SISTEM PEMANTAUAN KEKERINGAN TANAH DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* TERINTEGRASI *INTERNET OF THINGS*

(Skripsi)

Oleh:
ADZOM MUHAJIRIN
2015031022

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2024

ABSTRAK

SISTEM PEMANTAUAN KEKERINGAN TANAH DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* TERINTEGRASI *INTERNET OF THINGS*

Oleh:

ADZOM MUHAJIRIN

Peristiwa kebakaran hutan adalah suatu momen buruk oleh nyala api yang memusnahkan properti dan vegetasi. Salah satu faktor penyebabnya adalah kondisi tanah yang mengering akibat terik matahari membuat vegetasi bersifat mudah terbakar. Hal tersebut mendorong peneliti untuk merancang *prototype* sistem pemantauan kekeringan tanah dengan metode *fuzzy logic* dalam memberikan peringatan potensi kebakaran yang telah terintegrasi *Internet of Things.* Dalam penelitian ini, *prototype* akan memantau nilai suhu tanah, kondisi tanah, api, keluaran *fuzzy logic* dan status peringatan menggunakan *Dashboard* Node-Red yang dikendalikan oleh Mappi32. Data hasil pembacaan suhu tanah didapatkan dari sensor DS18B20, kondisi tanah didapatkan dari sensor *soil moisture* dan nilai api didapatkan dari sensor *flame*. Ketiga data sensor tersebut akan diolah dan dijadikan masukan dalam metode *fuzzy logic* untuk mengetahui keluaran status peringatan yang diantaranya aman, waspada, dan bahaya. Status peringatan diiringi dengan kontrol bunyi buzzer. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa prototipe sistem pemantauan kekeringan tanah mampu membaca suhu tanah dengan galat 0,36% dan akurasi 99,64%, dapat membaca kelengasan tanah dengan galat 4,01% dan akurasi senilai 95,99%, mendeteksi api sejauh 200 cm dan hasil keputusan *fuzzy logic* terhadap keluaran status peringatan dengan akurasi senilai 99,9%.

Kata Kunci: ***fuzzy logic,*** **sensor*, Internet of Things,*** **Node-Red**

ABSTRACT

SOIL DROUGHT MONITORING SYSTEM USING FUZZY LOGIC METHOD INTEGRATED WITH INTERNET OF THINGS

By:

ADZOM MUHAJIRIN

A forest fire is a devastating event in which flames destroy property and vegetation. One of the contributing factors is the dry condition of the soil, which is caused by the scorching sun and makes the vegetation highly flammable. This has prompted researchers to develop a prototype for a soil dryness monitoring system using the fuzzy logic method to provide warnings about potential fires. This system has been integrated with the Internet of Things. The prototype monitors soil temperature values, soil conditions, fire occurrences, and fuzzy logic output, and warning status using the Node-Red Dashboard controlled by Mappi32. The soil temperature readings are obtained from the DS18B20 sensor, soil conditions are obtained from the soil moisture sensor, and fire occurrences are detected using the flame sensor. The data from these three sensors is processed and used as input in the fuzzy logic method to determine the warning status output, which includes safe, alert, and danger. The warning status is accompanied by a buzzer sound control. Test results have shown that the prototype is capable of reading soil temperature with an error of 0.36% and an accuracy of 99.64%, reading soil moisture with an error of 4.01% and an accuracy of 95.99%, and detecting fires up to a distance of 200 cm. The fuzzy logic decisions for warning status output have shown an accuracy of 99.9%.

***Keywords*: *fuzzy logic, sensor, Internet of Things,* Node-Red**

SISTEM PEMANTAUAN KEKERINGAN TANAH DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* TERINTEGRASI *INTERNET OF THINGS*

Oleh
ADZOM MUHAJIRIN

(Skripsi)

Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2024

Judul Skripsi	:	**SISTEM PEMANTAUAN KEKERINGAN TANAH DENGAN METODE *FUZZY LOGIC* TERINTEGRASI *INTERNET OF THINGS***
Nama Mahasiswa	:	**Adzom Muhajirin**
Nomor Pokok Mahasiswa	:	2015031022
Program Studi	:	Teknik Elektro
Fakultas	:	Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T.	**Herlinawati, S.T., M.T.**
NIP. 19651021 19951 2001	NIP. 19710314 199903 2 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro	Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro
Herlinawati, S.T., M.T.	**Sumadi, S.T., M.T.**
NIP. 19710314 199903 2 001	NIP. 19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Herlinawati, S.T., M.T.** .....

Penguji Utama : **Ir. Emir Nasrullah, M.Eng.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **31 Juli 2024**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul "Sistem Pemantauan Kekeringan Tanah Dengan Metode *Fuzzy Logic* Terintegrasi *Internet of Things*" tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atas diterbitkannya oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandarlampung, 10 Agustus 2024

Adzom Muhajirin
NPM. 2015031022

RIWAYAT HIDUP

Saya lahir di Tanjung Jati, pada tanggal 10 Februari 2002 sebagai anak sulung dari dua bersaudara, anak dari Bapak Syahrul Abidin dan Ibu Mujini. Pendidikan sekolah dasar diselesaikan di SDN 15 Muara Enim pada tahun 2014, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Muara Enim diselesaikan pada tahun 2017, dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 UNGGULAN Muara Enim diselesaikan pada tahun 2020. Pada tahun 2020, saya terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN. Saya telah aktif terlibat dalam berbagai kegiatan akademik dan organisasi. Selama dua periode kepengurusan, saya menjabat sebagai Anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri Periode 2021 dan Anggota Departemen Pengembangan Keteknikan di Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Universitas Lampung Periode 2022. Saya juga menjabat sebagai Anggota Departemen Kajian Syiar Islam dan Keumatan (KSIK) periode 2021 dan Kepala Departemen KSIK FOSSi FT Universitas Lampung pada periode 2022. Selain itu, saya juga menjadi beasiswan aktif di Kartu Indonesia Pintar. Sebagai anggota aktif, saya turut aktif di Laboratorium Teknik Elektronika sebagai asisten selama tahun 2022 s.d. 2024. Pada semester 5 semasa kuliah, saya memilih konsentrasi Elektronika dan Kendali. Lalu, saya memiliki pengalaman magang selama satu semester di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Pencapaian ini mencerminkan komitmen terhadap pengembangan diri, kontribusi dalam bidang teknologi, dan partisipasi aktif dalam kehidupan kampus. Saya berharap dapat terus berkontribusi dalam meningkatkan kualitas dan eksplorasi di dunia teknologi melalui perjalanan akademis dan kegiatan organisasi yang saya jalani.

PERSEMBAHAN

Dengan Ridho Allah SWT

Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW

Karya Tulis ini ku persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Syahrul Abidin dan Mujini

Serta Adikku Tersayang

Zaqi Firnando

Terima kasih untuk semua dukungan dan doa selama ini.

Sehingga aku dapat menyelesaikan hasil karyaku ini.

MOTTO

“Maka kelak kamu akan ingat kepada apa yang kukatakan kepadamu. Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah. Sungguh, Allah Maha Melihat akan hamba-hamba-Nya."

(Al-Ghafir ayat 44)

مَنْ صَبَرَ ظَفِرَ

Man Shabara Zhafira

Barang siapa bersabar, beruntunglah dia.

مَنْ جَدَّ وَجَدَ

Man Jadda Wajada

Barang siapa yang bersungguh-sungguh, ia akan berhasil.

Wisuda hanyalah bentuk seremonial akhir setelah melewati beberapa proses. Terlambat lulus atau tidak lulus tepat waktu bukanlah suatu kejahatan dan bukanlah sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika kecerdasan seseorang diukur dari siapa yang paling cepat wisuda. Bukanlah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang diselesaikan?

SANWACANA

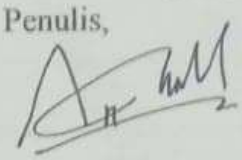
Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul "Sistem Pemantauan Kekeringan Tanah Dengan Metode *Fuzzy Logic* Terintegrasi *Internet of Things*" dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Sholawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam, Nabi Muhammad Shalallaahu Alaihi Wassalam. sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari akhir zaman. Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan juga sekaligus dosen pembimbing utama bagi penulis.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan telah memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi
5. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, S.T., M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir, yang telah membantu, membimbing, dan memberi dukungan kepada penulis.
6. Bapak Ir. Emir Nasrullah, M.Eng. selaku dosen penguji bagi penulis.

7. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo Repelianto, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
8. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
9. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Elektronika yang telah memberikan banyak dukungan serta motivasi kepada penulis.
10. Kak Yudi Eka Putra, S.T., M.T. selaku PLP Laboratorium Teknik Elektronika yang telah banyak membantu memberi arahan dan motivasi dalam mengerjakan skripsi ini.
11. Kakak-kakak ku, Kak Fadil, Kak Ferry, Kak Mutia, Kak Wita yang telah banyak membantu memberi arahan dan motivasi dalam mengerjakan skripsi ini.
12. Keluarga rekan-rekan di Laboratorium Teknik Elektronika, Bagus, Ryandi, Ridwan, Annisa, Rahmat, Andres, Mahesa, Azra, Steveen, Wahyudi, Faisal, Wildhan, Haqqu, Hud, Farda, dan Esa yang selalu memberikan dukungan, pertolongan, canda tawa, dalam setiap proses apapun selama menjadi asisten laboratorium teknik elektronika.
13. Keluarga besar Angkatan 2020, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
14. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan terlibat langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam pembuatan skripsi.

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

Bandar Lampung, 10 Agustus 2024
Penulis,



Adzom Muhajirin

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **v**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **vi**

SURAT PERNYATAAN ..... **vii**

RIWAYAT HIDUP ..... **viii**

PERSEMBAHAN ..... **ix**

SANWACANA ..... **xi**

DAFTAR ISI ..... **xiv**

DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**

DAFTAR TABEL ..... **xix**

I. PENDAHULUAN **1**

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 3

1.3. Batasan Masalah 3

1.4. Tujuan Penelitian 3

1.5. Manfaat Penelitian 4

1.6. Hipotesis 4

1.7. Sistematika Penulisan 4

II. TINJAUAN PUSTAKA 6

2.1. Penelitian Terkait 6

2.2. Suhu Tanah 7

2.3. Sensor DS18B20 8

2.4. Sensor *Flame* (Sensor Api) 9

2.5. Sensor *Soil Moisture* 11

2.6. Mappi32 12

2.7. Buzzer 13

2.8. Arduino IDE 14

2.9. *Internet of Things* 14

2.10. Metode *Fuzzy Logic* 15

2.11. Node-Red 16

2.12. MQTT 17

2.13. Metode Regresi Linear 17

2.14. Metode Regresi Non-Linear 18

2.15. Metode Gravimetri 19

2.16. Galat 20

2.17. Akurasi 20

III. METODE PENELITIAN 21

3.1. Waktu dan Tempat 21

3.2. Alat dan Bahan 21

3.3. Spesifikasi Alat 22

3.4. Prosedur Penelitian 22

3.5. Diagram Blok Penelitian 24

3.6. Perancangan Alat 24

3.6.1. Desain Alat 25

3.6.2. Skenario Lokasi Penelitian 26
3.7. Perancangan *Fuzzy Logic* 27
3.8. Perancangan Sistem *Internet of Things* 33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAAN 35
4.1. Prinsip Kerja Alat 35
4.2. Pengujian Sensor DS18B20 37
4.3. Pengujian Sensor *Soil Moisture* 39
4.4. Pengujian Sensor *Flame* 45
4.5. Pengujian *Fuzzy Logic* 47
4.6. Pengujian Sistem *Internet of Things* 52
4.7. Pengujian Sistem Keseluruhan 59
V. PENUTUP 66
5.1. Kesimpulan 66
5.2. Saran 66
DAFTAR PUSTAKA 67
LAMPIRAN 70

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2. 1. Sensor DS18B20 8
Gambar 2. 2. Sensor *Flame* 10
Gambar 2. 3. Soil Moisture 11
Gambar 2. 4. Mappi32 Kit 13
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian 23
Gambar 3. 2. Diagram Blok Penelitian 24
Gambar 3. 3. Sketsa Box Prototipe 25
Gambar 3. 4. Skematic Prototipe 26
Gambar 3. 5. Skenario Lokasi Penelitian 26
Gambar 3. 6. Variabel Suhu Tanah 27
Gambar 3. 7. Variabel Kondisi Tanah 28
Gambar 3. 8. Variabel Api 29
Gambar 3. 9. Variabel Status Buzzer 30
Gambar 3. 10. Flowchart Sistem Internet of Things 34
Gambar 4. 1. 1. Prototipe Penelitian 35
Gambar 4. 2. 1. Hubungan Regresi Linear 38
Gambar 4. 3. 1. Pengambilan Data Pembacaan Sampel Tanah Oleh Sensor 41
Gambar 4. 3. 2. Hubungan Antara Hasil Nilai Pembacaan Sensor Soil Moisture Dengan Humidity 42
Gambar 4. 3. 3. Kode Program Kalibrasi Sensor Soil Moisture 44

Gambar 4. 4. 1. Hasil Pengujian Jarak Dengan Pembacaan ADC Dan Persentasenya 47
Gambar 4. 6. 1. Alur Kerja Sistem Monitoring Dalam Node-Red 54
Gambar 4. 6. 2.Tampilan Sistem Monitoring Pada Website Dashboard Node-Red 56
Gambar 4. 6. 3. Tampilan Pencatatan Data Oleh Database MySQL 57
Gambar 4. 7. 1. Data Hasil Pengujian Prototipe Pada Malam Hari 60
Gambar 4. 7. 2. Tampilan Dashboard Node-Red Saat Pengujian Keseluruhan 63

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2. 1. Penelitian Terkait 6
Tabel 2. 2. Spesifikasi Sensor DS18B20 9
Tabel 2. 3. Spesifikasi Sensor *Flame* 10
Tabel 2. 4. Spesifikasi Sensor *Soil Moisture* 12
Tabel 2. 5. Spesifikasi Mappi32 13
Tabel 3. 1. *Rules Base* Pengujian 32
Tabel 4. 2. 1. Hasil Pengujian Sensor Suhu Sebelum Kalibrasi 37
Tabel 4. 2. 2. Hasil Perhitungan Regresi Linear Kalibrasi Sensor Suhu 38
Tabel 4. 2. 3. Hasil Pengujian Sensor Suhu Terkalibrasi 39
Tabel 4. 3. 1. Nilai Kelengasan Sampel Tanah Hasil Pengkondisian Awal 40
Tabel 4. 3. 2. Pengambilan Hasil Pembacaan Nilai ADC Soil Moisture 42
Tabel 4. 3. 3. Perhitungan regresi non-linear data sensor Soil Moisture 43
Tabel 4. 3. 4. Hasil Pengujian Kelengasan Tanah dengan Sensor Terkalibrasi 45
Tabel 4. 4. 1. Hasil Pengujian Pembacaan Sensor *Flame* 46
Tabel 4. 5. 1. Sampel Hasil Pembacaan Tiga Sensor dan Hasil Fuzzy Logic 48
Tabel 4. 6. 1. Pengujian QoS Pada Sistem Internet of Things 58
Tabel 4. 7. 1. Pengujian Prototipe di Sebelah Gazebo Lab. Baja 64

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peristiwa kebakaran hutan adalah suatu momen buruk oleh nyala api yang memusnahkan properti dan material vegetasi. Beberapa faktor pendukung terjadinya kebakaran disebabkan oleh faktor alam ataupun tangan jahil manusia. Bisa dilihat dari dampak kondisi seperti gunung meletus, kekeringan akibat panas matahari, membuang puntung rokok, kelalaian manusia, keegoisan individu dalam pembukaan lahan dengan perilaku kotor membabat habis hutan menggunakan api pembakaran dan bentuk pelanggaran lainnya menjadi pemicu kebakaran. Sebenarnya kebakaran telah diupayakan kegiatan antisipasi dengan cara rutin melakukan pemantauan mandiri terhadap hal yang dapat menyebabkan kebakaran yang sering terjadi. Terjadinya kebakaran hasil dari sebuah peristiwa oksidasi terikatnya tiga buah unsur, yaitu bahan, oksigen, dan panas yang beresiko besar membahayakan keselamatan manusia dan menelan kerugian material [1].

Dampak pasca kebakaran berkaitan erat terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Dalam kurun waktu singkat kebakaran yang memusnahkan bahan organik tanah terdapat sisi positif terhadap bertambahnya ketersediaan hara. Secara tidak langsung, kebakaran berkontribusi pada produktivitas vegetasi global dan keanekaragaman hayati dan akibatnya meningkatkan layanan ekosistem. Namun, fokus yang patut diwaspadai apabila terjadi curah hujan tak menentu setelah kebakaran. Air hujan akan menghanyutkan abu organik atau bahan organik yang mestinya bermanfaat bagi tanah. Pasca kebakaran merubah sifat kimia-fisik di dalam kandungan tanah karena menyebabkan hilangnya bahan organik. Dengan kehilangan bahan organik beresiko ke dalam

kehidupan organisme karena berguna sebagai sumber energi dan hara serta berkelanjutan dapat menciderai stabilitas penyusun lapisan tanah (agregat tanah) ataupun sifat–sifat fisik tanah lainnya. Sehingga terjadinya penurunan kualitas tanah.

Mengingat pentingnya kebakaran hutan, banyak penelitian telah mengeksplorasi faktor-faktor pengendalinya. Diketahui banyak hubungan kompleks antara kebakaran hutan dan berbagai variabel seperti iklim, jenis vegetasi, dan pengaruh ulah manusia. Tergantung dimana kepentingannya masing-masing bervariasi musim dan wilayah. Dalam konteks ini, terindentifikasi bahwa kelengasan tanah sebagai variabel kunci untuk memahami dan memprediksi kebakaran hutan [2]. Kelengasan tanah didefinisikan sebagai air yang terkandung dalam zona tak jenuh yang memengaruhi pertumbuhana vegetasi dan akumulasi bahan bakar kebakaran karena menentukan kadar air vegetasi.

Kelengasan tanah yang basah dan kering secara berturut-turut mendorong terjadinya kebakaran. Hal tersebut dikarenakan tanah basah sebagai pendukung akumulasi biomassa. Sementara saat pengeringan berikutnya membatasi peningkatan biomassa lebih lanjut dan kemungkinan menyebabkan kandungan air vegetasi yang mengarah ke sifat mudah terbakar. Pengaruh signifikan kelengasan tanah terhadap kondisi vegetasi yang mendorong kebakaran secara tidak langsung memengaruhi probabilitas dan ukuran kebakaran.

Kelengasan tanah dipengaruhi oleh suhu tanah. Suhu tanah yang meningkat akan membuat kelengasan tanah menurun. Salah satu penyebab keduanya dikarenakan radiasi matahari yang mempercepat laju penguapan dan meningkatkan suhu tanah. Selain itu, penguapan bisa disebabkan juga perpindahan panas akibat terjadinya kebakaran atau aktivitas pertukaran energi di dalam tanah. Laju penguapan yang tinggi akan membatasi pergerakan air ke dalam profil tanah. Walaupun demikian, kelengasan tanah memiliki pengaruh signifikan pada kondisi vegetasi yang mendorong kebakaran dibandingkan suhu tanah.

Pada penjabaran sebelumnya terindentifikasi kelengasan tanah dan suhu tanah saling terhubung sebagai pertanda potensi kebakaran maka diperlukan

pengendalian dan pemantauan secara berkala. Caranya dengan mengaplikasikan konsep pemantauan jarak jauh dengan internet atau lebih dikenal dengan konsep *Internet of Things*. Pada rancangan IoT bisa menggabungkan beberapa sensor yang bisa memantau suhu tanah, kondisi tanah, bisa mengindikasi nyala api dan memberikan status peringatan. Masalah ini mendorong peneliti untuk bertekad membuat rencana perancangan *prototype* sistem pemantauan kekeringan tanah sebagai upaya pengendalian potensi kebakaran dengan metode *fuzzy logic* berbasis *Internet of Things* dapat dijadikan solusi preventif terjadinya kebakaran akibat keringnya tanah berkepanjangan yang bisa mendorong vegetasi mati kekeringan, atau tindakan buruk manusia

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem monitoring kekeringan tanah dengan metode *fuzzy logic* terintegrasi *Internet of Things* secara berkala dari jarak jauh.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah.

1. Membuat *prototype* sistem pemantauan kekeringan tanah menggunakan metode *fuzzy logic* yang dapat digunakan untuk memantau kondisi tanah secara berkala.
2. Proses pemantauannya menggunakan media *Dashoboard* Node-Red.
3. Hanya memberikan tindakan status peringatan kebakaran.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah merancang *prototype* sistem monitoring kekeringan tanah dengan metode *fuzzy logic* dalam memberikan status peringatan kebakaran dan proses pemantauannya terintegrasi *Internet of Things.*

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah terintegrasinya sistem pemantauan kekeringan tanah sebagai upaya mencegah dan meminimalisasi potensi terjadinya kebakaran sehingga dapat terhindar dari kerugian kebakaran dengan pemantauannya menggunakan *Internet of Things* secara berkala.

1.6. Hipotesis

Pada penelitian ini diharapkan sistem pemantauan kekeringan tanah dapat memberikan tindakan peringatan saat terdapat potensi kebakaran dengan memberi status peringatan dan bisa melakukan pemantauan kondisi tanah menggunakan *Internet of Things*.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini terdiri dari lima bab yaitu sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Bab I Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab II Tinjauan Pustaka berisi mengenai teori pendukung dari referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal, datasheet dan penelitian ilmiah yang berkaitan dan akan digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab III Metodologi Penelitian berisi mengenai informasi berkenaan tentang waktu dan tempat penelitian, peralatan yang digunakan, tahapan penelitian, dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV Hasil dan Pembahasan berisi tentang proses pengambilan data, hasil yang didapatkan saat penelitian dan analisis data dari hasil penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V. Kesimpulan dan Saran berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang didasarkan pada data hasil mengenai perbaikan maupun pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian terkait mengambil dari beberapa contoh penelitian yang telah dilakukan sebagai acuan atau rujukan dalam penelitian yang sedang dilakukan yang terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Penelitian Terkait

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tema Penelitian
1.	Aldo Napu, Olivia Kembuan dan Kristofel Santa pada tahun 2022	Sistem Peringatan Dan Penanganan Dini Kebakaran Berbasis *Internet of Things* (IoT)	Penelitian ini dijadikan referensi pertama dengan judul "Sistem Peringatan Dan Penanganan Dini Kebakaran Berbasis *Internet of Things* (IoT)". Ide penelitian dimaksudkan untuk membuat sistem pendeteksi tanda-tanda kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada penelitian ini menggunakan mikrokontroller ESP8266 dengan ketiga sensornya yakni, sensor *Ir Flame*, Gas MQ2, ESP32 CAM dan Sensor Suhu DHT11. Pemantauannya dilakukan pada aplikasi *Bylink.*

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tema Penelitian
2.	Dede Rizki Fitriadi, Adnan Rafi Al Tahtawi, Trisiani Dewi Hendrawati dan Samirah Rahayu pada tahun 2022	Sistem pencegahan dini kebakaran gedung menggunakan logika *fuzzy* dengan inferensi Mamdani berbasis IoT	Penelitian ini dijadikan referensi kedua dengan judul" Sistem pencegahan dini kebakaran gedung menggunakan logika *fuzzy* dengan inferensi Mamdani berbasis IoT". Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* Mamdani untuk sistem deteksi kebakarannya. Logika *fuzzy* dengan metode inferensi Mamdani dimaksudkan sebagai algoritma pengambilan keputusan dalam menentukan tingkat pemadaman api saat terjadi potensi kebakaran.
3.	Daffa Abiyyu Awwal, Ayusta Lukita Wardani, Widi Aribowo, Aditya Chandra Hermawan pada tahun 2023	Rancang Bangun Alat Proteksi Pemutus Aliran Listrik saat Banjir Berbasis Node-Red	Penelitian ini dijadikan referensi ketiga dengan judul" Rancang Bangun Alat Proteksi Pemutus Aliran Listrik saat Banjir Berbasis Node-Red". Penelitian ini menggunakan aplikasi Node-Red untuk pemantauan sistem dengan menerapkan komunikasi MQTT. Dengan ini, digunakannya perancangan alat sebagai pemutus aliran listrik dirumah otomatis dan juga pemantauan untuk dapat mengetahui ketinggian air melalui Node-Red.

2.2. Suhu Tanah

Suhu tanah merupakan salah satu sifat fisika tanah yang sangat berpengaruh terhadap proses-proses dalam tanah. Temperatur adalah suatu sifat tanah yang sangat penting, secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dan juga terhadap kelembapan, aerasi, struktur, aktivitas mikrobial, dan enzimatik, dekomposisi serasah/sisa tanaman dan ketersediaan hara-hara tanaman. Suhu tanah merupakan salah satu faktor dalam pertumbuhan tanaman yang penting

sebagaimana halnya air, udara, dan unsur hara. Dalam teori, sebagian besar mikroorganisme tanah yang hidup akan mati dalamsuhu mendekati 50°C karena tidak berfungsinya enzim dan komponen sel penting lainnya [3]. Meskipun suhu pemanasan tanah selama api berbanding terbalik dengan kelangsungan hidup mikroba, dengan sterilisasi lengkap pada tingkat kelembaban tanah yang rendah dan pada suhu yang lebih tinggi dari 200°C pemanasan yang lebih lama durasi yang lebih lama dapat menyebabkan kematian mikroba yang signifikan pada suhu yang jauh lebih rendah. Suhu tanah yang baik bagi tanaman memiliki rentang nilai minimum pada 10°C dan maksimum 40°C [4]. Pengukuran suhu tanah biasanya dilakukan pada kedalaman 5—100 cm, menggunakan berbagai macam peralatan [5].

2.3. Sensor DS18B20

Suhu tanah adalah aspek dengan konsep yang biasanya bersifat luas, karena pengunaannya bisa dijadikan pemilihan atas tingkatan sifat-sifat panas dari suatu sistem. Dalam proses biologis juga terdapat akibat dari kondisi suhu tanah seperti awalnya perkecambahan biji, dilanjut pertumbuhan benih dan pengaruh ke perkembangannya, perkembangan perakaran, maupun aktivitas mikrobia di dalam tanah. Selain itu, suhu tanah andil bagian besar pada proses pertumbuhan menyebabkan berbagai jenis tanaman mempunyai suhu batas minimum, optimum, dan maksimum terhadap tingkatan alur pertumbuhan. Faktor-faktor lainnya bisa mempengaruhi tinggi rendahnya suhu tanah. Salah satunya yakni sisi di dalam tanah tersebut berupa kadar air tanah.

Gambar 2. 1. Sensor DS18B20

Proses perkembangan akar, perkecambahan biji dan pertumbuhan kecambah menjadi bukti betapa pentingnya suhu tanah. Kendali penuh atas perubahan suhu tanah dapat dilakukan dengan cara penambahan atau pengurangan air. Suhu tanah perlu dipantau dan diukur bisa dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 *waterproof.* Dengan spesifikasi mumpuni dalam hal kemampuan tahan air, sensor ini terjamin dalam mengukur suhu pada tempat yang sulit atau basah seperti di dalam tanah. Sensor DS18B20 mempunyai keluaran berupa data digital berbentuk data suhu dalam satuan °C atau °F. Untuk pembacaan suhu, protokol 1 *wire communication* atau tidak lain menggunakan kabel yang sedikit diterapkan pada sensor ini [6]. Sensor suhu tipe DS18B20 menyediakan ketelitian 9 bit hingga 12 bit yang dapat pengguna atur bentuk konfigurasi datanya. Alasannya dari unit sensor DS18B20 berisikan suatu silicon serial *number* yang khas, maka jika digabungkan beberapa sensor dapat terpasang dalam 1 bus yang memungkinkan proses pembacaan suhu dari berbagai tempat. Cukup ditancapkan ditanah pada kedalaman 5 cm, sensor akan membaca nilai suhu [7].

Sensor DS18B20 termasuk jajaran sensor digital yang sangat presisi dan mampu membaca suhu dengan kisaran -55°C sampai 125°C [8]. Bahkan, kemampuan akurasi sebesar +/-0.5°C dari rentang suhu -10°C sampai +85°C. Besar dari rentang kebutuhan dayanya adalah 3.0V hingga 5.5V. Lebih lengkap mengenai spesifikasi sensor DS18B20 dapat dilihat pada Tabel 2. 2.

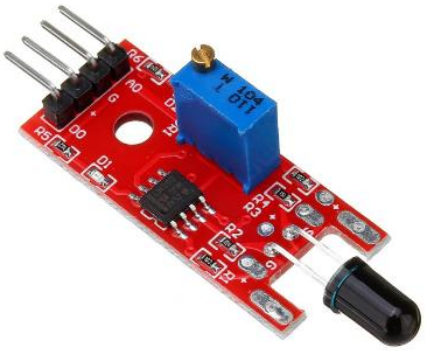
Tabel 2. 2. Spesifikasi Sensor DS18B20

Spesifikasi	Deskripsi
Power Supply	3.0 V–5.5 V
Batas Pengukuran Suhu	-55°C hingga 125°C atau -67°F hingga 257°F
Akurasi ±5°C	-10°C hingga +85°C
Ketelitian	9 hingga 12-bit

2.4. Sensor *Flame* (Sensor Api)

Sensor api jenis KY-026 merupakan jenis sensor yang berkemampuan untuk mendeteksi api atau radiasi dari sumber cahaya. Jenis sensor ini memiliki karakteriktik dalam mendeteksi sumber cahaya dengan panjang gelombang

yang terbaca antara 760 nm hingga 1100 nm [8]. Berbeda jika pembandingnya cahaya ultraviolet memancarkan cahaya dengan panjang gelombang area 300 — 400 nm. *Flame* sensor merupakan sebuah sensor pendeteksi api yang bekerja dengan metode optik untuk mendeteksinya. *Flame* sensor sering kali digunakan untuk mengetahui keberadaan api, lain halnya dengan panas sinar inframerah dan sinar ultraviolet.



Gambar 2. 2. Sensor *Flame*

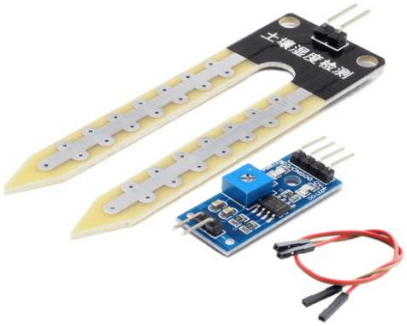
Pada *Flame* sensor juga menggunakan tranduser yang berupa inframerah sebagai *sensing* sensor. Fungsi transdusernya untuk mendeteksi proses akan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu, sehingga jenis alat ini mampu mengenali perbedaan antara spektrum cahaya pada api dengan spektrum cahaya lainnya seperti spektrum cahaya lampu jalan. Proses tersebut menjadi prinsip kerja dari sensor api. Spesifikasi sensor *Flame* dapat dilihat pada Tabel 2. 3.

Tabel 2. 3. Spesifikasi Sensor *Flame*

Spesifikasi	Deskripsi
Tegangan Kerja	3.3 V – 5 V
Arus Kerja	15 mA
Jenis Comparator Chip	LM393
Tipe sensor	YG1006 Photo Transistor
Tipe Keluaran	Keluaran Digital atau Analog
Jenis LED	LED merah sebagai indikator daya dan LED hijau sebagai indikator keluaran
Range Of The Spectrum	760 nm – 1100 nm
Besar sudut pembacaan	0 – 60 derajat
Rentang operasi suhu	-25 °C– 85 °C

2.5. Sensor *Soil Moisture*

Sensor *Soil moisture* dengan sebutan lain sensor YL adalah salah satu jenis sensor yang mampu melakukan deteksi keberadaan intensitas air yang ada dalam tanah (*moisture*). Sensor *Soil Moisture* (kelengasan tanah) berguna untuk mengukur angka kadar air pada suatu media tanah secara relatif dengan respon balik berupa tegangan listrik. Sensor ini dilengkapi dengan dua probe seperti batangan besi untuk bisa melewatkan aliran arus melalui tanah, kemudian memproses pembacaan resistansinya untuk memperoleh besar nilai tahap kelengasan. Indikasinya yang didapatkan jika semakin melimpah air akibatnya terhadap tanah akan lebih memudahkan proses menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sukar proses menghantarkan listrik (resistansi besar) [9]. Kedua masalah tersebut merupakan media pembacaan yang akan mengkonduksikan tegangan analog yang nilainya tergolong relatif kecil. Dengan harapan dari tegangan yang terbaca nantinya akan diubah menjadi tegangan digital untuk kirimkan dan diproses ke dalam mikrokontroller.



Gambar 2. 3. Sensor *Soil Moisture*

Prinsip kerja jenis sensor *soil moisture* sangat sederhana yakni cukup menancapkan *probe* ke media tanah, sehingga ideal untuk memantau kelembapan taman kota atau kadar air pada tanaman pekarangan. Parameter sensor jenis ini terbagi dari dua jenis yaitu *resistant* dan *capasistive*. Keduanya punya perbedaan yg sangat jauh antara *resistant* dan *capasistive*. Sensor *capasistive* dengan ciri khas bentuknya yang kokoh dan anti korosi karat. Sensor *resistant* memerlukan paparan langsung antara elektrode ke dalam tanah. Selain itu, spesifikasi sensor *soil moisture* bisa dilihat pada Tabel 2. 3.

Tabel 2. 4. Spesifikasi Sensor *Soil Moisture*

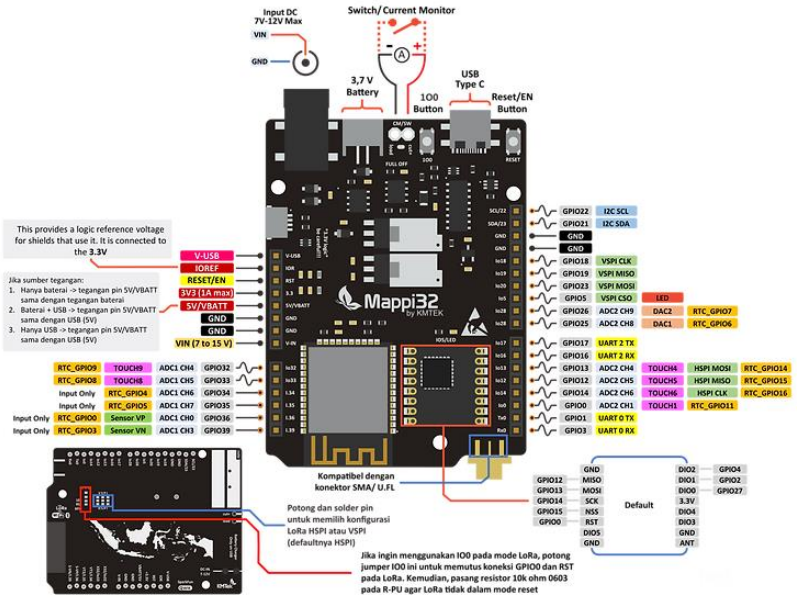
Spesifikasi	Deskripsi
Tegangan Kerja	3.3 V – 5 V
Arus Kerja	<20 mA
Tipe Keluaran	Analog dan Digital
Ukuran PCB	60 x 20 mm
IC	LM393
Batas pengukuran ADC	10 – 12 Bit

2.6. Mappi32

Mappi32 merupakan sebuah *development board* IoT yang mulanya diproduksi oleh Karya Merapi Teknologi (KMTek) Indonesia. Dalam sebuah *development board* ini telah dilengkapi langsung *chip* LoRa dan *development board* ini dapat juga dimanfaatkan sewajarnya pada penggunaan mikrokontroler Arduino. Mappi32 menggunakan frekuensi radio dalam melakukan pertukaran informasi, modul ini beroperasi pada kisaran frekuensi 920—923 MHz disesuiakan dengan frekuensi yang legal digunakan untuk penerapan LoRa di Indonesia [10]. LoRa merupakan suatu sistem komunikasi nirkabel yang memiliki kemampuan jaringan jarak jauh hingga 15 km dengan kondisi *Line of Sight* (LOS) dan hanya menggunakan daya rendah sehingga bisa menerapkan konsep IoT [11]. Modulasi yang dihasilkan oleh LoRa sama halnya dengan modulasi FM. Teknik modulasinya memakai prinsip modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) diterapkan oleh LoRa cukup unik, yaitu mengalokasikan seluruh *bandwidth* terhubung untuk memancarkan sinyal, sehingga bisa terjadi meningkatkan sinyal komunikasi LoRa menjadi lebih kuat [12]. Teknik modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) yang membuka peluang untuk mengirim data jarak jauh berdaya rendah melalui pita *Instrumentation Science and Medical* (ISM) yang tanpa berlisensi. Mirip dengan komunikasi radio umumnya, mengharuskan frekuensi antara Mappi32 dengan LoRa *gateway* tentulah harus sama, sehingga terjalin komunikasi antar kedua *device* dapat dilakukan. Apabila tidak ada persamaan pada nilai frekuensi pada salah satu *device* mengakibatkan proses transfer data tidak akan dapat diterima maupun dikirim dari sisi Mappi32 dan LoRa *gateway*. Adapun spesifikasi dari Mappi32 dapat dilihat pada Tabel 2. 5.

Tabel 2. 5. Spesifikasi Mappi32

Spesifikasi	Deskripsi
Prosesor	ESP WROOM-32E 16 MB OTA
Quad layer PCB	Dual Core 32 bit
LoRAWAN	RFM95 LoRAWAN
CPU Frekuensi	240 MHz
Voltage	3.3 V
Port I/O	USB Type C, Power Jack
Support	Arduino IDE,ESP IDF, microPhyton



Gambar 2. 4. Mappi32 Kit

2.7. Buzzer

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronika yang mampu mengeluarkan gelombang suara sehingga biasa digunakan sebagai indikator. Buzzer atau speaker pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama merupakan komponen yang memiliki peranan dalam mengubah arus listrik menjadi suara [13]. Prinsip kerjanya terbagi dari kumparan yang terpasang pada diafragma, adanya kumparan tersebut saat telah dialiri arus listrik menyebabkan terjadinya proses *electromagnetic.* Kumparannya akan bertindak seperti tertarik kedalam atau keluar berkaitan erat dengan polaritas magnetnya. Agar membuat udara bergetar dan menghasilkan suara yang diinginkan, maka

ditetapkanlah bahwa letaka kumparannya dipasang pada diafragma dan berhasi terbentuk proses getaran diafragma secara bolak-balik.

2.8. Arduino IDE

Arduino IDE merupakan sebuah *software* yang berguna untuk memasukkan program dari pengguna pada berbagai jenis mikrokontroller dengan bahasa pemrograman C++. Pada penulisan programnya merupakan hasil kombinasi dan penggabungan antara bahasa C++ dan java. Selain itu, Arduino IDE telah menyediakan lingkungan pengembangan yang lengkap bagi *programmer* untuk memprogram berbagai tipe mikrokontroler yang ada. Arduino IDE berisikan editor bacaan yang membantu menulis kode program, zona pesan informasi, dan konsol bacaan. Arduino IDE juga terdefinisi sebagai *tool* yang kegunaannya lengkap untuk menuliskan program dan mengompilasinya, serta sekaligus mampu mengunggahkan hasil deretan program ke papan mikrokontroller [14]. Diketahui pada Arduino IDE telah terbagi beberapa bagian, yakni *editor program*, *compiler* dan *uploader.* Editor program berguna untuk penulis dalam penyusunan kode program dengan bahasa program dan *listing* program pada *sketch*. *Compiler* yakni sebuah modul yang membantu mengubah dari bahasa *processing* (kode program) ke dalam kode biner yang dipahami oleh mikrokontroller. *Uploader* adalah sebuah modul yang berfungsi untuk memasukkan kode-kode biner pada memori yang terdapat pada mikrokontroller.

2.9. *Internet of Things*

Internet of Things atau akronimnya IoT adalah sebuah konsep yang bertujuan memperluas manfaat dan mengoptimalkan dari keberadaan akan konektivitas internet dengan terhubung secara terus menerus. Infrastruktur IoT tersusun atas jejaringan yang telah terbentuk dan internet disertai keterkaitan terhadap pengembangannya. Hal ini menimbulkan ketertarikan akan tawaran berbagai identifikasi obyek benda/perilaku, identifikasi terhadap sensor dan kemampuan koneksi yang menjadi fundamental untuk pengembangan layanan dan aplikasi

koperatif yang bisa aktf berdiri secara independent. Bahkan, juga dicirikan dengan timbulnya data *capture* yang banyak, terjadinya *event* transfer serta konektivitas pada jaringan yang dipakai. Adapun dasar prinsip kerja perangkat IoT adalah suatu hasil perwujudan entitas di dunia nyata disematkan identitas unik dan bisa bersangkutan dengan sistem komputer serta mampu direpresentasikan keberadaannya dalam bentuk data di sebuah sistem komputer. Penggunaan dari cara kerja *Internet of Things* yakni pemanfaatan akan luasnya argumentasi pemrograman sesuai inovasi dari pengguna yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah perilaku interaksi antara sesama mesin yang terkoneksi secara otomatis dan bergerak tanpa kendali penuh manusia dalam jarak berapapun [15].

2.10. Metode *Fuzzy Logic*

Logika *fuzzy* merupakan metode yang mampu digunakan untuk memproyeksikan suatu ruang masukan ke arah dalam ruang keluaran yang mempunyai nilai kontiyu tergantung bobot yang dirancang pada logikanya. Kelebihan yang menarik dari logika *fuzzy* adalah kemampuan dalam proses penalaran logika samar secara bahasa (*linguistic reasoning*). *Fuzzy Inference System* (FIS) didefinisikan sebagai sebuah struktural kerja perhitungan mengikuti ide konkrit himpunan *fuzzy* dan pemikiran *fuzzy* yang digunakan dalam penetapan akhir kesimpulan atau suatu keputusan dalam sebuah masalah yang diinginkan tuntas [16]. Dalam pengaplikasiannya menerapkan aturan (*rule*) *IF-THEN fuzzy* dimaksudkan pada suatu pernyataan *IF-THEN*, dimana beberapa kata dalam suatu pernyataan yang diputuskan oleh desain fungsi keanggotaan. Pengolahan penggunaan logika *fuzzy* itu mesti diperhatikan beberapa hal pendukung adalah salah satunya dalam pemrosesan mengolah *input* menjadi *output* melewati tahap sistem inferensi *fuzzy*. Metode inferensi *fuzzy* atau pilihan jalan menjabarkan pemetaan yang dibuat dari masukan yang diberikan kepada sebuah keluaran. Proses metode tersebut menggabungkan suatu fungsi keanggotaan, operasi logika, serta aturan *IF-THEN* [17]. Hasil dari prosesnya membentuk sebuah sistem yang disebut dengan FIS. Telah

dikenali jenis FIS dari logika *fuzzy* tersedia diantaranya meliputi Mamdani, Sugeno, dan Tsukamoto.

Algoritma logika *fuzzy* menjadi pilihan algoritma bagi peneliti yang sering diaplikasikan pada penelitian yang berkaitan dengan pengambilan keputusan. Dalam menentukan keputusan metode *fuzzy* mamdani terdapat dua proses penting yaitu *fuzzifikasi* dan *defuzzifikasi*. Kedua proses tersebut berguna dalam menentukan perubahan masukkan dari bentuk tegas menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) dan menentukan hasil nilai penegasan, jika dilihat dari metode mamdani dengan andalannya pada penggunan metode centroid (*Composite Moment*). Adapun *fuzzy logic* mesti dilakukan bertahap yang mana ada empat tahapan dalam penaksiran kesimpulan, yaitu pertama, proses fuzzifikasi variabel. *Input* diubah menjadi bentuk variabel *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan dan menentukan himpunana *fuzzy*. Kedua, inferensi variabel dengan *input* diproses dengan pemilihan aturan – aturan (*rules*) yang telah ditentukan sesuai fungsi implikasi seperti metode mamdani dengan pengelompokan min. Ketiga, komposisi variabel dengan hanya menetapkan *output* dari semua aturan akan digabungkan menjadi himpunan *fuzzy* baru. Keempat, proses *defuzzifikasi* variabel dengan penggunaan hasil *output* dari himpunan *fuzzy* akan dikonversikan kembali ke bentuk bilangan dengan menggunakan fungsi keanggotaan telah digunakan sebelumnya atau bisa disebut domain himpunan *fuzzy*.

2.11. Node-Red

Node-Red merupakan sebuah produk visual yang digunakan untuk menghubungkan perangkat keras, API dan layanan *online* dalam rangka menghimpun koneksi *Internet of Things* dengan membantu penggunanya mengembangkan cara yang inovatif dan menarik. Berbeda dengan platform lainnya, Node-Red menggunakan bahasa pemrograman visual. Maksud visualnya dapat dilihat aplikasinya yang tidak dibuat sebagai rangkaian kode, melainkan sebagai sebuah alur (*flow*) mirip seperti jaringan. Alur tersebut terbentuk dari node-node yang saling terhubung, tanpa mengubah fungsi nodenya karena setiap node bertugas untuk menjalankan tugas tertentu [18].

Dalam Node-Red, tersedia pengembangan berbagai jenis node sesuai kebutuhan yang dapat membantu pengembang meningkatkan produktivitas ide dan gagasan pemrograman secara langsung. Program tersebut menyediakan sebuah editor berbasis browser yang menjadikannya kemudahan bagi pengguna untuk menyatukan aliran menggunakan berbagai node di palet. Semuanya bisa digunakan untuk *run-time* dalam satu klik jalankan.

2.12. MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) didefinisikan sebagai sebuah protokol konektivitas IoT *transport* yang menggunakan model *publish/subscribe* untuk memungkinkan pengguna dalam komunikasi berbatas antara *client* dan server. Penggunaannya dalam arsitektur *publish/subscribe* dalam rancangannya secara luas dan mudah untuk diimplementasikan. Bahkan, berkemampuan menangani ribuan *client* tanpa memandang jarak dengan hanya satu server. MQTT membantu meminimalisasi penggunaan *bandwidth* jaringan dan kebutuhan sumber daya perangkat ketik melakukan percobaan untuk menjamin kehandalan dan pengiriman informasi. Hal ini menjadi keunggulaan MQTT karena dengan ketersediaan *bandwidth* rendah dan *latency* tinggi mampu menghubungkan berbagai aplikasi *mobile* [19]. MQTT mempunyai sebuah spesifikasi ukuran pesan kecil dan kebal terhadap segala macam kondisi jaringan, sehingga pengaplikasiaannya tentu mampu memberikan dukungan terhadap konsep IoT untuk mengomunikasikan beragam perangkat komunikasi dalam berbagai kondisi jaringan secara rutin dan *real-time*.

2.13. Metode Regresi Linear

Regresi Linear sederhana adalah metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara dua variabel, yaitu variabel independen (biasanya disebut sebagai "X") dan variabel dependen (biasanya disebut sebagai "Y"). Tujuannya adalah untuk menemukan garis lurus terbaik (garis regresi) yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai Y berdasarkan nilai X

yang baru atau yang belum diketahui. Regresi linear sederhana dapat diwakili dengan rumus berikut:

$$Y = a + bX \quad (2.13.1)$$

Dimana, Y adalah variabel dependen / yang ingin diprediksi (dalam hal ini, nilai sensor sebenarnya), X adalah variabel independen atau yang digunakan untuk melakukan prediksi (dalam hal ini, data mentah pembacaan sensor), a adalah intercept (nilai Y ketika X adalah 0), dan b adalah koefisien regresi (menunjukkan seberapa besar perubahan dalam Y yang diharapkan ketika X meningkat satu unit). Nilai a dan b dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$a = \frac{(\sum y) - b(\sum x)}{n} \quad (2.13.2)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (2.13.3)$$

2.14. Metode Regresi Non-Linear

Regresi non-linear adalah metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel independen (x) dan variabel dependen (y) yang sifatnya tidak linear. Dalam regresi non-linear, keterkaitan antara variabel x dan y dimodelkan menggunakan fungsi matematika yang tidak linear. Salah satu jenis regresi non-linear yang umum adalah regresi berpangkat, di mana hubungan antara variabel independen dan dependen dinyatakan dalam bentuk fungsi berpangkat. Fungsi berpangkat memiliki bentuk seperti ini:

$$y = ax^b \quad (2.14.1)$$

Selain itu, Persamaan 2.14.1 dapat ditulis pula menjadi:

$$\log y = b \log x + \log a \quad (2.14.2)$$

Dimana:

$Y = \log y$

$C = \log a$

$m = b$

$X = \log x$

Maka persamaan yang dihasilkan tertulis menjadi bentuk regresi non-linear sederhana.

$$Y = mX + C \tag{2.14.3}$$

Dengan *slope* (m):

$$m = \frac{N\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N\sum X_i^2 - (X_i)^2} \tag{2.14.4}$$

Perhitungan *intercept* (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N\sum X_i^2 - (X_i)^2} \tag{2.14.5}$$

Perhitungan koefisien korelasi (r):

$$r = \frac{N\sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N\sum X_i^2 - (X_i)^2}\sqrt{N\sum Y_i^2 - (Y_i)^2}} \tag{2.14.6}$$

koefisien determinasi (R^2):

$R^2 = r^2$

2.15. Metode Gravimetri

Pengukuran kelengasan tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode salah satunya adalah metode gravimetri [20]. Metode gravimetri merupakan metode yang sering digunakan dan disebut pula metode yang dilakukan secara langsung melalui pengukuran perbedaan berat tanah. Metode langsung secara gravimetri memiliki akurasi yang sangat tinggi namun membutuhkan waktu dan tenaga yang sangat besar. Pada prinsipnya mencakup pengukuran kehilangan air dengan menimbang sampel tanah sebelum dan sesudah dikeringkan pada suhu 100—110º C dalam oven sampai berat tanahnya konstan. Adapun persamaan untuk menentukan kelengasan tanah dengan menggunakan metode gravimetri adalah

$$kat = \frac{mbt - mkt}{mkt} \times 100\% \tag{2.15.1}$$

kat = kadar air tanah (%)

mbt = massa basah tanah (gr)

mkt = massa kering tanah (gr)

2.16. Galat

Nilai galat adalah selisih antara mean terhadap masing-masing data. Rumus galat dapat dilihat pada Persamaan 2.16.1.

$$\%Galat = \left|\frac{Ny-Nx}{Ny}\right| \times 100\% \quad (2.16.1)$$

Dengan:

Ny: nilai terukur dari alat referensi

Nx: nilai terukur dari sensor prototipe

2.17. Akurasi

Akurasi atau ketepatan adalah bentuk kedekatan suatu data hasil pengukuran alat penelitian dengan data hasil pengukuran alat konvensional. Adapun rumus akurasi dalam satuan persen adalah sebagai berikut:

$$\%Akurasi = 100\% - \%Galat \quad (2.17.1)$$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada bulan Desember 2023 hingga Juni 2024.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada proses penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Satu unit Laptop dengan spesifikasi *processor* intel core I5 yang telah dipasang *software* Arduino IDE dan Node.js.
b. Satu unit Mappi32
c. Satu unit sensor *Soil Moisture*
d. Satu unit sensor *Flame*
e. Satu unit sensor DS18B20
f. Satu unit buzzer
g. Kabel jumper secukupnya
h. Dua buah Baterai 3,7 volt
i. Sebuah Solder
j. Mur dan scrup secukupnya
k. Timar dan flux secukupnya
l. PCB
m. Bor
n. Lem tembak

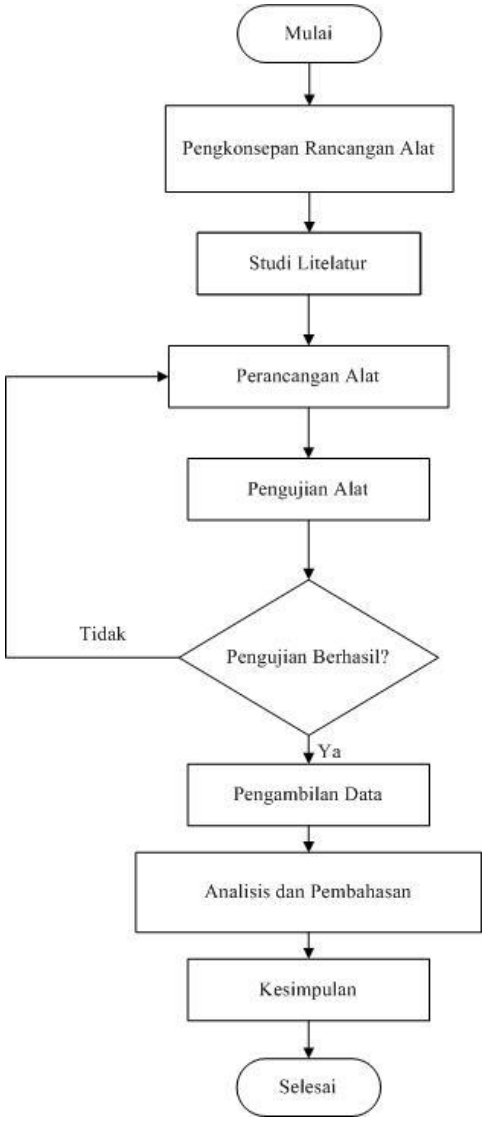
3.3. Spesifikasi Alat

Adapun spesifikasi alat pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

a. Satu Unit Laptop digunakan sebagai media pengoperasian dan proses penelitian dengan bantuan beberapa perangkat lunak
b. Satu unit Mappi32 digunakan sebagai mikrokontroler pada rancangan *prototype* penelitian.
c. Satu unit sensor *soil moisture* sebagai sensor yang akan mendeteksi kelengasan tanah.
d. Satu unit sensor *Flame* sebagai sensor yang akan mendeteksi api kebakaran pada penelitian.
e. Satu unit sensor DS18B20 sebagai sensor pendeteksi suhu pada proses penelitian.
f. Satu unit buzzer digunakan sebagai alarm peringatan.
g. Kabel jumper secukupnya sebagai penghubung *input*/*output* komponen.
h. Dua buah baterai 3.7 V sebagai penyuplai daya pada *prototype*.
i. Solder sebagai alat pemanas timah.
j. Mur dan scrup secukupnya sebagai perekat komponen ke wadah.
k. Timar dan flux secukupnya sebagai perekat antar komponen elektronika
l. PCB sebagai modul pemasangan komponen.
m. Bor sebagai alat bantu pemasangan komponen.
n. Lem tembak sebagai perekat tambahan.

3.4. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini dijelaskan melalui diagram alir dengan tujuan untuk mempermudah penjelasan mengenai langkah langkah yang akan dikerjakan pada penelitian ini. Diagram alir ditunjukkan pada Gambar 3.1.



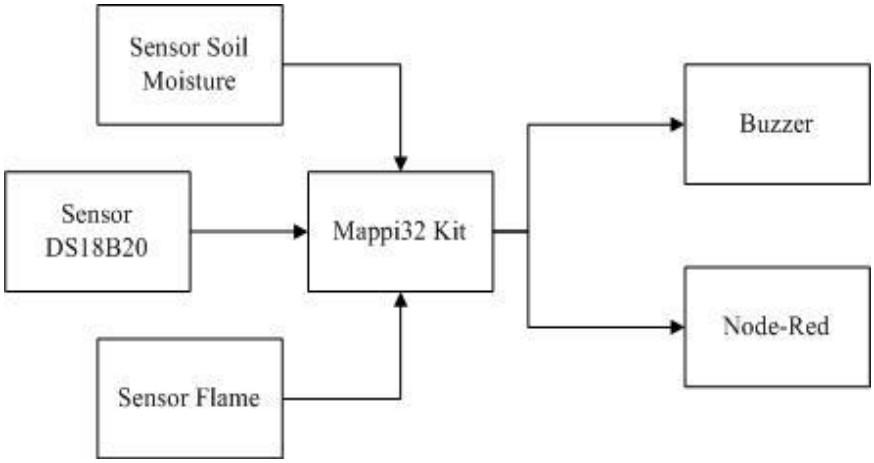
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengonsep alat yang akan dibuat. Setelah mendapat ide kemudian ke tahap berikutnya yaitu studi literatur dimana pengumpulan bahan seperti jurnal, artikel, buku dan lainnya yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Tahap selanjutnya melakukan perancangan alat yang dilanjutkan dengan pengujian alat, apabila pada tahap pengujian mendapat hasil yang tidak sesuai maka kembali ke tahap perancangan alat dan apabila telah mendapat hasil yang sesuai maka dilanjutkan ke tahap pengambilan data. Setelah melakukan tahap pengambilan data dilanjutkan dengan tahap analisa dan pembahasan pada data yang telah

diperoleh serta membuat kesimpulan untuk penelitian ini dan diakhiri dengan penulisan laporan akhir.

3.5. Diagram Blok Penelitian

Alat ini akan bekerja pada saat ketiga sensor diantaranya, sensor *Soil Moisture*, sensor DS18B20, dan sensor *Flame* melakukan pembacaan. Sensor *Soil Moisture* berfungsi meletakkan pembacaan banyaknya kapasitas air di dalam tanah. Sensor DS18B20 berfungsi melakukan pembacaan suhu yang mengindikasi kekeringan tanah dengan rentang -55°C hingga 125°C. Lalu, sensor *Flame* berfungsi mendeteksi api atau radiasi dengan rentang ketahanan suhu -25°C hingga 85°C. Sinyal hasil pembacaan ketiga sensor akan terkirim ke Mappi32. Sinyal data akan diproses oleh Mappi32 dengan menggunakan metode *fuzzy logic* tipe Mamdani. Kemudian hasil pembacaan akan membunyikan buzzer atau tidak serta statusnya ditampilkan pada *Dashboard* Node-Red. Lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2. Diagram Blok Penelitian

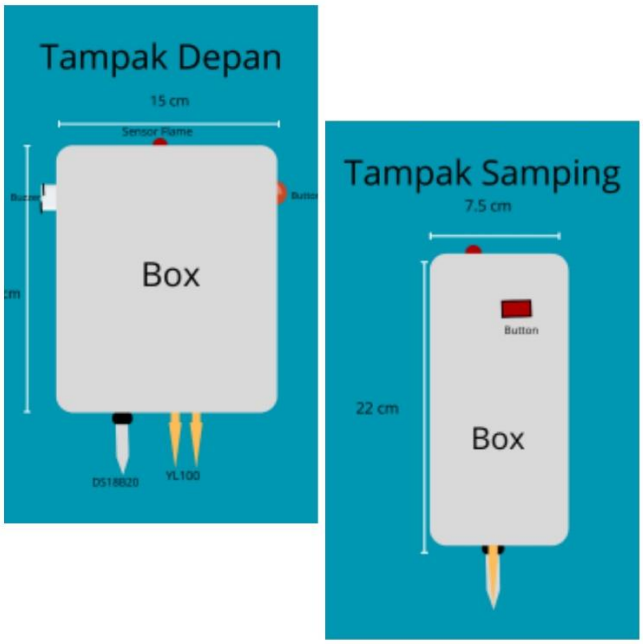
3.6. Perancangan Alat

Berdasarkan Gambar 3.2 perancangan alat diawali dengan inisialisasi sistem terhadap semua komponen yang digunakan pada perancangan ini diberi inisial untuk pengenalan terhadap program yang dibuat. Program bekerja dengan mengaktifkan prinsip kerja dari ketiga sensor yang digunakan. Setelah ketiga

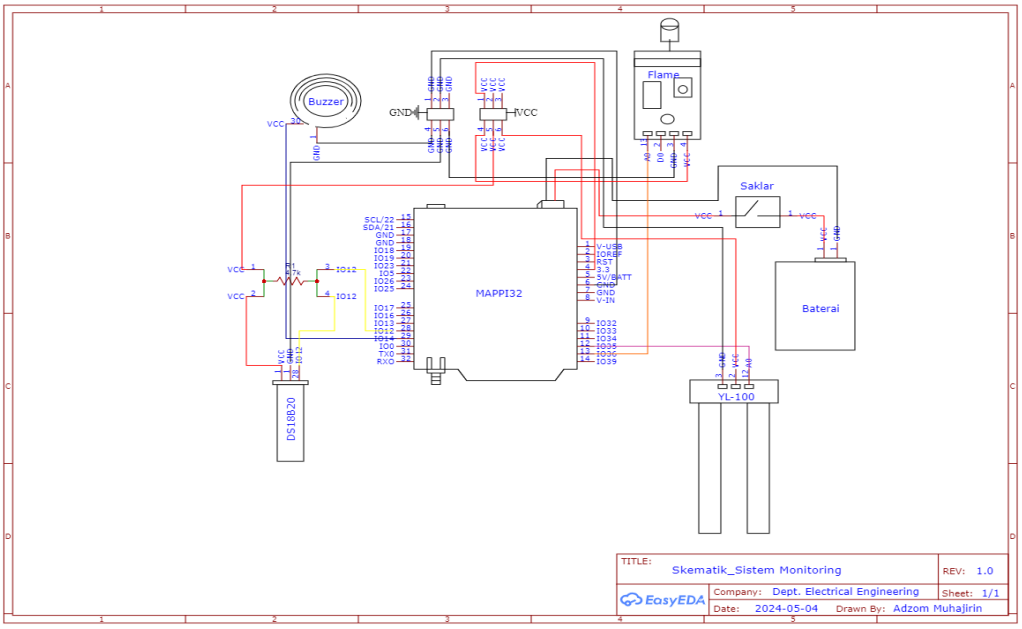
sensor berfungsi dengan baik yakni, pembacaannya sesuai program. Maka akan di arahkan ke dalam metode *fuzzy logic* yang telah diprogram pada Mappi32. Metode ini digunakan supaya penalaran tindakan hasil pemantaun berjalan semestinya dan memberikan kemudahan ke pengguna. Dalam metode akan tersedia beberapa proses pengolahan data variabel yang digunakan dengan memuat aturan perintah dan keluaran dalam bentuk nilai tegas yang diharapkan berupa tindakan dan peringatan. Keluaran peringatan akan membunyikan buzzer jika terindikasi dari status waspada dan bahaya dengan lama bunyi disesuaikan. Selain itu, semua nilai hasil pembacaan akan ditampilkan pada *dashboard* Node-Red. Node-Red akan menampakkan pembacaan sensor DS18B20, sensor *soil moisture*, sensor *Flame,* status peringatan dan kondisi buzzer dari hasil penerapan metode *fuzzy logic*.

3.6.1. Desain Alat

Rancangan prototipe sistem pemantauan kekeringan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3.



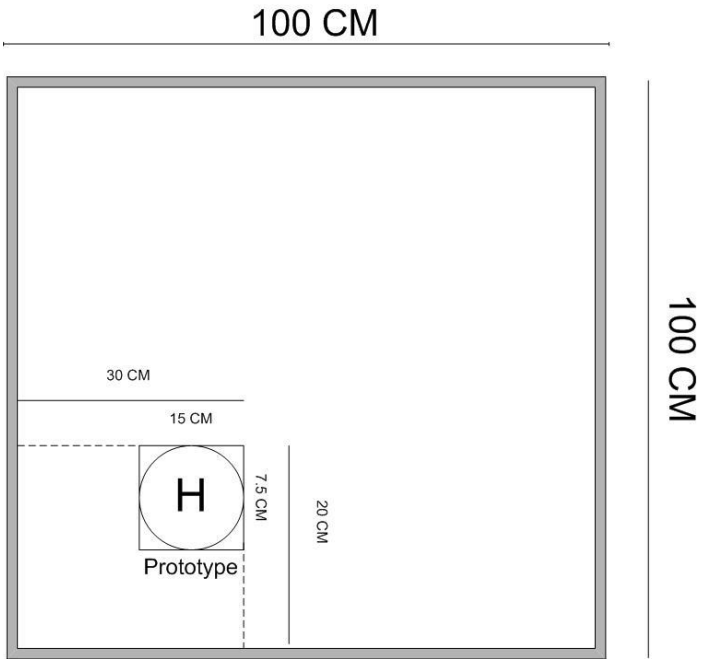
Gambar 3. 3. Sketsa *Box* Prototipe



Gambar 3. 4. *Skematic* Prototipe

3.6.2. Skenario Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan di sekitar Laboratorium Terpadu Teknik Elektro dengan batasan kisaran jangkauan luas daerah 100 cm x 100 cm. Penempatan *prototype* sistem bisa dilihat pada Gambar 3.5.



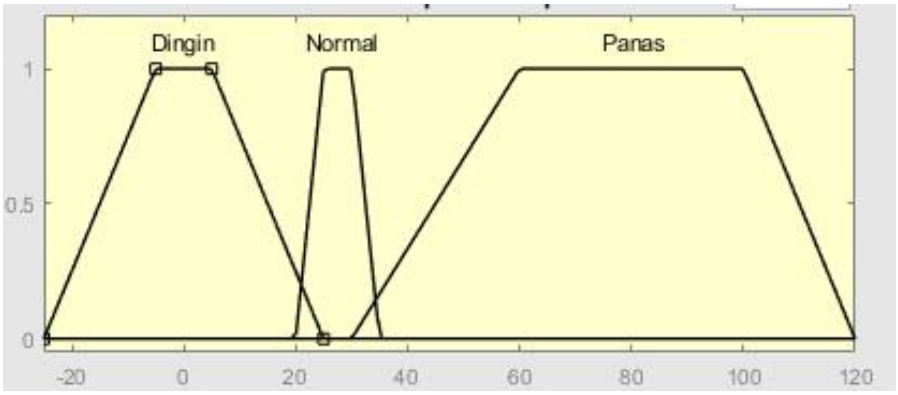
Gambar 3. 5. Skenario Lokasi Penelitian

3.7. Perancangan *Fuzzy Logic*

Pada tahap perancangan *fuzzy logic* dengan metode Mamdani ini bertujuan untuk menentukan nilai tegas (*crips*) berdasarkan hasil pembacaan data sensor suhu tanah, sensor *soil moisture* dan sensor api sebagai parameter dalam tingkat bahaya kebakaran. Dalam tahap pertama merancang sistem *fuzzy logic* ini yang dilakukan yaitu membuat fungsi keanggotaan atau fuzifikasi untuk setiap variabel masukan dan keluaran. Dalam penelitian ini ditentukan ada tiga variabel masukan yang dirancang yaitu suhu tanah, kondisi tanah, dan api yang dibuat dalam bentuk fungsi keanggotaan seperti ditunjukan pada Gambar 3.6., Gambar 3.7., dan Gambar 3.8. Untuk variabel *output* cukup dengan satu fungsi keanggotaan yaitu variabel status buzzer yang ditunjukan pada Gambar 3.9.

1. Variabel Suhu Tanah

   Pada himpunan variabel suhu tanah menggunakan tiga nilai linguistik yaitu Dingin, Normal, Panas. Pada semesta variabel himpunan ini menggunakan satuan suhu Celcius (°C) dengan *range* [-25, 125] yaitu Dingin [-25, 25], Normal [20, 35], dan Panas [30, 120].



Gambar 3. 6. Variabel Suhu Tanah

Derajat keanggotaan/nilai linguistik suhu tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7.1, Persamaan 3.7.2, dan Persamaan 3.7.3.

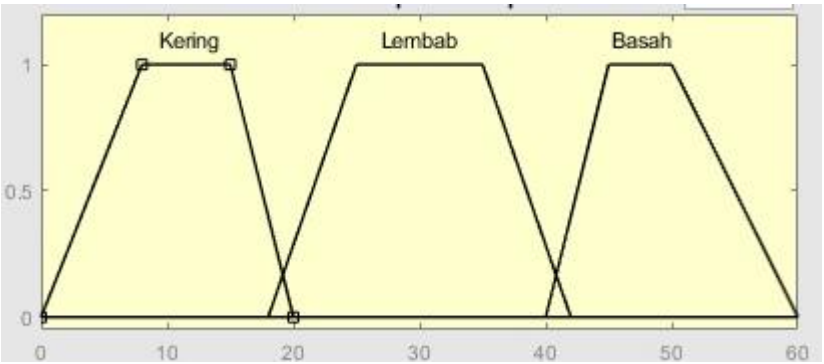
$$Dingin(\mu) = \begin{cases} 0\,; x \leq -25° \; atau \; x \geq 5° \\ \frac{x-(-25)}{-5-(-25)}; -25° < x < -5° \\ 1; -5° \leq x \leq 5° \\ \frac{25-x}{25-5}; 5° < x < 25° \end{cases} \quad (3.7.1)$$

$$Normal(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 20° \ atau \ x \geq 30° \\ \frac{x-20}{25-20}; 20° < x < 25° \\ 1; 25° \leq x \leq 30° \\ \frac{35-x}{35-30}; 30° < x < 35° \end{cases} \quad (3.7.2)$$

$$Panas(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 30° \ atau \ x \geq 100° \\ \frac{x-30}{60-30}; 30° < x < 60° \\ 1; 60° \leq x \leq 100° \\ \frac{120-x}{120-100}; 100° < x < 120° \end{cases} \quad (3.7.3)$$

2. Variabel Kondisi Tanah

Pada himpunan variabel kondisi tanah menggunakan tiga nilai linguistik yaitu lembab, sedang dan kering. semesta variabel himpunan ini menggunakan satuan persen (%) dengan *range* [0, 60] yaitu Kering [0, 20], Lembab [18, 42] dan Basah [40, 60].



Gambar 3. 7. Variabel Kondisi Tanah

Derajat keanggotaan/nilai linguistik kondisi tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7.4, Persamaan 3.7.5, dan Persamaan 3.7.6.

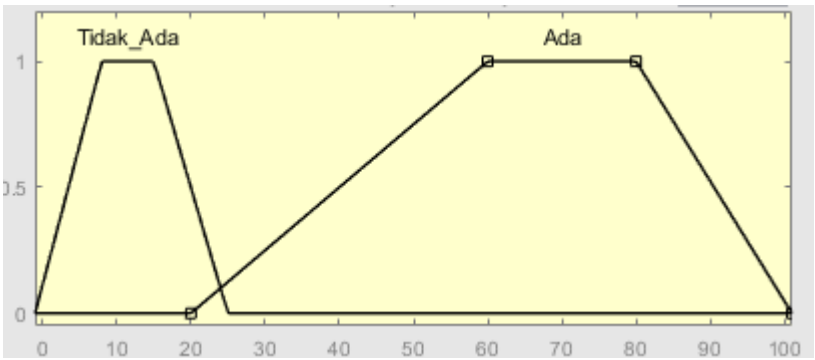
$$Kering(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 0\% \ atau \ x \geq 15\% \\ \frac{x-0}{8-0}; 0\% < x < 8\% \\ 1; 8\% \leq x \leq 15\% \\ \frac{20-x}{20-15}: 15\% < x < 20\% \end{cases} \quad (3.7.4)$$

$$Lembab(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 18\%\ atau\ x \geq 35\% \\ \frac{x-18}{25-18}; 18\% < x < 25\% \\ 1; 25\% \leq x \leq 35\% \\ \frac{42-x}{42-35}: 35\% < x < 42\% \end{cases} \quad (3.7.5)$$

$$Basah(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 40\%\ atau\ x \geq 50\% \\ \frac{x-40}{45-40}; 40\% < x < 45\% \\ 1; 45\% \leq x \leq 50\% \\ \frac{60-x}{60-50}: 50\% < x < 60\% \end{cases} \quad (3.7.6)$$

3. Variabel Api

Pada himpunan variabel api menggunakan dua nilai linguistik yaitu Tidak Ada Api dan Ada Api. Salah satu indikator yang membuat pengguna tahu akan peristiwa kebakaran biasanya ditandai dengan adanya api. Dalam prosesnya terdapat semesta variabel himpunan api ini dengan *range* [0, 101] yaitu Tidak Ada Api [0, 25] dan Ada Api [20, 101].



Gambar 3. 8. Variabel Api

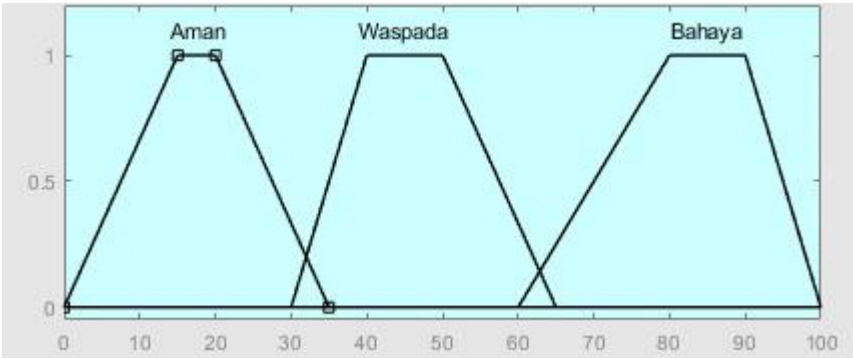
Derajat keanggotaan/nilai linguistik kondisi tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7.7 dan Persamaan 3.7.8.

$$Tidak\ Ada(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 0\%\ atau\ x \geq 15\% \\ \frac{x-0}{8-0}; 0\% < x < 8\% \\ 1; 8\% \leq x \leq 15\% \\ \frac{25-x}{25-15}: 15\% < x < 25\% \end{cases} \quad (3.7.7)$$

$$Ada(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 20\%\ atau\ x \geq 80\% \\ \frac{x-20}{60-20}; 20\% < x < 60\% \\ 1; 60\% \leq x \leq 80\% \\ \frac{101-x}{101-80}: 80\% < x < 101\% \end{cases} \quad (3.7.8)$$

4. Variabel Status Buzzer

Pada himpunan *fuzzy output* menggunakan tiga nilai linguistik pada fungsi keanggotaan Status Buzzer dengan membunyikan buzzer yaitu kondisi Aman, Waspada, dan Bahaya. Himpunan *output* ini dengan dipengaruhi oleh tiga masukan variabel yaitu dari suhu tanah, kondisi tanah dan api. Pada himpunan *output* mempunyai batasan untuk nilai linguistiknya dengan *range* [0,100] yaitu Aman [0, 35], Waspada [30, 65],dan Bahaya [60, 100].



Gambar 3. 9. Variabel Status Buzzer

Derajat keanggotaan/nilai linguistik kondisi tanah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.7.7, Persamaan 3.7.8, dan Persamaan 3.7.9.

$$Aman(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 0\%\ atau\ x \geq 20\% \\ \frac{x-0}{15-0}; 0\% < x < 15\% \\ 1; 15\% \leq x \leq 20\% \\ \frac{35-x}{35-20}: 20\% < x < 35\% \end{cases} \quad (3.7.7)$$

$$Waspada(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 30\ atau\ x \geq 50 \\ \frac{x-30}{40-30}; 30 < x < 40 \\ 1; 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{65-x}{65-50}: 50 < x < 65 \end{cases} \quad (3.7.8)$$

$$Bahaya(\mu) = \begin{cases} 0\ ; x \leq 60\ atau\ x \geq 90 \\ \frac{x-60}{80-60}; 60 < x < 80 \\ 1; 80 \leq x \leq 90 \\ \frac{100-x}{100-90}: 90 < x < 100 \end{cases} \quad (3.7.9)$$

Kemudian tahap selanjutnya yaitu menentukan basis aturan (inferensi) dengan mengikuti dasar pada tahap mekanisme inferensi dengan aturan *min-max*. Nilai *fuzzy* hasil fuzzifikasi pada tahap fuzifikasi diolah untuk mendapatkan nilai keluaran status berdasarkan basis aturan. Selanjutnya, fungsi derajat keanggotaan untuk masing-masing variabel masukan dan keluaran ditentukan, melakukan ketetapan basis aturan *IF-THEN* pertama yaitu variabel suhu tanah dan variabel kondisi tanah. Kemudian hasil basis aturan antara suhu tanah dan kondisi tanah ditetapkan lagi basis aturan *IF-THEN* dengan variabel api sehingga hasil keluaran dapat ditetapkan. Keluaran pada sistem logika *fuzzy* yang dirancang akan menampilkan status peringatan kebakaran yang akan diatur berdasarkan *Rule Base* yang memiliki kemungkinan kondisi sebanyak 18 poin aturan. Jumlah aturan tersebut didapatkan dari masukan tiga derajat keanggotaan yang menghasilkan satu keluaran. Proses penggunaan aturan dengan logika *AND* pada masukan tiga derajat keanggotaan dari bagian anteseden dan *fuzzy set* dari bagian konsekuen. Jumlah aturan didapatkan dari operasi cartesian untuk mengetahui jumlah kombinasi dari linguistik derajat keanggotaan. Bisa dilihat pada Persamaan 3.7.10.

$$R = ST \times KT \times NA \quad (3.7.10)$$
$$R = 3 \times 3 \times 2 = 18$$

Pada Persamaan 3.7.10 diketahui R adalah jumlah aturan *fuzzy logic*, ST adalah variabel himpunan suhu tanah yang memiliki tiga nilai linguistik, KT adalah variabel himpunan kondisi tanah yang memiliki tiga nilai linguistik, dan NA adalah variabel nilai api yang memiliki dua nilai linguistik. Hasil operasi *AND* dalam *IF-THEN* adalah *MIN*. Setelah itu ,

mencari nilai *MAX* diantara nilai *MIN* dari aturan yang terpakai. Proses itu disebut komposisi/agregasi.

Tabel 3. 1. *Rules Base* Pengujian

No.	Input			Output
	Suhu Tanah	Kondisi Tanah	Api	Status Buzzer
1.	Dingin	Kering	Tidak Ada	Buzzer Aman
2.	Dingin	Kering	Ada	Buzzer Bahaya
3.	Dingin	Lembab	Tidak Ada	Buzzer Aman
4.	Dingin	Lembab	Ada	Buzzer Waspada
5.	Dingin	Basah	Tidak Ada	Buzzer Aman
6.	Dingin	Basah	Ada	Buzzer Waspada
7.	Normal	Kering	Tidak Ada	Buzzer Aman
8.	Normal	Kering	Ada	Buzzer Bahaya
9.	Normal	Lembab	Tidak Ada	Buzzer Aman
10.	Normal	Lembab	Ada	Buzzer Waspada
11.	Normal	Basah	Tidak Ada	Buzzer Aman
12.	Normal	Basah	Ada	Buzzer Waspada
13.	Panas	Kering	Tidak Ada	Buzzer Waspada
14.	Panas	Kering	Ada	Buzzer Bahaya
15.	Panas	Lembab	Tidak Ada	Buzzer Aman
16.	Panas	Lembab	Ada	Buzzer Waspada
17.	Panas	Basah	Tidak Ada	Buzzer Aman
18.	Panas	Basah	Ada	Buzzer Waspada

Adapun penggunaan aturan-aturan *fuzzy* yang dinyatakan dalam bentuk logika *IF-THEN*. Berikut *merupakan knowledge base fuzzy* pada penelitian ini:

1. *IFDinginANDKeringANDTidak_AdaTHENAman*
2. *IFDinginANDKeringANDAdaTHENBahaya*
3. *IFDinginANDLembabANDTidakAdaTHENAman*
4. *IFDinginANDLembabANDAdaTHENWaspada*
5. *IFDinginANDBasahANDTidakAdaTHENAman*
6. *IFDinginANDBasahANDAdaTHENWaspada*
7. *IFNormalANDKeringANDTidakAdaTHENAman*

8. *IFNormalANDKeringANDAdaTHENBahaya*
9. *IFNormalANDLembabANDTidakAdaTHENAman*
10. *IFNormalANDLembabANDAdaTHENWaspada*
11. *IFNormalANDBasahANDTidakAdaTHENAman*
12. *IFNormalANDBasahANDAdaTHENWaspada*
13. *IFPanasANDKeringANDTidakAdaTHENWaspada*
14. *IFPanasANDKeringANDAdaTHENBahaya*
15. *IFPanasANDLembabANDTidakAdaTHENAman*
16. *IFPanasANDLembabANDAdaTHENWaspada*
17. *IFPanasANDANBasahANDTidakAdaTHENAman*
18. *IFPanasANDBasahANDAdaTHENWaspada*

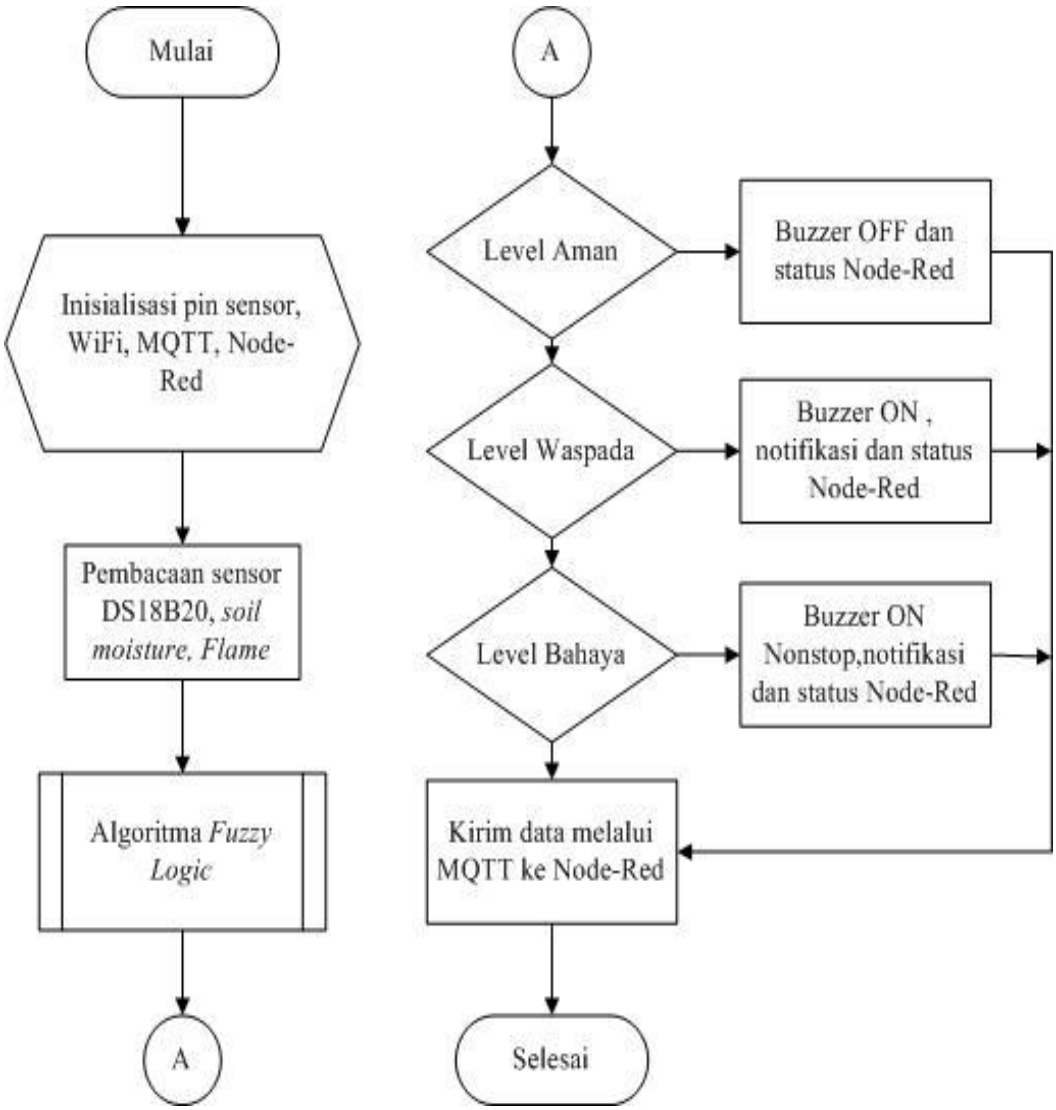
Tahap terakhir dalam logika *fuzzy* adalah defuzifikasi dimana variabel *fuzzy* yang diolah pada tahap mekanisme inferensi diubah kembali menjadi nilai tegas. Penelitian ini menggunakan metode *centroid of area* (CoA) untuk menentukan nilai tegas. Solusi *crisp* diperoleh dengan menghitung pusat gravitasi (titik-berat) dari daerah agregasi.

3.8. Perancangan Sistem *Internet of Things*

Perancangan sistem IoT terdiri dari sistem website editor Node-Red dan *Dashboard* Node-Red digunakan sebagai antarmuka sehingga pengguna dimudahkan dalam pemantauan status lahan yang dipantau. Editor Node-Red akan membuat pemrograman dengan menggunakan node yang dibutuhkan melalui komunikasi MQTT antara kontroler berupa Mappi32 dengan *website* Node-Red. Pada Node-Red menyediakan tampilan yang bisa aktif dipantau oleh pengguna. Pada sistem pemantauan kekeringan tanah untuk peringatan kebakaran menggunakan metode *fuzzy logic* ini dirancang sebuah alur sistem kerja merujuk ke Gambar 3.3.

Alur kerja diawali saat program dimulai dengan menginisialisasi koneksi pada pin sensor, WiFi, MQTT, dan editor Node-Red. Kemudian akan dilakukan pembacaan sensor DS18B20*, soil moisture*, dan sensor *Flame* dengan tujuan

sebagai nilai masukan algoritma *fuzzy logic*. Hasil keluaran dari *fuzzy logic* akan menampilkan status Aman, Waspada, dan Bahaya disertai indikatornya dan status pada Node-Red. Indikator pendukung peringatannya dengan menggunakan bunyi buzzer dalam sistemnya. Sistem peringatan bekerja saat dihasilkan status Waspada akan menghidupkan Buzzer selama 1,2 detik diikuti notifikasi dan status yang terkirim ke *Dashboard* Node-Red. Pada status Bahaya akan menghidupkan Buzzer selama 5 detik diikuti notifikasi dan status pada *Dashboard* Node-Red. Pada status Aman tidak akan membunyikan buzzer dan tetap tercatat kondisinya di *Dashboard* Node-Red. Selain itu, data-data tersebut akan tersimpan pada *database* MySQL.



Gambar 3. 10. *Flowchart* Sistem *Internet of Things*

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah telah dibuatnya prototipe sistem pemantauan kekeringan tanah dengan metode *fuzzy logic* yang terintegrasi *Internet of Things* yang dapat dipantau melalui *Dashboard* Node-Red dengan spesifikasinya dapat membaca suhu tanah dengan galat senilai 0,36% dan akurasi senilai 99,64%, dapat membaca kelengasan tanah dengan galat senilai 4,01% dan akurasi senilai 95,99%, mendeteksi api dengan radius 200 cm, dan memberikan status peringatan dari hasil keputusan *fuzzy logic* dengan akurasi senilai 99,9% .

5.2. Saran

Adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menggunakan Raspberry Pi sebagai minikomputer untuk memudahkan pemantauan jarak jauh dan penyimpanan data sehingga tidak membuat *device* seperti laptop terus nyala.
2. Menempatkan proses metode *fuzzy logic* di dalam alur visual Node-Red sehingga mikrokontroller bisa lebih fokus mengontrol sensor saja.
3. Mengganti kotak alat dengan bahan yang tahan api jika ingin mengimplementasikan alat ke lokasi sesungguhnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. S. Informasi, T. Informasi, A. D. Malinda, D. Indra, and G. Hts, "Alat Pendeteksi Kebakaran Dengan Menggunakan Sensor Dht-11 Dan Sensor Asap Berbasis IoT," vol. 2, no. 1, pp. 20–28, 2023.

[2] S. O, X. Hou, and R. Orth, "Observational evidence of wildfire-promoting soil moisture anomalies," *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-67530-4.

[3] K. Köster *et al.*, "Impacts of wildfire on soil microbiome in Boreal environments," *Curr. Opin. Environ. Sci. Heal.*, vol. 22, p. 100258, 2021, doi: 10.1016/j.coesh.2021.100258.

[4] F. Nazif *et al.*, "Pemantauan Dan Notifikasi Kondisi Tanah Pada Tanaman Menggunakan Platform Iot," vol. 10, no. 5, pp. 3991–4001, 2023.

[5] I. Wardhana, V. A. Isnaini, and R. P. Wirman, "Exploratory Data Analysis Pada Termometer Suhu Tanah," vol. 6, no. 1, pp. 13–19, 2020.

[6] M. Baehaqi, A. Rosyid, A. Siswanto, and E. Subiyanta, "Performance Testing of DHT11 and DS18B20 Sensors as Server Room Temperature Sensors," *Mestro*, vol. 5, no. 02, pp. 6–11, 2023, [Online]. Available: https://jurnal.publikasi-untagcirebon.ac.id/index.php/mestro/article/view/466

[7] N. N. Afifah, R. A. Priramadhi, F. T. Elektro, and U. Telkom, "Kelembapan Dan Suhu Tanah Berbasis Artificial Intelligence Irrigation Control System for Tomato Farming Based on Soil Moisture," *E-Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 3, pp. 8791–8801, 2020.

[8] S. Saparuddin, M. Amin, and S. Sudarmin, "The Box for Early Detection of Gas Leaks and Fires uses Notification System to The Fire Department," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 422–432, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i2.2023.

[9] R. Jupita, A. N. Tio, A. Rifaini, C. Saputri, and M. Fahrizal., "Otomatisasi Penyiraman Tanaman Dengan Sensor Soil Moisture," *J. Portal Data*, vol. 7, no. 2, pp. 1–12, 2021, [Online]. Available: http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/29

[10] A. Rahman and M. S. Nugroho, "Keamanan Wireless Sensor Network Pendeteksi Kebakaran Hutan Menggunakan Algoritma Aes Pada Media Komunikasi Lora," *UNEJ e-Proceeding*, pp. 1–15, 2022, [Online]. Available: https://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosiding/article/view/33487%0Ahttps://jurnal.unej.ac.id/index.php/prosiding/article/download/33487/11652

[11] M. Maulida and N. F. Mustamin, "Pengembangan Sistem Pakan Budidaya Ikan Keramba Dan Jaring Apung Dengan Pemanfaatan Sensor Ultrasonik Hcsr04 Dan Modul Komunikasi Lora," pp. 101–105, 2022, [Online]. Available: https://doi.org/10.31949/infotech.v8I2.3405

[12] I. Maulana, A. Rusdinar, and I. Purnama, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Baterai Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Untuk Menentukan Estimasi Waktu Dan Jarak Terbang Secara Real-Time Design Of Uav (Unmanned Aerial Vehicle) Battery Monitoring System To Determine Estimated Time And Flight Distance Rea," *eProceedings Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 199–208, 2022.

[13] D. Hidayat and I. Sari, "Monitroing Suhu Dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Teknol. Dan Ilmu Komput. Prima*, vol. 4, no. 1, pp. 525–530, 2021, doi: 10.34012/jutikomp.v4i1.1676.

[14] P. Widianto and H. Suhendi, "Pengontrolan Peralatan Listrik Rumah Menggunakan Koneksi Bluetooth Handphone Dengan Sistem Operasi Arduino Nano," *eProsiding Tek. Inform. ...*, vol. 3, no. 1, pp. 222–230, 2022, [Online]. Available: http://eprosiding.ars.ac.id/index.php/pti/article/view/428%0Ahttps://eprosiding.ars.ac.id/index.php/pti/article/download/428/318

[15] H. Husain, H. Herlinda, A. Asma, and ..., "Rekayasa Notifikasi kebakaran pada Rumah dengan Integrasi Komunikasi Seluler Memanfaatkan Internet of Things (IoT)," *SISITI Semin. ...*, vol. XI, no. 1, pp. 19–28, 2022, [Online]. Available: https://ejurnal.dipanegara.ac.id/index.php/sisiti/article/view/938%0Ahttp://ejurnal.dipanegara.ac.id/index.php/sisiti/article/view/938/685

[16] S. Plowerita, A. S. Handayani, I. Hadi, and N. L. Husni, "Sistem Monitoring Kesehatan Dalam Penentuan Kondisi Tubuh Dengan Metode Fuzzy

Mamdani," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, p. 102, 2021, doi: 10.33387/protk.v8i2.3341.

[17] I. D. Wijaya, Rudy Ariyanto, and Nailil Fitria, "Implementasi IoT Pada Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis Raspberry Pi Dengan Metode Fuzzy Logic," *J. Inform. Polinema*, vol. 5, no. 4, pp. 177–182, 2019, doi: 10.33795/jip.v5i4.251.

[18] D. A. Awwal, "Rancang Bangun Alat Proteksi Pemutus Aliran Listrik Saat Banjir," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 33–39, 2023.

[19] A. Wibowo and M. M. Zain, "Pemanfaatan ReactJS dan Protokol MQTT untuk Visualisasi Sinyal Lampu dan Notifikasi secara Waktu Nyata pada Sistem Pemonitor APILL di Kota Pekanbaru," *J. Komput. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 314–328, 2021, doi: 10.35143/jkt.v7i2.5108.

[20] A. B. S. Umbu, "Kalibrasi Sensor Kelembaban Tanah Yl-69 Untuk Sistem Pengukuran Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno," *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 1, pp. 62–71, 2023, doi: 10.37478/optika.v7i1.2691.