", handle_RelayOff);
51   server.on("/togglemode", handle_ToggleMode);
52   server.onNotFound(handle_NotFound);
53
54   server.begin();
55   Serial.println("HTTP server started");
56
57   client.setInsecure(); // Disable certificate verification for Telegram Bot
58 }
59
60 void loop() {
61   server.handleClient();
62   handleTelegramBot();
63
64   if (!manualMode) {
65     int lightStatus = digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN);
66     float temperature = dht.readTemperature();
67     float humidity = dht.readHumidity(); // Tambahkan pembacaan kelembaban
68
69     if (isnan(temperature) && isnan(humidity)) { // Pastikan suhu dan kelembaban valid
70       // Matikan relay jika suhu <= 27°C
71       if (temperature <= 27.0) {
72         relayStatus = HIGH; // Matikan relay
73       }
74       // Nyalakan relay jika suhu antara 27-31°C ATAU kelembaban 75-85% ATAU kondisi gelap
75       else if ((temperature > 27.0 && temperature < 31.0) ||
76              (humidity >= 75.0 && humidity <= 85.0) ||
77              lightStatus == HIGH) {
78         relayStatus = LOW; // Nyalakan relay
79         relayOnTime = millis(); // Catat waktu relay menyala
80       }
81       // Matikan relay jika suhu >= 27°C
82       else if (temperature >= 27.0) {
83         relayStatus = HIGH; // Matikan relay
84       }
85
86       // Matikan relay jika kelembaban >= 95% ATAU kelembaban < 40%
87       if (humidity >= 95.0 || humidity < 40.0) {
88         relayStatus = HIGH; // Matikan relay jika kelembaban di Luar range 30-95%
89       }
90     }
91
92     // Matikan relay jika durasi waktu aktif sudah terlampau
93     if (relayStatus == LOW && (millis() - relayOnTime >= relayDuration)) {
94       relayStatus = HIGH; // Matikan relay
95     }
96   }
97 }

```

```

96
97 // Terapkan status relay
98 digitalWrite(RELAY_PIN, relayStatus);
99
100 // Debugging ke Serial Monitor
101 Serial.print("Mode: ");
102 Serial.println(manualMode ? "Manual" : "Automatic");
103 Serial.print("Temperature: ");
104 Serial.print(temperature);
105 Serial.println(" °C");
106 Serial.print("Humidity: ");
107 Serial.print(humidity);
108 Serial.println(" %");
109 Serial.print("Light Status: ");
110 Serial.println(lightStatus == HIGH ? "Gelap" : "Terang");
111 Serial.print("Lampu Status: ");
112 Serial.println(relayStatus == LOW ? "ON" : "OFF");
113 }
114 }
115
116 void handleTelegramBot() {
117   int numNewMessages = bot.getUpdates(bot.last_message_received + 1);
118
119   for (int i = 0; i < numNewMessages; i++) {
120     String chat_id = bot.messages[i].chat_id;
121     String text = bot.messages[i].text;
122
123     if (text == "/start") {
124       bot.sendMessage(chat_id, "Welcome! Gunakan /on untuk ON, /off untuk OFF,
125       /mode untuk ganti mode, dan /ip untuk mendapatkan device's IP address.", "");
126     } else if (text == "/on") {
127       manualMode = true;
128       relayStatus = LOW;
129       digitalWrite(RELAY_PIN, relayStatus);
130       bot.sendMessage(chat_id, "ON manual.", "");
131     } else if (text == "/off") {
132       manualMode = true;
133       relayStatus = HIGH;
134       digitalWrite(RELAY_PIN, relayStatus);
135       bot.sendMessage(chat_id, "OFF manual.", "");
136     } else if (text == "/mode") {
137       manualMode = !manualMode;
138       bot.sendMessage(chat_id, manualMode ? "Manual Mode." : "Automatic Mode.", "");
139     } else if (text == "/ip") {
140       String localIP = WiFi.localIP().toString();
141       bot.sendMessage(chat_id, "Device IP Address: " + localIP, "");
142     } else {
143       bot.sendMessage(chat_id, "Invalid command. Use /on, /off, /mode, or /ip.", "");
144     }
145   }
146 }
147
148 void handle_OnConnect() {
149   float temperature = dht.readTemperature();
150   float humidity = dht.readHumidity();
151   int lightStatus = digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN);
152
153   if (isnan(temperature)) {
154     temperature = -1; // Indicate error
155   }
156   if (isnan(humidity)) {
157     humidity = -1; // Indicate error
158   }
159
160   server.send(200, "text/html", SendHTML(relayStatus, temperature, humidity, lightStatus, manualMode));
161 }
162
163 void handle_RelayOn() {
164   manualMode = true;
165   relayStatus = HIGH;
166   digitalWrite(RELAY_PIN, relayStatus);
167   server.send(200, "text/html", SendHTML(relayStatus, dht.readTemperature(), dht.readHumidity(), digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN), manualMode));
168   Serial.println("OFF manual");
169 }
170
171 void handle_RelayOff() {
172   manualMode = true;
173   relayStatus = LOW;
174   digitalWrite(RELAY_PIN, relayStatus);
175   server.send(200, "text/html", SendHTML(relayStatus, dht.readTemperature(), dht.readHumidity(), digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN), manualMode));
176   Serial.println("ON manual");
177 }
178
179 void handle_ToggleMode() {
180   manualMode = !manualMode; // Toggle the mode
181   server.send(200, "text/html", SendHTML(relayStatus, dht.readTemperature(), dht.readHumidity(), digitalRead(LIGHT_SENSOR_PIN), manualMode));
182   Serial.print("Switched to ");
183   Serial.println(manualMode ? "Manual Mode" : "Automatic Mode");
184 }
185
186 void handle_NotFound() {

```

```

187 server.send(404, test/plain + "Not found");
188 }
189
190 String SendHTML(bool relayStat, float temperature, float humidity, int lightStatus, bool mode) {
191     String ptr = "<!DOCTYPE html><html>\n";
192     ptr += "<head>\n";
193     ptr += "<meta name='viewport' content='width=device-width, initial-scale=1.0, user-scalable=yes'>\n";
194     ptr += "<title>KONTROL LAMPUK</title>\n";
195     ptr += "<style>\n";
196     ptr += "html { font-family: Arial, sans-serif; margin: 0; padding: 0; height: 100%; }\n";
197     ptr += "body { background-color: #f5f5f5; margin: 0; padding: 0; min-height: 100%; display: flex; flex-direction: column; }\n";
198     ptr += ".header { background-color: #f5f5f5; color: white; padding: 5px; text-align: center; }\n";
199     ptr += ".container { display: grid; grid-template-columns: repeat(auto-fit, minmax(200px, 1fr)); gap: 15px; padding: 15px; flex: 1; }\n";
200     ptr += ".card { background: white; border-radius: 8px; padding: 15px; box-shadow: 0 2px 5px #000; text-align: center; }\n";
201     ptr += ".control-panel { background: white; padding: 20px; margin-top: auto; box-shadow: 0 -2px 5px #000; text-align: center; }\n";
202     ptr += ".button-group { display: flex; justify-content: center; gap: 10px; margin-top: 15px; }\n";
203     ptr += ".button { flex: 1; max-width: 120px; padding: 12px; border: none; border-radius: 5px; color: white; font-weight: bold; cursor: pointer; text-decoration: none; text-align: center; }\n";
204     ptr += ".button-off { background-color: #95a5a6; color: white; }\n";
205     ptr += ".button-on { background-color: #2ecc71; color: white; }\n";
206     ptr += ".button-mode { background-color: #34495e; color: white; }\n";
207     ptr += ".status { font-size: 18px; margin: 5px 0; }\n";
208     ptr += ".status-value { font-weight: bold; }\n";
209     ptr += ".mode-indicator { display: inline-block; padding: 3px 8px; border-radius: 3px; font-size: 14px; }\n";
210     ptr += ".auto { background-color: #2ecc71; color: white; }\n";
211     ptr += ".manual { background-color: #34495e; color: white; }\n";
212     ptr += ".rules { background: white; padding: 15px; border-radius: 8px; margin-top: 15px; }\n";
213     ptr += "@media (max-width: 600px) {\n";
214     ptr += ".container { grid-template-columns: 1fr; }\n";
215     ptr += ".button { padding: 10px; font-size: 14px; }\n";
216     ptr += "}\n";
217     ptr += "</style>\n";
218     ptr += "</head>\n";
219     ptr += "<body>\n";
220     ptr += "<div class='header'>\n";
221     ptr += "<h2>KONTROL LAMPUK</h2>\n";
222     ptr += "<h3>LAMPU PERANGKAP NYAWAK BERBASIS Iot</h3>\n";
223     ptr += "</div>\n";
224
225     ptr += "<div class='container'>\n";
226
227     // Temperature Card
228     ptr += "<div class='card'>\n";
229     ptr += "<h4>Temperature</h4>\n";
230     ptr += "<p class='status'><span class='status-value'> " + String(temperature) + " °C</span></p>\n";
231     ptr += "</div>\n";
232
233     // Humidity Card
234     ptr += "<div class='card'>\n";
235     ptr += "<h4>Humidity</h4>\n";
236     ptr += "<p class='status'><span class='status-value'> " + String(humidity) + "%</span></p>\n";
237     ptr += "</div>\n";
238
239     // Light Status Card
240     ptr += "<div class='card'>\n";
241     ptr += "<h4>Light Status</h4>\n";
242     ptr += "<p class='status'><span class='status-value'> " + String((lightStatus == LOW) ? "Terang" : "Gelap") + "</span></p>\n";
243     ptr += "</div>\n";
244
245     // Mode Status Card
246     ptr += "<div class='card'>\n";
247     ptr += "<h4>Current Mode</h4>\n";
248     ptr += "<p class='status'><span class='status-value'> ";
249     ptr += "<p class='mode-indicator manual'>MANUAL</span> " + "<span class='mode-indicator auto'>AUTO</span>";
250     ptr += "</p>\n";
251     ptr += "</div>\n";
252
253     ptr += "</div>\n"; // Close container
254
255     ptr += "<div class='control-panel'>\n";
256     ptr += "<div class='button-group'>\n";
257     ptr += "<a class='button button-on' href='\"#\"'>Relay On</a>\n";
258     ptr += "<a class='button button-off' href='\"#\"'>Relay Off</a>\n";
259     ptr += "<a class='button button-mode' href='\"#\"'>Toggle Mode</a>\n";
260     ptr += "(mode) ? \"GANITI AUTO\" : \"GANITI MANUAL\";\n";
261     ptr += "</a>\n";
262     ptr += "</div>\n"; // Close button-group
263
264     ptr += "</div>\n"; // Close control-panel
265     ptr += "</body>\n";
266     ptr += "</html>\n";
267     return ptr;
268 }

```