

SKRIPSI

**PEMANFAATAN TECHNO PEST CONTROL UNTUK
PROTEKSI TANAMAN BAWANG MERAH BERBASIS IOT
(STUDI KASUS : LAHAN PERTANIAN DI DAERAH
ENREKANG)**

Disusun dan diajukan oleh:

**TRY REZKI RAHMAWATI TAMRIN
D121 18 1338**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PEMANFAATAN TECHNO PEST CONTROL UNTUK PROTEKSI TANAMAN BAWANG MERAH BERBASIS IOT (STUDI KASUS : LAHAN PERTANIAN DI DAERAH ENREKANG)

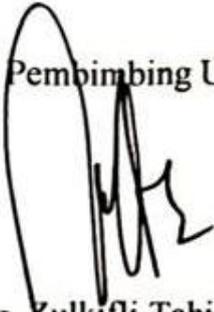
Disusun dan diajukan oleh

Try Rezki Rahamawati Tamrin
D121 18 1338

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 25 November 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Zulkifli Tahir, S.T., M.Sc.
NIP 19840403201012 1 004

Pembimbing Pendamping,



Elly Warni, S.T., M.T.
NIP 19820216200812 2 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Indrabayu, ST., MT., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng.
NIP 19750716200212 1 004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Try Rezki Rahmawati Tamrin

NIM : D121181338

Program Studi : Teknik Informatika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Pemanfaatan Techno Pest Control Untuk Proteksi Tanaman Bawang Merah
Berbasis IoT (Studi Kasus : Lahan Pertanian Di Daerah Enrekang) }

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa,25 November 2024

Yang Menyatakan



Try Rezki Rahmawati Tamrin

ABSTRAK

TRY REZKI RAHMAWATI TAMRIN. *Pemanfaatan Techno Pest Control Untuk Proteksi Tanaman Bawang Merah Berbasis Iot (Studi Kasus : Lahan Pertanian Di Daerah Enrekang)* (dibimbing oleh Zulkifli Tahir dan Elly Warni)

Tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang banyak dihasilkan para petani di Indonesia. Bawang merah merupakan salah satu potensi hasil pertanian dan perkebunan terbesar yang ada di Kabupaten Enrekang. Kenaikan produksi berbanding lurus dengan luas panen, dimana pada tahun 2019 terjadi kenaikan sebesar 8,7% dan kenaikan produksi sebesar 28,5% pada tahun 2020. Peningkatan luas lahan juga berdampak pada peningkatan penggunaan pestisida dalam upaya penanggulangan hama bawang merah. Akibat dari serangan hama menyebabkan penurunan hasil produksi yang tidak sedikit.

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat *techno pest control* berbasis IoT sebagai upaya pengendalian hama yang dapat di *monitoring* dan *controlling* secara jarak jauh. *Techno pest control* berbasis IoT dibangun menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor LDR dan sensor hujan dalam membaca data sebagai *input*, kemudian lampu LED strip UV dan jaring kawat elektrik sebagai *output*.

Data hasil pembacaan sensor dapat di *monitoring* secara langsung melalui LCD yang disematkan pada alat, juga dapat di *monitoring* secara jarak jauh melalui *Blynk App* dan *platform ThingSpeak*. Kemudian sistem dapat dikontrol melalui *Blynk App*.

Hasil akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki akurasi sebesar 99,11%, dan aktif jika sensor mendeteksi objek (hama) hingga jarak 20 cm. Kemudian sensor LDR dapat membaca dan menampilkan data sensor dengan baik serta memberikan *output* yaitu sistem aktif apabila mendeteksi cahaya gelap. Sensor hujan juga dapat menampilkan status sensor dengan baik, dan mendeteksi apabila ukuran air yang mengenai sensor sebesar $\geq 0,5$ ml sehingga *output* yang dihasilkan adalah sistem tidak aktif. Adapun hasil pengujian alat terhadap hama yang menunjukkan bahwa hama mati dengan bantuan lampu LED strip UV sebagai pemikat hama untuk mendekat pada jaring kawat. Hasil dari pengujian alat pada hari pertama didapatkan 40 hama mati yang mana hasil tersebut merupakan jumlah tertinggi yang didapatkan selama pengujian alat di lahan. Hal ini menunjukkan bahwa *techno pest control* dapat berjalan dengan baik.

Kata Kunci: *Techno Pest Control, Internet of Things (IoT), Sistem Monitoring dan Controlling*

ABSTRACT

TRY REZKI RAHMAWATI TAMRIN. *Utilization of Techno Pest Control for IoT-Based Shallot Plant Protection (Case Study: Agricultural Land in the Enrekang Area)* (supervised by Zulkifli Tahir and Elly Warni)

The shallot plant (*Allium ascalonicum*) is one of the horticultural crops that is produced by many farmers in Indonesia. Shallots are one of the largest potential agricultural and plantation products in Enrekang Regency. The increase in production is directly proportional to the harvested area, where in 2019 there was an increase of 8.7% and an increase in production of 28.5% in 2020. The increase in land area also has an impact on increasing the use of pesticides in efforts to control shallot pests. The impact of pest attacks causes a significant reduction in production yields.

Therefore, this research aims to design and create IoT-based techno pest control as a pest control effort that can be monitored and controlled remotely. IoT-based techno pest control was built using the HC-SR04 ultrasonic sensor, LDR sensor and rain sensor to read data as input, then UV LED strip lights and electric wire mesh as output.

Data from sensor readings can be monitored directly via the LCD embedded in the tool, and can also be monitored remotely via the Blynk App and the ThingSpeak platform. Then the system can be controlled via the Blynk App.

The accuracy results of the HC-SR04 ultrasonic sensor have an accuracy of 99.11%, and are active if the sensor detects an object (pest) up to a distance of 20 cm. Then the LDR sensor can read and display sensor data properly and provide output, namely the system is active when it detects dark light. The rain sensor can also display the sensor status properly, and detect if the size of the water hitting the sensor is ≥ 0.5 ml so that the resulting output is that the system is inactive. The results of testing the tool against pests showed that the pests were killed with the help of UV LED strip lights as a lure for the pests to come closer to the wire mesh. The results of testing the equipment on the first day showed that 40 dead pests were found, which was the highest result obtained during testing the equipment in the field. This shows that techno pest control can work well.

Keywords: Techno Pest Control, *Internet of Things* (IoT), Monitoring and Controlling System

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	8
2.2 Bawang Merah.....	9
2.3 Mikrokontroler Arduino.....	12
2.4 Wemos D1 Mini.....	16
2.5 Panel Surya.....	17
2.6 Solar Charge Controller (SCC).....	18
2.7 Baterai Aki (Accumulator).....	19
2.8 Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>).....	19
2.9 Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	21
2.10 Sensor Hujan (<i>Raindrop Sensor</i>).....	23
2.11 LCD 16 x 2 (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	24
2.12 Relay.....	25
2.13 Raket Nyamuk.....	26
2.14 Lampu LED Strip UV.....	27
2.15 BLYNK.....	27
2.17 <i>ThingSpeak</i>	29
2.18 <i>Techno Pest Control</i> berbasis IoT.....	30
2.19 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	32
3.1 Tahapan Penelitian.....	32
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	33
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.4 Persiapan Penelitian.....	35
3.5 Perancangan dan Pembuatan Sistem.....	35
3.6 Prinsip Kerja <i>Techno Pest Control</i>	52
3.7 Skenario Pengujian.....	53
3.8 Skenario <i>Techno Pest Control</i> Dalam Mengamankan Lahan.....	54
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN.....	55

4.1 Hasil Rancang Bangun Alat	55
4.2 Pengujian Sistem.....	56
4.3 Tampilan <i>Monitoring</i> dan <i>Controlling</i>	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Telur, larva dan imago <i>S.exigua</i>	10
Gambar 2. Gejala serangan <i>S.exigua</i>	11
Gambar 3. Larva <i>Spodoptera Litura</i>	12
Gambar 4. Arduino Mega 2560	13
Gambar 5. Tampilan Arduino IDE.....	15
Gambar 6.a. Wemos D1 Mini tampak atas, b. Wemos D1 Mini tampak bawah ..	16
Gambar 7. Panel Surya.....	17
Gambar 8. <i>Solar Charge Controller</i>	18
Gambar 9. Baterai aki jenis MF (<i>Maintenance Free</i>).....	19
Gambar 10. Sensor LDR dan simbolnya.....	20
Gambar 11. Sensor ultrasonik HC-SR04	21
Gambar 12. Cara kerja sensor ultrasonik HC-SR04	22
Gambar 13. <i>Raindrop</i> sensor.....	23
Gambar 14. LCD 16x2 dan Modul I2C	24
Gambar 15. Relay 2 Channel	25
Gambar 16. Kondisi Relay saat NO dan NC.....	26
Gambar 17. Raket Nyamuk.....	26
Gambar 18. Lampu LED Strip 12V	27
Gambar 19. Blynk	28
Gambar 20. <i>ThingSpeak</i>	29
Gambar 21. Tahapan penelitian	32
Gambar 22. Lokasi pengambilan data.....	34
Gambar 23. Diagram blok sistem.....	36
Gambar 24. Desain prototipe alat.....	38
Gambar 25. Desain prototipe alat tampak belakang	39
Gambar 26. Desain prototipe alat tampak atas.....	39
Gambar 27. Flowchart sistem	40
Gambar 28 Desain skematik sumber energi sistem	44
Gambar 29. Desain skematik sensor node	45
Gambar 30. Desain skematik aktuator node	47
Gambar 31. Library Blynk	49
Gambar 32. Menampilkan data sensor pada <i>Blynk App</i>	50
Gambar 33. Menampilkan data sensor pada <i>ThingSpeak</i>	51
Gambar 34. a. Alat tampak depan, b. Alat tampak belakang.....	55
Gambar 35. Kotak komponen dan rangkaian alat.....	56
Gambar 36. Grafik perbandingan alat ukur dan sensor ultrasonik HC-SR04.....	60
Gambar 37. Grafik selisih jarak antara alat ukur dan sensor ultrasonik HC-SR04	60
Gambar 38. Grafik data hasil pengujian alat terhadap hama	65
Gambar 39. Tampilan pada <i>Blynk App</i>	66
Gambar 40. a Tampilan notifikasi pada <i>Blynk App</i> , b. Tampilan notifikasi diluar <i>Blynk App</i>	67
Gambar 41. Tampilan data sensor pada <i>ThingSpeak</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi arduino mega 2560	14
Tabel 2. Spesifikasi Wemos D1 Mini	17
Tabel 3. Spesifikasi sensor LDR	20
Tabel 4. Spesifikasi sensor ultrasonic HC-SR04	22
Tabel 5. Spesifikasi sensor hujan	23
Tabel 6. Spesifikasi LCD 16x2	25
Tabel 7. Daftar rancangan tindakan dari sistem	37
Tabel 8. Daftar komponen pada perangkat sensor node	42
Tabel 9. <i>Wiring</i> antar sensor HC-SR04 dan arduino mega 2560.....	42
Tabel 10. <i>Wiring</i> antar Sensor LDR dan Arduino Mega 2560	43
Tabel 11. <i>Wiring</i> antar Sensor Hujan dan Arduino Mega 2560.....	43
Tabel 12. <i>Wiring</i> antar LCD 16x2 I2C dan Arduino Mega 2560	44
Tabel 13. Komponen aktuator node	45
Tabel 14. <i>Wiring</i> antar Relay 2 Channel dengan Arduino Mega 2560.....	46
Tabel 15. <i>Wiring</i> antara Relay 1 Channel dan Arduino Mega 2560.....	46
Tabel 16. <i>Wiring</i> antar relay 2 channel dengan jaring kawat.....	46
Tabel 17. <i>Wiring</i> antar relay 1 channel dengan lampu LED strip UV	47
Tabel 18. <i>Wiring</i> antar kaki negatif dari setiap aktuator	47
Tabel 19. Data hasil pengujian sensor LDR.....	57
Tabel 20. Data perbandingan hasil baca sensor ultrasonik HC-SR04 dan alat ukur meteran.....	58
Tabel 21. Data hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 terhadap jaring kawat elektrik	61
Tabel 22. Data hasil pengujian sensor hujan.....	61
Tabel 23. Data hasil pengujian sistem secara manual	62
Tabel 24. Data hasil pengujian sistem secara otomatis.....	63
Tabel 25. Data hasil pengujian alat terhadap hama.....	64

DAFTAR SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AC	<i>Alternating Current</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
cm	<i>centimeter</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DIY	Daerah Istimewa Yogyakarta
gr	<i>gram</i>
ha	hektar
HTTP	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
I2C	<i>Inter Integrated Circuit</i>
ICSP	<i>In Circuit Serial Programming</i>
ID	<i>Identification</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
iOS	<i>iPhone Operating System</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
KB	<i>Kilobyte</i>
Khz	<i>Kilohertz</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
m	<i>meter</i>
mA	<i>miliampere</i>
Mb	<i>Megabyte</i>
ml	<i>mililiter</i>
mm	<i>milimeter</i>
MF	<i>Maintenance Free</i>

Mhz	<i>Megahertz</i>
n	Jumlah data
NC	<i>Normal Closed</i>
nm	nanometer
NO	<i>Normal Open</i>
NTB	Nusa Tenggara Barat
OPT	Organisme Pengganggu Tanaman
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PHT	Pengendalian Hama Terpadu
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RMSE	<i>Root Mean Square Error</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
S	Jarak antara sensor dengan objek (m)
SCC	<i>Solar Charge Controller</i>
t	Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari transmitter
UV	<i>Ultraviolet</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Volt
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WP	<i>Watt Peak</i>
x_i	Nilai Sebenarnya
\hat{x}_i	Nilai Prediksi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian Alat pada Lahan.....	75
Lampiran 2 Hasil Pengujian Alat Terhadap Hama di Lahan	76
Lampiran 3 Kode Arduino Mega 2560	83
Lampiran 4 Kode Program Wemos D1 Mini	85
Lampiran 5 Surat Penugasan.....	88
Lampiran 6 Berita Acara Seminar Hasil	89
Lampiran 7 Surat Izin Ujian Skripsi	90
Lampiran 8 Berita Acara Ujian Sidang.....	91
Lampiran 9 Logbook.....	92

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul **“PEMANFAATAN TECHNO PEST CONTROL UNTUK PROTEKSI TANAMAN BAWANG MERAH BERBASIS IOT (STUDI KASUS : LAHAN PERTANIAN DI DAERAH ENREKANG)”** dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir. Oleh karenanya, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sangat besar kepada:

1. Orang tua penulis, Ibu St Halija dan juga Nenek Seleng yang tidak pernah lelah mendidik dan memberikan doa, dukungan, serta semangat kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Zulkifli Tahir, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama sekaligus Pembimbing Akademik penulis yang selalu membimbing dan menyediakan waktu, tenaga, dan perhatian yang luar biasa selama masa perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Elly Warni, S.T., M.T., selaku pembimbing pendamping yang selalu menyediakan waktu, pikiran dan perhatian dalam mengarahkan penulis menyelesaikan tugas akhir.
4. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu semasa perkuliahan dan dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Kepada Jumadil Muharram Tamrin, Rivaldi Rajab Tamrin, dan Hasbi Agung selaku saudara penulis yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi, serta membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir.
6. Dea Nurhikma, Alisya, dan Rahmadani yang senantiasa memberikan dukungan, serta hiburan dalam proses penyusunan tugas akhir.

7. Kepada Nurfaidah, Mardiani, Nurul Utami, Nur Hikma, Sri Rahayu, Kamtina, dan Pirda yang memberikan begitu banyak bantuan, semangat, dan juga hiburan selama penyusunan tugas akhir.
8. Fadila Ramadhani dan Indah Mulya yang telah memberikan semangat dan menjadi pendengar yang baik bagi penulis.
9. Wira Satya Trialmi, Syahril Saputra, Yanuarsyah, Nurul Fauzan, Ichsan Noer, dan Amdar Febriansyah yang telah memberikan bantuan kepada penulis.
10. Rara Ayu Samudra, Sri Wahyuni, Nur Azizah, dan Antika yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam pembuatan sketsa alat dan pengambilan data.
11. Teman-teman Synchronous 18 yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan, atas bantuan dan pengalaman yang diberikan.
12. Kepada diri sendiri Try Rezki Rahmawati Tamrin yang telah bertahan dan menikmati proses panjang serta menghadapi berbagai hambatan selama pengerjaan tugas akhir, dan terimakasih karena telah bertanggung jawab menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Semua pihak yang tidak sempat disebutkan dan tanpa sadar telah menjadi inspirasi serta banyak membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga diharapkan segala bentuk saran dan masukan yang membangun dari berbagai pihak. Penulis mengharapakan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya, dan bagi pembaca pada umumnya, serta memberikan manfaat besar bagi kepentingan bersama.

Gowa, 25 November 2024



Penulis,
Try Rezki Rahmawati Tamrin

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan revolusi industri 4.0 di Indonesia ditekankan di berbagai bidang diantaranya bidang kesehatan, pendidikan, sosial, ekonomi, transportasi, perikanan, dan pertanian. Pertanian merupakan pondasi dasar ekonomi bangsa, dengan pembangunan pertanian yang baik akan berimbas pada perekonomian yang stabil. Sejarah membuktikan pengaruh pertanian terhadap perekonomian suatu bangsa berbanding lurus, bangsa dapat dikatakan menjadi bangsa yang maju apabila seluruh kebutuhan primer rakyatnya terpenuhi yaitu kebutuhan pangan (Puspitasari, 2020).

Pada bidang pertanian, tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang banyak dihasilkan para petani di Indonesia. Bawang merah merupakan salah satu jenis sayuran yang sangat dibutuhkan oleh hampir semua kalangan yang secara umum digunakan sebagai bumbu dapur penyedap makanan dalam kehidupan sehari-hari. Terkadang juga bawang merah digunakan masyarakat Indonesia sebagai obat tradisional (sebagai obat luka, penurun demam, pengontrol kadar kolesterol, penurun gula darah atau diabetes, serta pencegah kanker) karena mengandung Kromium, Vit C, dan Allisin yang bersifat antibakteri dan antioksidan yang dapat membantu menangkal radikal bebas serta meningkatkan daya tahan tubuh (Aryanta, 2019). Banyaknya kegunaan bawang merah dalam kehidupan manusia membuat permintaan terhadap komoditas ini makin bertambah, sehingga pasarnya terbuka luas baik untuk pasar dalam negeri maupun pasar luar negeri .

Bawang merah dihasilkan di 24 provinsi di Indonesia. Provinsi penghasil utama bawang merah yang luas areanya di atas 1.000 hektare (ha) per tahun, di antaranya adalah Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Jawa Timur, Bali, NTB, dan Sulawesi Selatan (Enrekang). Kesembilan provinsi ini menyumbang 95,8% dari produksi total bawang merah di Indonesia (Kementerian Perdagangan, 2020).

Bawang merah merupakan salah satu potensi hasil pertanian dan perkebunan terbesar yang ada di Kabupaten Enrekang. Dilihat pada tahun 2019

luas panen bawang merah di Kabupaten Enrekang mencapai 7.605 hektar, naik 15% dibanding tahun 2018 sebanyak 6.610 hektar. Terjadi kenaikan produksi yang berbanding lurus dengan luas panen, dimana pada tahun 2019 mencapai 80.000 ton, terjadi kenaikan sebesar 8,7% jika dibandingkan dengan produksi tahun 2018 sebanyak 73.581 ton. Pada tahun 2020 juga terjadi kenaikan produksi sebesar 28,5% sebanyak 102.872 ton (BPS Kabupaten Enrekang, 2020). Dari data tersebut dapat dilihat bahwa Kabupaten Enrekang mengalami kenaikan produksi dan dapat diprediksi akan terus meningkat disetiap tahunnya. Dengan adanya peningkatan produksi berarti lahan budidaya bawang merah juga akan meningkat. Peningkatan luas lahan tersebut juga akan berdampak pada peningkatan penggunaan pestisida yang digunakan petani dalam upaya penanggulangan hama bawang merah.

Dalam budidaya bawang merah juga tidak terlepas dari beberapa kendala, salah satu diantaranya adalah serangan OPT (Organisme Pengganggu Tumbuhan). Kehilangan hasil yang disebabkan oleh serangan OPT pada bawang merah cukup besar, yakni berkisar antara 20-100%, tergantung bagaimana cara pengelolaannya. Menurut salah satu petani bawang merah di Enrekang bahwa akibat dari serangan hama ulat menyebabkan penurunan hasil produksi yang tidak sedikit, didapatkan data produksi antara 7 – 8 ton/ha, namun apabila terdapat serangan hama maka hasil produksi menurun hingga 4 – 5 ton/ha. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa serangan hama sangat berpengaruh pada hasil produksi.

Hama yang paling banyak merusak bawang merah di Kabupaten Enrekang adalah ulat. Hama ulat tersebut merupakan hasil metamorfosis dari ngengat. Adapun gejala serangan dari hama tersebut yakni bagian tanaman yang terserang terutama daunnya, baik daun pada tanaman yang masih muda ataupun yang sudah tua. Setelah menetas dari telur, ulat muda segera melubangi bagian ujung daun lalu masuk ke dalam daun bawang, sehingga ujung daun tampak berlubang/terpotong. Ulat akan menggerek permukaan bagian dalam daun, sedangkan epidermis luar ditinggalkannya. Akibat serangan tersebut daun bawang terlihat menerawang tembus cahaya atau terlihat bercak-bercak putih, akhirnya daun menjadi terkulai. Awalnya ulat berkumpul. Setelah isi daun habis, ulat segera menyebar dan juga memakan umbi.

Untuk mengatasi kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh hama tersebut, petani mengambil langkah dengan melakukan penyemprotan menggunakan pestisida untuk mencegah serangan hama dan kegagalan panen. Manfaat serta pengaruh dari pestisida memang besar, sehingga menjadi faktor penentu tingginya hasil dan kualitas produk. Penggunaan pestisida juga memberikan dampak negatif yang dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan, pencemaran lingkungan dan juga akan meninggalkan residu pada tanaman bawang merah dan pada tanah serta lingkungan disekitarnya.

Salah satu upaya untuk meningkatkan daya saing bawang merah adalah melalui pengembangan dan penerapan teknologi Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Dilihat dari sisi perundang-undangan, PHT telah memperoleh dukungan yang kuat dari pemerintah melalui Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan, PP No. 6 tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman, dan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 887/Kpts/TP.120/9/1997 Tentang Pedoman Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan.

Berdasarkan latar belakang ini, maka penulis tertarik untuk membuat sebuah sistem yang dapat memudahkan petani bawang merah dalam upaya pengendalian hama. Tugas akhir ini akan diberi judul “PEMANFAATAN TECHNO PEST CONTROL UNTUK PROTEKSI TANAMAN BAWANG MERAH BERBASIS IOT (STUDI KASUS : LAHAN PERTANIAN DI DAERAH ENREKANG)”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana merancang dan membuat *techno pest control* berbasis IoT ?
2. Bagaimana pengujian sistem *monitoring* dan *controlling techno pest control* berbasis IoT ?
3. Bagaimana tingkat akurasi sistem dalam menampilkan data sensor dan aktuator dalam memberikan respon ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat *techno pest control* berbasis IoT
2. Pengujian sistem *monitoring* dan *controlling techno pest control* berbasis IoT
3. Mengetahui tingkat akurasi sistem dalam menampilkan data sensor dan aktuator dalam memberikan respon

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan manfaat yang didapatkan antara lain :

1. Menghasilkan prototipe *techno pest control* berbasis IoT yang diharapkan dapat membantu para petani bawang merah dalam upaya pengendalian hama.
2. Memberikan kemajuan teknologi dibidang pertanian khususnya untuk para petani bawang merah.
3. Menambah wawasan mengenai pemanfaatan *techno pest control* untuk proteksi tanaman bawang merah berbasis IoT sehingga dapat dijadikan acuan referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini diantaranya :

1. Penelitian ini menggunakan sensor LDR, sensor Hujan, dan sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai *input*.
2. Menggunakan Lampu LED strip UV, dan jaring kawat elektrik sebagai *output* dari sistem.
3. *Smartphone* yang digunakan memiliki *Blynk Apps* yang sudah terhubung dengan sistem, yang akan digunakan untuk *control* dan *monitoring*.
4. Juga menggunakan *platform ThingSpeak* untuk mengumpulkan data dari sensor.
5. Sistem membutuhkan koneksi internet.

6. Uji coba sistem dilakukan di lahan pertanian bawang merah Kabupaten Enrekang.
7. Sistem dan alat dirancang untuk proteksi tanaman bawang merah dari hama ngengat *spodoptera exigua* dan ngengat *spodoptera litura*.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan penelitian adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara singkat latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang berhubungan dengan penelitian, termasuk didalamnya hama tanaman bawang merah, *Internet of Things*, panel surya, SCC, aki, mikrokontroler arduino, serta sensor dan aktuator yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang apa saja yang akan dilakukan pada saat penelitian yang meliputi tahapan, waktu dan lokasi, alat dan bahan, persiapan, serta perancangan dan pembuatan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan terkait proses pengujian *techno pest control* untuk proteksi tanaman bawang merah berbasis IoT yang berlokasi di lahan pertanian Dusun Pakewa, Desa Rampunan, Kecamatan Masalle, Kabupaten Enrekang.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan-kesimpulan hasil penelitian beserta saran-saran untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah kemampuan untuk membuat perangkat berkomunikasi satu sama lain melalui internet atau jaringan lain, melacak informasi dari jarak jauh untuk memberikan umpan balik guna membantu pengambilan keputusan untuk institusi pemerintah, industri, pendidikan, kesehatan, dan lain sebagainya. *Internet of Things* memungkinkan objek fisik untuk melihat, mendengar, berpikir dan melakukan pekerjaan dengan membuat mereka berkomunikasi bersama, untuk berbagi informasi dan mengkoordinasikan keputusan. Teknologi dalam IoT ini terhubung dengan berbagai terminal pengumpul data melalui jaringan internet ataupun jaringan komunikasi lainnya. Informasi mengenai lingkungan di sekitar objek didapatkan secara real time, kemudian dikonversi menjadi format data yang sesuai untuk ditransmisikan melalui jaringan dan dikirim ke pusat data. Data tersebut kemudian diolah oleh pengolah cerdas dengan menggunakan cloud computing dan teknologi komputasi cerdas lain yang dapat mengolah data dalam jumlah besar untuk mencapai tujuan IoT (Meutia, 2015).

Tantangan dalam IoT adalah menghubungkan antara dunia fisik dan dunia informasi, mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* pengguna dan peralatan (Wilianto & Kurniawan, 2018). *Internet of Things* menggunakan beberapa teknologi yang secara garis besar digabungkan menjadi satu kesatuan diantaranya sensor sebagai pembaca data, koneksi internet dengan beberapa macam topologi jaringan, *radio frequency identification (RFID)*, wireless sensor network dan teknologi yang terus akan bertambah sesuai dengan kebutuhan (Erwanto et al., 2020).

Koneksi internet sudah sangat mudah didapatkan, sehingga pengguna dapat memantau benda bahkan memberi perintah (*remote control*) kepada benda tersebut dengan koneksi internet. Setelah sebuah benda memiliki alamat IP dan terkoneksi dengan internet, pada benda tersebut juga dipasang sensor. Sensor pada benda memungkinkan benda tersebut memperoleh informasi yang dibutuhkan.

Selanjutnya benda tersebut dapat mengolah informasi itu sendiri, bahkan berkomunikasi dengan benda-benda lain yang memiliki alamat IP dan yang sedang terkoneksi dengan internet. Terjadi pertukaran informasi dalam komunikasi antara benda-benda tersebut. Setelah pengolahan informasi selesai, benda tersebut dapat bekerja dengan sendirinya, atau bahkan memerintahkan benda lain juga untuk ikut bekerja.

2.2 Bawang Merah

Bawang merah telah diklasifikasikan dalam tingkat hierarki sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae</i>
<i>Subkingdom</i>	: <i>Tracheobionta</i>
<i>Super division</i>	: <i>Spermatophyta</i>
<i>Division</i>	: <i>Liliopodia</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Liliales</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Liliaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Allium</i>
<i>Species</i>	: <i>Allium cepa L</i>

Bawang merah merupakan tanaman semusim, berbatang pendek, dan berakar serabut. Juga memiliki daun berukuran panjang, berongga layaknya pipa dan bagian ujungnya meruncing serta pangkal daunnya bisa berubah fungsi menjadi umbi lapis. Bawang merah juga sering disebut sebagai umbi lapis karena umbinya terbentuk dari tumpukan pangkal daun yang tersusun rapi dan berlapis-lapis, yang memiliki aroma spesifik dan dapat merangsang keluarnya air mata karena kandungan minyak *eteris alliin* (Sunarjono & Nurrohmah, 2018).

2.2.1 Hama Pada Tanaman Bawang Merah

Ada beberapa Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) pada bawang merah, diantaranya :

1. Ulat Grayak Hijau (*Spodoptera Exigua*)

Berikut klasifikasi dari ulat grayak hijau (*spodoptera exigua*) :

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Filum</i>	: <i>Arthropoda</i>

Kelas : *Insecta*
Ordo : *Lepidoptera*
Famili : *Noctuidae*
Genus : *Spodoptera*
Species : *Spodoptera exigua*

Ngengat dengan sayap depan kelabu gelap dan sayap belakang berwarna agak putih. Imago betina bertelur secara berkelompok di ujung daun. Telur ditutupi dengan bulu-bulu putih dari sisik tubuh induknya. Telurnya berwarna putih, lonjong dan berukuran sekitar 0,5 mm. Telur menetas, yang kemudian berubah menjadi larva. Larva berwarna hijau muda saat muda dan coklat tua kehijauan dengan garis kekuningan saat tua. Masa hidup larva adalah 10 hari. Larva *spodoptera exigua* bersifat *polifag* (pemakan segala). Gejala serangan ulat bawang ditandai dengan daun bawang terlihat menerawang tembus cahaya atau terlihat bercak-bercak putih, akibatnya daun jatuh terkulai. Di Indonesia larva *spodoptera exigua* ini adalah hama yang paling merusak bawang merah dengan menyerang tanaman sejak awal pertumbuhan yang mengakibatkan berkurangnya hasil produksi. Kehilangan hasil yang diakibatkan oleh serangan larva tersebut dapat mencapai 57% (Sembiring & Prasetya, 2021). Pada Gambar 1 dibawah menunjukkan telur, larva, dan imago *S.exigua*, dan Gambar 2 menunjukkan gejala serangan *S.exigua*



Gambar 1. Telur, larva dan imago *S.exigua*
Sumber: Hidrayani (n.d.)



Gambar 2. Gejala serangan *S.exigua*
Sumber: Nurwijayo (2022)

2. Ulat Grayak (*Spodoptera Litura*)

Adapun klasifikasi dari ulat grayak (*spodoptera litura*):

<i>Kingdom</i>	: <i>Animalia</i>
<i>Filum</i>	: <i>Arthropoda</i>
<i>Kelas</i>	: <i>Insecta</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Lepidoptera</i>
<i>Famili</i>	: <i>Noctuidae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Spodoptera</i>
<i>Species</i>	: <i>Spodoptera litura</i>

Ngengat agak gelap dengan garis putih pada sayap depannya, sedangkan sayap belakang berwarna putih dengan bercak hitam. Ngengat betina dapat menghasilkan telur hingga 3.000 butir. Telur berwarna putih yang diletakkan dalam bentuk kelompok dan berbulu halus seperti diselimuti kain laken. Larva *Spodoptera Litura* ini mempunyai warna bervariasi, tetapi mempunyai kalung hitam pada segmen abdomen yang keempat dan kesepuluh. Pada sisi lateral dan dorsal terdapat garis kuning. Pupa berwarna coklat gelap terbentuk dalam tanah (Siregar & Novebrina, 2017). Gejala serangan *spodoptera litura* dapat diketahui dengan melihat gejala yang ditimbulkan pada daun, yakni pada daun bawang tampak bercak putih memanjang, kemudian layu, berlubang, dan didekat lubang tersebut terdapat kotoran ulat. Pada musim kemarau populasi *spodoptera litura* sangat tinggi dan kemampuan imagonya meletakkan telur sangat tinggi. Pada periode tersebut rata-rata populasi larva adalah 11,52 ekor per rumpun tanaman dengan intensitas serangan 63% pada umur tanaman 7 minggu setelah tanam.

Pada selembur daun bawang sering di temukan larva instar 1 dalam jumlah banyak. Gambar 3 dibawah menunjukkan larva *Spodoptera Litura*.



Gambar 3. Larva *Spodoptera Litura*

Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian (n.d.)

2.3 Mikrokontroler Arduino

2.3.1 Pengenalan Arduino

Arduino merupakan sistem purwarupa elektronika (*electronic prototyping platform*) berbasis *open-source* yang fleksibel dan mudah digunakan baik dari sisi *hardware* maupun *software*. Di luar itu, kekuatan utama arduino adalah jumlah pemakai yang sangat banyak sehingga tersedia pustaka kode program (*code library*) maupun modul pendukung dalam jumlah yang sangat banyak. Arduino dapat diartikan sebagai sebuah platform elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino sebagai sebuah platform komputasi fisik (*Physical Computing*) yang *open source* pada board *input output* sederhana, yang dimaksud dengan platform komputasi fisik disini adalah sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware* yang dapat mendeteksi dan merespon situasi dan kondisi (Suhaybatul, 2015).

Arduino menggunakan mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh perusahaan Atmel. Masing-masing arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda, seperti Arduino Uno yang diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328. Bahasa pemrograman yang digunakan pada arduino adalah bahasa C. Adapun berbagai jenis model arduino seperti Arduino Nano, Arduino Due, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Fio, Arduino Lilypad, dan lain

sebagainya. Masing-masing dari jenis model arduino tersebut dapat dibedakan berdasarkan spesifikasinya.

2.3.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O (*Input/Output*) yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin, 15 pin di antaranya adalah PWM (*Pulse Width Modulation*), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) serial port *hardware*. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB (*Universal Serial Bus*), power jack DC (*Direct Current*), ICSP (*In Circuit Serial Programming*) header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, kita dapat menghubungkan power dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC (Rahman, N. A., 2018). Gambar 4 dibawah menunjukkan Arduino Mega 2560 dan Tabel 1 menunjukkan spesifikasinya.



Gambar 4. Arduino Mega 2560

Sumber: Sasmoko (n.d.)

Tabel 1. Spesifikasi arduino mega 2560

Mikrokontroler	ATMega2560
Tegangan Operasi	5V
Tegangan <i>Input</i>	7-12V
Batas Tegangan <i>Input</i>	6-20V
Pin Digital I/O	54 (<i>15 Pin Output PWM</i>)
Pin Analog <i>Input</i>	16 Pin
Arus DC Per Pin I/O	40 mA
Arus DC Pin 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB (<i>8 KB Bootloader</i>)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 Mhz

Arduino Mega 2560 terbentuk dari prosesor yang dikenal dengan mikrokontroler ATMega 2560. Mikrokontroler ATMega 2560 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan.

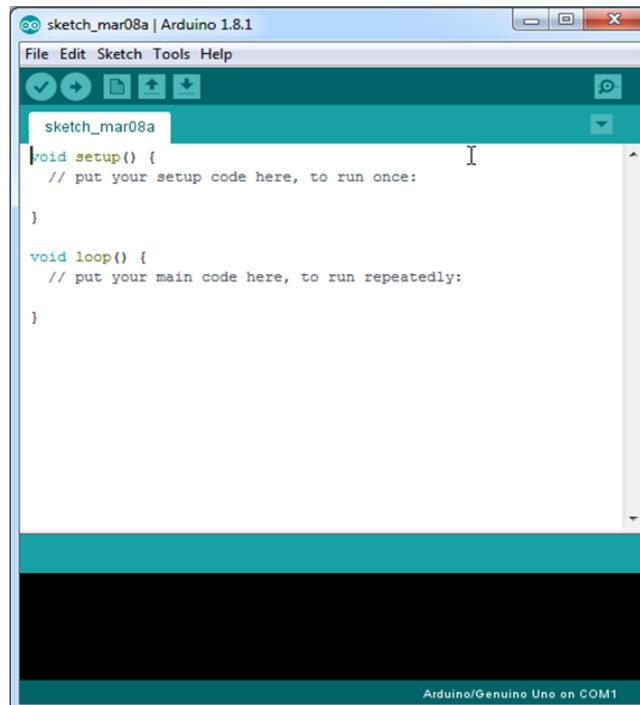
Papan arduino ATmega 2560 dapat beroperasi dengan rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7V sampai 12V. Jika diberi tegangan kurang dari 7V akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan.

2.3.3 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan mengupload ke dalam memori mikrokontroler pada Arduino. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang telah disederhanakan, sehingga menjadi lebih mudah dalam penggunaan. Sebuah kode program Arduino pada umumnya biasa disebut dengan sketch (Rodiah, 2018).

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE dilengkapi dengan *library* C/C++ yang biasanya disebut *Wiring*, sehingga operasi

input dan *output* menjadi lebih mudah. Arduino IDE dikembangkan dari *software* *processing* yang diubah menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman Arduino. Tampilan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Arduino IDE

Sumber: Sasmoko (n.d.)

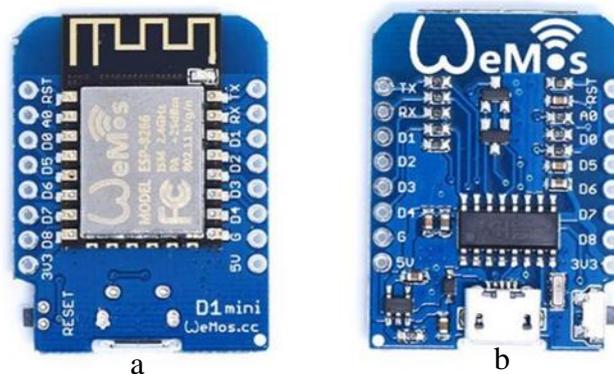
Berikut fungsi-fungsi menu yang ada pada tampilan Arduino IDE (Sigiro, 2021) :

1. *Verify* yang ditandai dengan ikon tanda ceklis, berfungsi untuk melakukan kompilasi (compile) sketch yang ada di editor.
2. *Upload* yang ditandai dengan ikon tanda panah, berfungsi untuk mengupload sketch dari komputer ke memori board arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol verify, maka sketch akan di-compile, kemudian langsung diupload ke board.
3. *New* yang ditandai dengan ikon dokumen, berfungsi untuk membuat sketch baru dengan mengosongkan isi jendela dieditor saat ini.
4. *Open* yang ditandai dengan ikon tanda panah keatas berfungsi untuk membuka sketch yang sudah pernah dibuat. Sketch yang dibuat dengan IDE Arduino akan disimpan dengan ekstensi file .ino
5. *Save* yang ditandai dengan ikon tanda panah kebawah, berfungsi untuk menyimpan sketch saat ini.

6. *Serial monitor* yang ditandai dengan ikon kaca pembesar, berfungsi untuk melihat hasil sketch yang tersimpan dalam memori arduino.

2.4 Wemos D1 Mini

Wemos D1 mini adalah sebuah modul Wi-Fi berbasis ESP8266. Wemos D1 mini juga memiliki pin digital dan pin analog yang dimana dapat terhubung dengan sensor atau aktuator. Wemos D1 mini ini dapat diprogram menggunakan IDE Arduino (Syahfrizal, 2020). Wemos D1 Mini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6.a. Wemos D1 Mini tampak atas, b. Wemos D1 Mini tampak bawah

Sumber: Faudin (2018)

ESP8266 merupakan papan mikrokontroler yang berukuran kecil atau berukuran kecil yang didalamnya terdapat komputer berbentuk chip yang kecil. Pada ESP8266 Wemos-D1 mini sendiri dilengkapi dengan micro usb port yang berfungsi untuk memprogram dan memberi *power supply*. Selain hal itu dilengkapi dengan button push untuk reset dan flash. Pemrograman pada board ESP8266 Wemos D1 mini menggunakan bahasa pemrograman yang sama dengan Arduino yaitu dengan bahasa C/C++, untuk melakukan pengembangan pemrograman juga support dengan *software* arduino IDE. Pada board ini sudah dilengkapi dengan fitur Wi-Fi beserta firmware yang *open source*. Sehingga dapat mudah untuk digunakan dalam pengembangan mikrokontroler IoT, karena semua rangkaian sudah menjadi dalam satu board. Tabel 2 dibawah menunjukkan spesifikasi Wemos D1 Mini.

Tabel 2. Spesifikasi Wemos D1 Mini

Mikrokontroler	ESP8266
<i>Operating Voltage</i>	3.3 - 5V
<i>Input voltage</i>	7-12V
<i>Output pin</i>	<i>Digital signal, analog signal</i>
<i>Digital I/O Pin</i>	11 Pin
<i>Size</i>	34.2mm x 25.6mm
<i>Clock processor speed</i>	80/160MHz
<i>Weight</i>	3 gr
<i>Flash Memory</i>	4MB

2.5 Panel Surya

Sel Surya atau sel photovoltaic merupakan lapisan tipis semikonduktor silicon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya. Sistem photovoltaic inilah yang merubah energi elektromagnetik dari matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* berasal dari dua kata dari Bahasa Inggris yaitu “*photo*” dan “*volt*”, “*Photo*” berarti cahaya dan “*Volt*” adalah satuan pengukuran tegangan dalam listrik. Panel surya ditunjukkan pada Gambar 7 dibawah.



Gambar 7. Panel Surya

Sumber: <https://www.ppt-indonesia.com>

Sel surya menghasilkan energi listrik DC yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik AC menggunakan inverter jika dibutuhkan. Panel surya memiliki 3 lapisan utama, yaitu di bagian paling atas terdapat lapisan panel P, di tengah terdapat lapisan pembatas, dan di bagian paling bawah terdapat lapisan

panel N. Panas matahari yang menyinari lapisan paling atas panel surya menyebabkan efek fotoelektrik yang mengakibatkan terjadinya perpindahan elektron di lapisan panel P, kemudian proton akan mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah dan terjadinya perpindahan arus proton ini menghasilkan arus listrik. Sel surya akan selalu menghasilkan energi listrik selama masih ada cahaya matahari walaupun dalam kondisi mendung sekalipun (Suprianto, 2021).

2.6 Solar Charge Controller (SCC)

SCC merupakan komponen elektronik yang digunakan untuk mengatur arus DC atau arus searah yang akan masuk ke baterai juga mengatur tegangan yang masuk menuju baterai agar tegangan pada baterai tetap stabil dengan tujuan tidak terjadi *over charging* atau *over voltage*. Hal tersebut mengingat energi yang dihasilkan oleh panel surya tidak stabil atau naik turun bergantung pada sinar matahari yang diterima panel surya (Alan & Bintang, 2023). Adapun *Solar Charge Controller* ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. *Solar Charge Controller*

Sumber: <https://www.amazon.de/-/en>

Sebagian besar panel surya 12 V menghasilkan tegangan keluar sekitar 16 sampai 20 V, jadi jika tidak menggunakan sistem pengatur, baterai akan rusak karena pengisian daya yang berlebihan. Cara kerja SCC yakni dengan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu ketika level tegangan jatuh maka baterai akan diisi kembali.

2.7 Baterai Aki (Accumulator)



Gambar 9. Baterai aki jenis MF (*Maintenance Free*)
 Sumber: <https://www.kijo-battery.com/>

Gambar 9 menunjukkan Baterai aki jenis MF (*Maintenance Free*). Aki atau *Storage Battery* adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbal, sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat. Ketika aki dipakai, terjadi reaksi kimia yang mengakibatkan endapan pada anode (reduksi) dan katode (oksidasi). Akibatnya, dalam waktu tertentu antara anode dan katode tidak ada beda potensial, artinya aki menjadi kosong (Pratama, 2021).

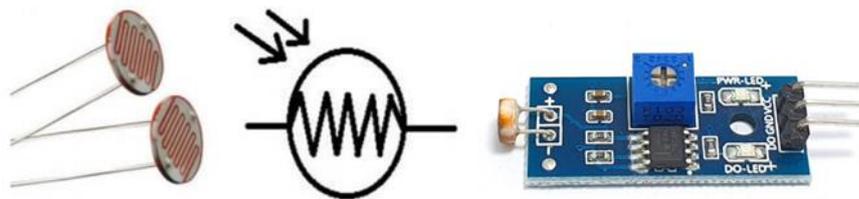
Agar aki dapat dipakai lagi, harus diisi dengan cara mengalirkan arus listrik kearah yang berlawanan dengan arus listrik yang dikeluarkan aki tersebut. Ketika aki diisi akan terjadi pengumpulan muatan listrik. Pengumpulan jumlah muatan listrik dinyatakan dalam ampere jam, yaitu yang disebut dengan tenaga aki. Pada kenyataannya, pemakaian aki tidak dapat mengeluarkan seluruh energi yang tersimpan aki itu. Oleh karenanya, aki mempunyai rendemen atau efisiensi .

2.8 Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor cahaya adalah alat yang digunakan dalam bidang elektronika yang berfungsi sebagai pengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. *Light Dependent Resistor* ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Bila cahaya gelap

nilai tahanannya semakin besar, sedangkan jika cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya (Ali, 2021) .

LDR terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar $10\text{ M}\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesar $1\text{K}\Omega$ atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti senyawa kimia cadmium sulfide. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan (Tarigan et al., 2022). Berikut sensor LDR dan simbolnya yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Sensor LDR dan simbolnya
Sumber: Tarigan et al., (2022)

Cara kerja dari sensor ini adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron, umumnya satu foton dapat membangkitkan satu elektron. Pada saat gelap atau cahaya redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik (Desmira et al., 2022). Spesifikasi sensor LDR ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi sensor LDR

Tegangan operasi	5V atau 3.3V DC
<i>Comparator chip</i>	LM393
Pin Modul	3 pin
Jenis keluaran	Keluaran digital (D0)
<i>Sensitivity</i>	Dapat disesuaikan
Ukuran PCB	3cm x 1,6cm

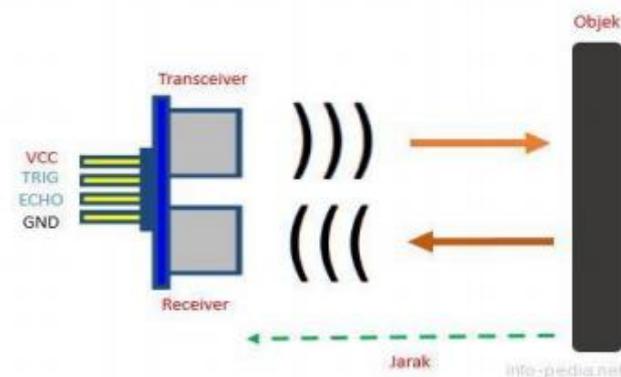
2.9 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik. Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja berdasarkan pantulan gelombang suara sehingga dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan benda tertentu di depannya dengan frekuensi kerja gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang memiliki frekuensi yang sangat tinggi yaitu 20 KHz. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair, dan gas (Aulia, 2020). Berikut gambar sensor ultrasonik HC-SR04 yang ditunjukkan pada Gambar 11 dan spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 11. Sensor ultrasonik HC-SR04
Sumber: Aulia (2022)

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan oleh piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik akan menghasilkan gelombang ultrasonik, yang umumnya berfrekuensi 40KHz ketika sebuah osilator diterapkan pada benda. Pada umumnya, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu objek, ketika gelombang telah menyentuh permukaan objek, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali. Gelombang pantulan dari objek akan ditangkap oleh sensor, lalu sensor akan menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima (Aulia, 2020).



Gambar 12. Cara kerja sensor ultrasonik HC-SR04
Sumber: Arsada (2017)

Cara kerja sensor ultrasonik HC-SR04 ditunjukkan pada Gambar 12, yang cara kerjanya dimulai dengan sinyal yang dipancarkan oleh transmitter dengan frekuensi dan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut diatas 20KHz. Untuk mengukur jarak benda, frekuensi umum yang digunakan adalah 40KHz. Sinyal yang dipancarkan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340m/s. Ketika terkena suatu objek, maka sinyal akan dipantulkan oleh objek tersebut (Arsada, 2017). Gelombang pantulan sampai ke receiver, maka sinyal akan diproses untuk menghitung jarak objek tersebut. Dengan rumus :

$$S = (340 \cdot t)/2 \quad (1)$$

Dimana S = Jarak antara sensor dengan objek (m)

t = Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari transmitter

Tabel 4. Spesifikasi sensor ultrasonic HC-SR04

<i>Main Parts</i>	<i>Transmitter & Receiver</i>
Jarak deteksi	2 – 300cm
Akurasi jarak	3mm
Tegangan operasi	5V
Sudut pantul	<15°
Konsumsi Arus	15 mA
Dimensi Sensor	45mm x 20mm x 15mm

2.10 Sensor Hujan (*Raindrop Sensor*)

Raindrop sensor adalah sebuah alat yang dapat mendeteksi hujan atau adanya cuaca hujan yang berada di sekitarnya, sensor ini dapat digunakan sebagai switch, saat adanya tetesan air hujan yang jatuh melewati *raining board* yang terdapat pada sensor, selain itu raindrop sensor dapat juga digunakan untuk mengukur intensitas curah hujan (Hidayat, 2020).



Gambar 13. *Raindrop sensor*
Sumber : <https://www.amazon.de/-/en>

Gambar 13 merupakan *Raindrop sensor*, yang mana sensor ini memiliki dua nilai keluaran yaitu analog dan digital. Untuk digital raindrop sensor akan memberikan logika “1” apabila terdapat tetesan hujan dan memberikan logika “0” apabila tidak terdapat tetesan hujan yang mengenai sensor tersebut. Untuk analog berkisar di angka 0 sampai 1024. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan *output* digital sebagai switch, apabila raindrop sensor mendeteksi adanya hujan maka sistem secara otomatis akan Off. Berikut spesifikasi sensor hujan yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi sensor hujan

Tegangan Operasi	3.3V – 5V
Konsumsi Arus	15 mA
<i>Comparator chip</i>	LM393
Sensitivitas	Dapat disesuaikan melalui Trimpot

<i>Output type</i>	Tegangan analog (AO) dan tegangan digital (DO)
<i>Sensing pad</i>	Plat nikel 5cm x 4cm
Ukuran Modul PCB	3,2 cm x 1,4 cm

2.11 LCD 16 x 2 (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, simbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan dengan Mikrokontroler. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras (Perdana, 2019).

Dalam membuat rangkaian LCD dengan kontroler, biasanya memerlukan komponen tambahan agar data dari kotroler dapat terkirim ke LCD dengan baik. Pada komponen tambahan inilah biasanya menggunakan beberapa kabel dan komponen lain agar sesuai dengan sinyal kaki *output* pada LCD. Sehingga untuk menghemat jumlah kabel koneksi dan mempermudah perangkaian, maka menggunakan komponen yang disebut dengan modul I2C sebagai jembatan koneksi antara LCD dengan kontroler (Alaska, 2018). LCD 16x2 dan Modul I2C ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. LCD 16x2 dan Modul I2C

Sumber : <https://digiwarestore.com/en/>

Inter Integrated Circuit atau I2C merupakan komunikasi serial dua arah menggunakan dua saluran yang didesain khusus untuk mengirim maupun menerima data. Sistem I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA

(Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dengan kontroler. Berikut spesifikasi LCD 16x2 yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi LCD 16x2

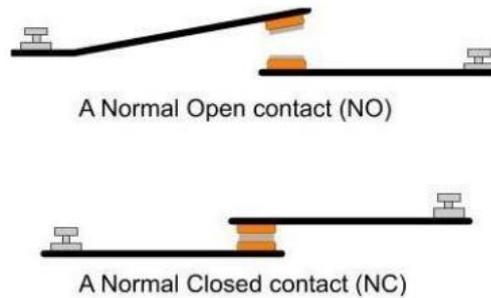
<i>Blue backlight</i>	I2C
<i>Display Format</i>	16 Characters x 2 lines
<i>Supply voltage</i>	5V
<i>Backlit</i>	Blue with White char color
<i>Supply voltage</i>	5V
<i>Pcb Size</i>	60mm x 99mm
<i>Contrast Adjust</i>	Potentiometer
<i>Backlight Adjust</i>	Jumper

2.12 Relay



Gambar 15. Relay 2 Channel
Sumber : <https://www.amazon.in/>

Gambar 15 menunjukkan Relay 2 Channel. Relay merupakan saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *electromechanical* yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi (Artha, 2020).



Gambar 16. Kondisi Relay saat NO dan NC
 Sumber : <https://www.otoflik.com/cara-kerja-relay/>

Di dalam relay terdapat kumparan elektromagnetik, jika kumparan tersebut dialiri sumber listrik maka akan menimbulkan medan magnet kemudian akan menarik tuas sehingga mengubah posisi dari kontak *switch* yang ada, yaitu dari yang sebelumnya NO (*Normally Open* – Kontak Terbuka) yaitu saat relay tidak diberi tegangan menjadi NC (*Normally Close* – Kontak Terhubung/Tertutup) yaitu saat relay diberi tegangan seperti yang telah ditunjukkan pada Gambar 16.

2.13 Raket Nyamuk

Raket nyamuk dilengkapi dengan jaring kawat yang diberikan tegangan. Pada tugas akhir ini, raket nyamuk digunakan sebagai *output* dari sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai perangkat hama. Raket nyamuk yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Raket Nyamuk
 Sumber : <https://best.aliexpress.com/>

2.14 Lampu LED Strip UV

Lampu LED Strip UV yang digunakan pada tugas akhir ini yakni lampu yang memiliki *input power* 12V dan berwarna ungu (*ultraviolet*) sebagai pemikat hama. Lampu LED Strip 12V dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Lampu LED Strip 12V
Sumber : <https://best.aliexpress.com/>

2.15 BLYNK

Menurut Rantau (2020), Blynk merupakan sebuah layanan server yang digunakan untuk mendukung project *Internet of Things*. Layanan server ini memiliki lingkungan mobile user baik Android maupun iOS. Blynk Aplikasi sebagai pendukung IoT dapat diunduh melalui Google play. Blynk mendukung berbagai macam *hardware* yang dapat digunakan untuk project *Internet of Things*. Blynk adalah dashboard digital dengan fasilitas antarmuka grafis dalam pembuatan projectnya. Penambahan komponen pada *Blynk Apps* dengan cara *Drag and Drop* sehingga memudahkan dalam penambahan komponen *Input/output* tanpa perlu kemampuan pemrograman Android maupun iOS (Khasanah, 2019). Blynk ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Blynk
Sumber : Khasanah (2019)

Blynk diciptakan dengan tujuan untuk control dan *monitoring hardware* secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN). Kemampuan untuk menyimpan data dan menampilkan data secara visual baik menggunakan angka, warna ataupun grafis semakin memudahkan dalam pembuatan project dibidang *Internet of Things* (Arrohma, 2019). Terdapat 3 komponen utama Blynk, yaitu :

2.16.1 Blynk Apps

Blynk Apps berfungsi untuk membuat project aplikasi menggunakan bermacam variasi widget yang telah disediakan. Namun, batas penggunaan widget dalam satu akun hanya 2000 *energy*. *Energy* tersebut dapat ditambah dengan membelinya melalui playstore. Blynk Apps memungkinkan untuk membuat project *interface* dengan berbagai macam komponen *input output* yang mendukung untuk pengiriman maupun penerimaan data serta merepresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih. Representasi data dapat berbentuk visual angka maupun grafik. Terdapat 4 jenis kategori komponen yang terdapat pada Aplikasi Blynk :

1. *Controller* digunakan untuk mengirimkan data atau perintah ke *Hardware*.
2. *Display* digunakan untuk menampilkan data yang berasal dari *hardware* ke *smartphone* .
3. *Notification* digunakan untuk mengirim pesan dan notifikasi.
4. *Interface* Pengaturan tampilan pada aplikasi Blynk dpat berupa menu ataupun tab.

5. *Others* beberapa komponen yang tidak masuk dalam 3 kategori sebelumnya diantaranya Bridge, RTC, Bluetooth.

2.16.2 Blynk Server

Blynk server merupakan fasilitas *Backend Service* berbasis cloud yang bertanggung jawab untuk mengatur komunikasi antara aplikasi *smartphone* dengan lingkungan *hardware*. Kemampuan untuk menangani puluhan *hardware* pada saat yang bersamaan semakin memudahkan bagi para pengembang sistem IoT. Blynk server juga tersedia dalam bentuk local server apabila digunakan pada lingkungan tanpa internet (Ramdan, 2020).

2.16.3 Blynk Library

Blynk *Library* berfungsi untuk memudahkan komunikasi antara *hardware* dengan server dan seluruh proses perintah *input* serta *output* (Putri, 2022). Blynk *Library* dapat digunakan untuk membantu pengembangan code. Blynk *library* tersedia pada banyak *platform* perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas *hardware* yang didukung oleh lingkungan Blynk (Ramdan, 2020).

2.17 ThingSpeak

ThingSpeak merupakan sebuah layanan internet yang menyediakan layanan untuk pengaplikasian "*Internet of Things*". *ThingSpeak* merupakan layanan yang berisi aplikasi dan API yang bersifat *open source* untuk menyimpan dan mengambil data dari berbagai perangkat yang menggunakan HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) melalui Internet atau melalui LAN (*Local Area Network*) (Jafar et al., 2022).



Gambar 20. *ThingSpeak*

Dengan menggunakan *ThingSpeak*, seseorang dapat membuat aplikasi *logging sensor*, *location tracking*, dan lain-lain. Dalam arti lain *ThingSpeak* merupakan sebuah *platform* IoT yang mampu digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisa, memvisualisasikan, dan bertindak sesuai data dari sensor atau aktuator, seperti Arduino, Raspberry, dan perangkat keras lainnya. Elemen utama pada aktivitas *ThingSpeak* adalah channel yang berisi data fields, location fields, dan status field (Maliq, 2022).

2.18 *Techno Pest Control* berbasis IoT

Techno pest control berbasis IoT adalah sistem yang dibuat sebagai perangkat hama yang dilengkapi dengan beberapa sensor serta dapat dimonitoring dan *controlling* secara *online*. Alat ini juga dilengkapi dengan panel surya, sehingga alat dapat bertahan tanpa membutuhkan asupan listrik dari PLN. Sistem kerja alat ini adalah menyengat/membunuh hama menggunakan jaring kawat elektrik yang menghasilkan tegangan kejut.

Pemanfaatan panel surya pada *techno pest control* ini juga sebagai suplai daya alat yang mampu menghemat biaya operasional dan lebih ramah lingkungan karena dapat meminimalisir penggunaan pestisida dimana jika penggunaan pestisida berlebih dan terus menerus dapat berdampak buruk pada pencemaran tanah, air, kesehatan, dan ekosistem lingkungan lainnya (Ratnawati et al., 2020).

Techno pest control dirancang guna mengatasi permasalahan serangan hama ngengat (*spodoptera exigua* dan *spodoptera litura*) yang sangat merusak pada pertanian bawang merah. Ngengat inilah yang akan bertelur pada daun bawang kemudian berubah menjadi larva (ulat) yang sangat merusak dengan cara menggerak dan memakan daun bawang merah hingga ke umbinya.

2.19 *Root Mean Square Error (RMSE)*

Root Mean Square Error (RMSE) adalah metode penjumlahan kuadrat error atau selisih antara nilai sebenarnya dan nilai prediksi. RMSE dihitung dengan mengkuadratkan *error* dibagi dengan jumlah data rata-rata, lalu diakarkan (Benedict, 2022). Pada tugas akhir ini RMSE digunakan untuk mengetahui nilai *error* atau nilai kesalahan sensor.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \hat{x}_i)^2} \quad (2)$$

Keterangan :

$RMSE = \text{Root Mean Square Error}$

$n = \text{jumlah data}$

$x_i = \text{nilai sebenarnya}$

$\hat{x}_i = \text{nilai prediksi}$

Tingkat kesalahan dan akurasi tidak dapat dipisahkan. Sehingga untuk mencari nilai akurasi dapat digunakan persamaan rumus sebagai berikut.

$$\text{Accuracy (\%)} = 100\% - RMSE \quad (3)$$