

SMART AEROPONIC FARMING MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC DAN MACHINE LEARNING UNTUK PENANGANAN EVAPOTRANSPIRASI PADA MEDIA TANAM AEROPONIK

Smart Aeroponic Farming Using Fuzzy Logic And Machine Learning For Handling Evapotranspiration In Aeroponic

RISWANDI

D082192005



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
DEPARTMENT TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

**SMART AEROPONIC FARMING MENGGUNAKAN FUZZY
LOGIC DAN MACHINE LEARNING UNTUK PENANGANAN
EVAPOTRANSPIRASI PADA MEDIA TANAM AEROPONIK**

*Smart Aeroponic Farming Using Fuzzy Logic And Machine
Learning For Handling Evapotranspiration In Aeroponic*

RISWANDI

D082192005



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
DEPARTMENT TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

PENGAJUAN TESIS

**SMART AEROPONIC FARMING MENGGUNAKAN FUZZY
LOGIC DAN MACHINE LEARNING UNTUK PENANGANAN
EVAPOTRANSPIRASI PADA MEDIA TANAM AEROPONIK**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Teknik Informatika

Disusun dan diajukan oleh

RISWANDI

D082192005

Kepada

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2023

TESIS

SMART AEROPONIC FARMING MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC DAN MACHINE LEARNING UNTUK PENANGANAN EVAPOTRANSPIRASI PADA MEDIA TANAM AEROPONIK

RISWANDI

D082192005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 11 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Muhammad Niswar, ST, M.InfoTech

NIP. 19730922 199903 1 001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Zulkifli Tahir, ST, M.Sc.

NIP. 19840403 201012 1 004

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. Muh. Isran Ramli, S.T., M.T.

NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Informatika



Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.

NIP. 19640427 198910 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang betanda tangan di bawah ini:

Nama : Riswandi
Nomer Mahasiswa : D082192005
Program Studi : Magister Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “SMART AEROPONIC FARMING MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC DAN MACHINE LEARNING UNTUK PENANGANAN EVAPOTRANSPIRASI PADA MEDIA TANAM AEROPONIK” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Dr-Eng.Ir. Muhammad Niswar, ST, M.InfoTech dan Dr. Eng. Zulkifli Tahir, ST., M.Sc. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding 2022 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom), Tahun Terbit 2022, Halaman 308, dan DOI: 10.1109/CyberneticsCom55287.2022.9865284.sebagai artikel dengan judul “Design and Implementation of IoT-Based Aeroponic Farming System”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 11 Mei 2023
Yang Menyatakan

Riswandi

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmatnya sehingga tesis ini dapat diselesaikan. Berkat bimbingan, arahan dan motivasi berbagai pihak maka tesis ini bisa disusun sebagaimana kaidah-kaidah yang dipersyaratkan, dan untuk itu penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr-Eng.Ir. Muhammad Niswar, ST, M.InfoTech sebagai pembimbing utama, Dr. Eng. Zulkifli Tahir, ST., M.Sc. sebagai pembimbing pendamping.
2. Prof. Dr. Ir. Ansar Suyuti, MT, Prof. Dr. Ir. H. Andani Achmad., MT, Dr.Eng. Intan Sari Areni, ST., MT. sebagai komisi tim penguji.
3. Rektor Universitas Hasanuddin dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program doktor serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian.
4. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. sebagai ketua prodi S2 Teknik Informatika yang senantiasa memberikan arahan dan motivasi.Ibu Hasna dan Ibu Yuanita sebagai staf Prodi S2 Teknik Informatika yang telah membantu kelancaran proses administrasi selama perkuliahan dan penyelesaian program Magister
5. H. Deppatunru dan Hj. Demmarannu sebagai kedua orang tua yang memberikan Do'a dan dukungan, serta Kartika dan Gunawan sebagai saudara yang selalu memberikan motivasi dan masukan selama proses perkuliahan.
6. Seluruh teman angkatan pertama yang selalu bersemangat selama program magister sebagai wadah untuk bertukar pikiran.

Serta seluruh pihak yang berkontribusi selama proses penyelesaian program magister Teknik Informatika yang

Penulis

Riswandi

ABSTRAK

RISWANDI. *Smart Aeroponic Farming Menggunakan Fuzzy Logic dan Machine Learning untuk Penanganan Evapotranspirasi pada Media Tanam Aeroponik* (dibimbing oleh Muhammad Niswar dan Zukifli Tahir).

Berkembangnya metode pertanian menjadi hal penting dalam peningkatan industri pertanian, seperti metode hidroponik dan aeroponic sebagai media tanam dengan lahan industri terbatas atau kerap disebut urban farming. Ada beberapa faktor penghambat maupun faktor yang harus dikontrol pada media tanam aeroponic salah satunya adalah tingkat evapotranspirasi, dimana evapotranspirasi ini merupakan gabungan proses evaporasi dan transpirasi, yaitu proses penguapan air yang terjadi pada tanaman dan media tanam itu sendiri. Pada beberapa kasus evapotranspirasi ini menjadi salah satu penyebab hilangnya kadar nutrisi yang terlarut dalam air, sehingga mengakibatkan kurangnya kadar nutrisi yang terlarut di air pada media tanam aeroponic. Tingkat evapotranspirasi dapat diperkirakan, salah satu metode untuk menghitung tingkat evapotranspirasi adalah metode Blaney-criddle. Penelitian ini telah merancang Perangkat IoT yang dapat dijadikan solusi, dengan teknologi mikrokontroler Arduino Uno dan Raspberry Pi, sistem dapat dirancang untuk melakukan *forecasting* pada tingkat evapotranspirasi yang terjadi pada media tanam dari menekan tingkat evapotranspirasi sebesar 3.61 mm/day. Nilai *Root Mean Square Error* metode *forecasting* naive yang didapatkan sebesar 0.33% dari jumlah data 18.287 dari proses pengumpulan data tiga periode panen dan digabungkan dengan algoritma fuzzy sebagai kontrol aktuator yang sesuai sebagai tindak pencegahan peningkatan proses evapotranspirasi.

Kata kunci: Aeroponik, Evapotranspirasi, Blaney Criddle, Arduino UNO Raspberry Pi, *Forecasting Naive*, Fuzzy.



ABSTRACT

RISWANDI, Smart Aeroponic Farming Using Fuzzy Logic and Machine Learning for Handling Evapotranspiration in Aeroponic (supervised by Muhammad Niswar dan Zulkifli Tahir)

The development of agricultural methods has become an important point in improving the agricultural industry, such as hydroponic and aeroponic methods as planting media with limited industrial land or often called urban farming. This is a combination of evaporation and transpiration processes, that is, the process of evaporation of water that occurs in plants and the growing media. In some cases, this evapotranspiration is one of the causes of loss of nutrient levels dissolved in water, resulting in a lack of nutrients dissolved in water in aeroponic growing media. The evapotranspiration rate can be estimated. One method to calculate the evapotranspiration rate is the Blaney-Criddle method. This research has designed an IoT device that can be used as a solution with Arduino Uno and Raspberry Pi microcontroller technology. The system can be designed to forecast the level of evapotranspiration that occurs in the planting medium and suppress the evapotranspiration rate of 3.61 mm/day. The Root Mean Square Error method forecasting obtained is 0.33% of the total 18,287 data from the data collection process for three harvest periods and it is combined with a fuzzy algorithm as an appropriate actuator control as a preventative measure to increase the evapotranspiration process.

Keywords: aeroponics, evapotranspiration, Blaney-Criddle, Arduino UNO, Raspberry Pi, Forecasting Naive, fuzzy



DAFTAR ISI

PENGAJUAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUN PUSTAKA	6
2.1. Kajian Pustaka	6
2.2. Metode Penyelesaian Masalah	9
2.2.1. State Of the Art	9
2.2.2. Level Orisinalitas Topik Penelitian Yang Diusulkan.....	16
2.3. Target Hasil Penelitian	19
2.4. Kerangka Pikir.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Tahapan Penelitian	21
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	22
3.3. Jenis Penelitian	22

3.4.	Sumber Data	22
3.5.	Rancangan Sistem	23
3.6.	Teknik Pengujian Sistem	28
3.7.	Instrumen Penelitian	28
3.7.1.	Software	28
3.7.2.	Hardware	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1.	Hasil Perancangan Sistem	29
4.2.	Hasil Pengujian Sensor.....	30
4.2.1.	pH Sensor	30
4.2.2.	Waterproof temperature dan TDS	33
4.3.	Hasil Pengujian Algoritma	36
4.3.1.	Analisa Naive <i>Approach Forecasting</i>	36
4.3.2.	Analisa Fuzzy	38
4.4.	Hasil Pengujian Penggunaan Central Processing Unit	39
4.5.	Hasil Implementasi Sistem	40
4.6.	Analisa Kelemahan Sistem.....	42
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1.	Simpulan.....	43
5.2.	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		45
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Evapotranspirasi.....	2
Gambar 2. Diagram Alur tahapan Penelitian	21
Gambar 3. Alur Rancangan Sistem.....	23
Gambar 4 .Gambaran Umum Evapotranspirasi	25
Gambar 5. Diagram Skenario Sistem.....	26
Gambar 6. Membership Functions Et.	27
Gambar 7. Hasil Rancangan Sistem.....	30
Gambar 8. Hasil Pengembunan Smart Aeroponic System.....	30
Gambar 9. Cairan Standar Kalibrasi Nilai pH.	32
Gambar 10. Hasil Pengujian TDS dan Temperatur Sensor.....	33
Gambar 11. Cairan Kalibrasi TDS.	34
Gambar 12. Alat Ukur ppm.....	34
Gambar 13. Hasil Forecasting Menggunakan Metode Naïve.	36
Gambar 14. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Preprocessing.....	37
Gambar 15. Grafik Rata-Rata Penggunaan CPU.	40
Gambar 16. Grafik Perbandingan Tingkat Evapotrasnpirasi.	41
Gambar 17. Perbandingan Smart Aeroponic Dan Konvensional.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. <i>State Of the Art</i> Penelitian.....	9
Tabel 2. Matriks metode penyelesaian.....	16
Tabel 3. Level orisinalitas berdasarkan standar proposal PS Magister Teknik Informatika UNHAS.....	18
Tabel 4. Spesifikasi Perangkat.	29
Tabel 5. Data Sample Model Regresi Linier.....	31
Tabel 6. Hasil persamaan model regresi pada implementasi sensor pH.	31
Tabel 7. Pengujian Sensor pH.....	32
Tabel 8. Hasil pengujian Sensor TDS dan Temperature	35
Tabel 9. <i>Root Mean Square Error (RMSE) Forecasting</i> Naïve	37
Tabel 10. <i>Log</i> Aktuator Menggunakan Fuzzy.....	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Membangun ketahanan pangan tetap menjadi tantangan global, dengan mewujudkan tujuan khusus yaitu Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau yang sering di kenal (Sustainable Development Goals) PBB untuk tahun 2030. Dengan memberikan sistem pertanian yang produktif dan berkelanjutan di seluruh dunia akan membentuk fondasi untuk mengatasi tantangan ini.

World Economic Forum (WEF) memprediksikan bahwa bahwa jika solusi Internet of Things (IoT) digunakan di 50-75% dari rantai pasokan dinegara-negara maju pada tahun 2020, serta akan peningkatan 10-50 juta ton makanan akan bertambah (WEF, 2018). Penerapkan konsep Information and Communication Technologies (ICTs) terkhusus teknologi *Internet of things* (IoT) Untuk meningkatkan produksi pertanian. Beberapa platform IoT telah dikembangkan untuk pemantauan tanaman, prediksi penyakit, dan pengendalian konsumsi air dalam irigasi.

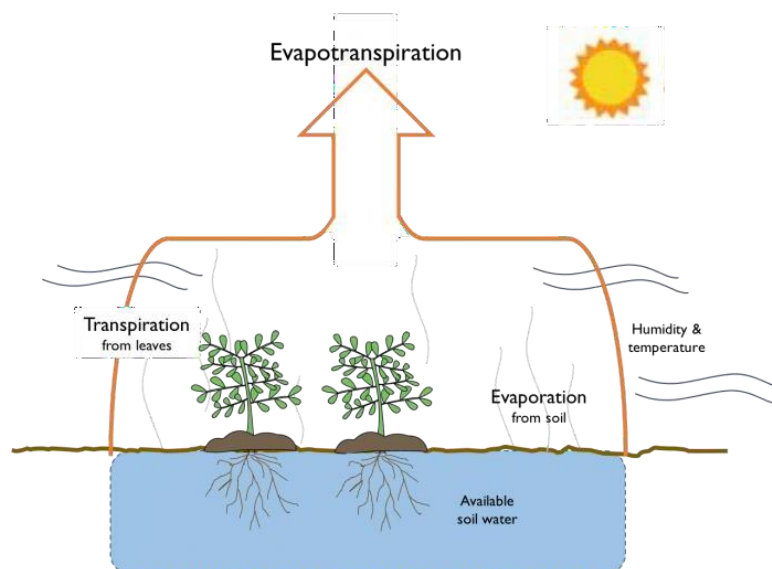
Kondisi eksisting ruang terbuka hijau Kota Makassar saat ini masih jauh dari yang ditetapkan oleh pemerintah dari alokasi total ruang terbuka hijau yang mencapai 30%. (Dinas Tata Ruang dan Bangunan Kota Makassar, 2018), terkait dengan Rencana pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang disesuaikan amanat Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 5 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di kawasan perkotaan. Sehingga konsep urban farming mulai dilirik sebagai alternatif konsep perkebunan pada daerah perkotaan.

Salah satu cara untuk menghasilkan produk sayuran yang berkualitas tinggi secara berkelanjutan dengan kuantitas yang tinggi per tanamannya adalah budidaya dengan sistem hidroponik. (Roslinani et al., 2005). Untuk kasus tanaman tertentu yang memiliki umbi pada bagian akar seperti tanaman kentang sistem aeroponik dapat digunakan secara optimal. Aeroponik adalah cara menanam tanaman yang digantung di udara dan tumbuh di lingkungan lembap tanpa tanah.

Karena akar digantungkan di udara memungkinkan untuk menanamnya hampir di mana saja pada ruang kubik yang dapat digunakan (Reyes, et al., 2012).

Metode aeroponik dianggap sebagai sistem terbaik dalam sistem media tanam hidroponik, hal ini dikarenakan peletakkan tanaman dengan akar menggantung membuat akar tanaman mendapatkan asupan oksigen yang melimpah di udara bebas, dengan penyemprotan nutrisi langsung ke akar tanaman membuat akar tanaman akan lebih sensitif terhadap nutrisi yang disemprotkan.

Kendala yang dihadapi pada konsep menanam aeroponik adalah tingginya tingkat evapotranspirasi. Evapotranspirasi pada dasarnya adalah kombinasi proses kehilangan air dari suatu lahan menuju ke atmosfer melalui dua proses yaitu evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses dimana air diubah menjadi uap air dan selanjutnya uap air tersebut dipindahkan dari permukaan lahan melalui proses penguapan ke atmosfer, sedangkan transpirasi adalah penguapan air yang berasal dari tanaman, sebagai akibat dari adanya proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen dan juga uap air untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ilustrasi berikut.



Gambar 1. Proses Evapotranspirasi.

Dari gambar diatas menggambarkan bahwa proses evapotranspirasi adalah proses menguapnya cairan melalui dua proses berbeda yaitu proses menguapnya air dari bawah yang menjadi sumber air atau kerap disebut dengan evaporasi.

Serta adanya proses transpirasi yaitu proses penguapan dari tanaman itu sendiri melalui proses fotosintesis yang dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban.

Setiap tanaman memiliki tingkat adaptasi terhadap temperatur dan kelembaban berbeda hal ini diakibatkan pola sebaran geografis tumbuhan yang berbeda dengan iklim yang berbeda, hal ini mengakibatkan adanya perbedaan tingkat evapotranspirasi pada tanaman. Temperatur yang tidak sesuai pada tanaman tertentu mengakibatkan tingginya angka kegagalan pada hasil panen.

Pada budidaya sayuran sawi dengan tingkat suhu udara berkisar antara 16 - 30°C.(Sutanto, 2015). Jika temperatur berada di bawah 16°C maka proses penyerapan nutrisi akan terhambat sedangkan jika suhu diatas 30°C maka tanaman akan cepat stres. Berikutnya yang menjadi faktor pertumbuhan tanaman adalah kelembaban. Umumnya untuk tanaman sayuran memerlukan kelembaban sekitar 80%.

Pada budidaya sayuran sawi dengan permintaan tingkat kelembaban berkisar antara 80 – 90%. (Sutanto, 2015). Jika kelembaban berada di bawah 80% maka tanaman akan cepat layu oleh proses transpirasi yang lebih cepat sedangkan jika kelembaban berada diatas 90% menimbulkan proses evaporasi akan terhambat sehingga akar tanaman mengalami penurunan daya isap air dan larutan nutrisi yang mengakibatkan pembusukan pada bagian akar tanaman.

Menjaga kelembaban akar tanaman menjadi poin penting dalam metode aeroponik untuk menjaga tekstur akar agar tetap basah dan dapat menyerap nutrisi dengan optimal, kelembaban yang optimal atau Relative Humidity (RH) pada media aeroponik sangat bergantung pada proses penyemprotan atau pengembunan pada bagian akar tanaman. Tingkat kelembaban berpengaruh terhadap evapotranspirasi, yaitu tenaga pengisap untuk mengangkat air dan hara dari akar ke tajuk tanaman.

Algoritma fuzzy yang kerap digunakan pada kasus aeroponic masih memiliki celah untuk dilakukan modifikasi, konsep algoritma fuzzy pada dasarnya menggunakan parameter *membership function* untuk menentukan tindakan ataupun penanganan yang telah ditentukan secara static berdasarkan rentang nilai yang telah dijadikan acuan untuk penanganan.(KLIR,et.,al 1995).

Pada implementasi penggunaan aeroponik hal tersebut dianggap masih memiliki kendala dalam menentukan aktuator yang sesuai jika disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang berubah. Proses perubahan ambang batas atau yang disebut *membership function* pada algoritma fuzzy diharapkan dapat berubah atau dinamis, hal tersebut bertujuan untuk menekan tingkat evapotranspirasi pada media aeroponik tetap rendah.

Dengan menggunakan metode forecasting untuk menentukan parameter *membership function* pada proses algoritma fuzzy. Diharapkan dapat membuat *membership function* akan menjadi dinamis menyesuaikan keadaan lingkungan sekitar. Dengan menggunakan metode forecasting dalam menentukan *membership function* diharapkan dapat menekan tingkat evapotranspirasi menjadi lebih rendah.

Dengan media mobile platform akan memudahkan proses kontrol dan monitoring media tanam aeroponik secara realtime serta dapat memberikan penanganan yang bersifat pencegahan pada media tanam aeroponik secara jarak jauh, sehingga diharapkan sistem yang akan dibuat akan memberikan menyelesaikan permasalahan evapotranspirasi yang terjadi pada media tanam aeroponic.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana melakukan *forecasting* tingkat evapotranspirasi dengan menggunakan metode naïve Bayesian secara realting pada perangkat internet of things dalam penentuan *membership function* algoritma Fuzzy Tsukamoto pada proses otomatisasi aktuator media tanam aeroponik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Optimalisasi kinerja sensor yang digunakan sebagai parameter perhitungan evapotranspirasi index
2. Mengimplementasi model Naive forecasting yang dikombinasikan dengan Fuzzy logic pada penentuan parameter perhitungan evapotranspirasi index

3. Evaluasi tingkat evapotranspirasi index pada media tanam aeroponic menggunakan sistem smart aeroponic farming menggunakan fuzzy logic dan machine learning.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang akan di lakukan adalah sebagai berikut:

1. Memberikan sumbangsih sumber refrensi terkait implementasi kosep Internet of things dalam memebangun sistem pertanian cerdas.
2. Menjadi bahan literatur terkait implementasai Internet of things untuk memningkatkan produktivitas pertanian.
3. Mengurangi tingkat kegagalan panen pada media tnaman aeroponik yang diakibatkan oleh proses evapotranspirasi.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Lokasi pengambilan data bertempat dikebun pintar fakultas teknologi pertanian Universitas Hasanuddin Makassardan kebun pribadi.
2. Perangkat yang digunakan adalah Raspbberry Pi 4 dengan sepsifikasi ram 2GB.
3. Media tanam yang yang digunakan adalah aeroponic
4. Metode perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Blaney-Criddle
5. Data yang dikelola merupakan hasil reading sensor dari perangkat yang dirancang.
6. Analisa peramalan atau *forecasting* menggunakan metode naïve Bayesian
7. Konsep pengendalian actuator menggunakan algortima Fuzzy.
8. Perancangan fokus pada pengembangan media tanam aeroponic

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Dalam penelitian ini ada beberapa penelitian terkait yang menjadi beberapa referensi yaitu Minjuan et al, pada tahun 2019 penelitian yang dilakukan di bidang agrikultur dimana penelitian ini melakukan percobaan perbandingan pertumbuhan tanaman tomat antara 3 metode penanaman aeroponic, hidroponik, dan tabung-vermiculite. Hasil yang di dapatkan adalah berat tomat pada penanaman menggunakan metode tanam aeroponic dan tabung-vermiculite adalah masing masing adalah 1,95 dan 1,93 g / buah tetapi nilai kelompok perlakuan hidroponik hanya 1,56 g / buah. Hal ini menjadikan media tanam aeroponic di anggap konsep yang tepat untuk penelitian tersebut.

Muangprathub et al, pada tahun 2019, pada penelitian ini mengembangkan sistem penyiraman tanaman pertanian secara optimal berdasarkan jaringan sensor nirkabel pada perkebunan pintar. Sistem ini melakukan management pertanian melalui manajemen data smartphone dan aplikasi web. Sistem ini menerapkan konsep pengumpulan data untuk dianalisa memprediksi suhu, kelembaban, dan kelembaban tanah yang cocok untuk pengelolaan pertumbuhan tanaman yang optimal. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa suhu yang sesuai untuk produktivitas tinggi sayuran dan lemon adalah 29° C dan 32° C. Selain itu, kelembaban yang sesuai untuk produktivitas tinggi lemon adalah dalam 72-81%.

Harun et al, pada tahun 2019, penelitian yang menggunakan konsep IoT dalam bidang agrikultur yang itu melakukan pemantauan iklim dalam ruangan dalam artian green house untuk membantu tingkat pertumbuhan tanaman melalui tingkat pencahayaan . Adapun kontrol yang dilakukan adalah pemantauan dan melakukan kontrol terhadap pencahayaan yang akan membantu proses fotosintesis. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah adanya tingkat pertumbuhan yang optimal terhadap prtumbuhan daun dan penggunaan air secara efisien karena tingkat suhu yang mempengaruhi konsumsi air pada tanaman dan adanya pengaturan cahaya untuk tanamanan berfotosistesis.

Kuswinta et al, pada tahun 2019 penelitian yang menggunakan konsep IoT dalam pemantauan kadar pH pada larutan nutrisi akuaponik agar menjaga nutrisi air dapat terjaga dan memastikan tingkat kadar pH air berada pada tingkat normal untuk metode tanam akuaponik. Metode yang digunakan untuk menentukan kadar pH air pada perangkat yang dibuat penulis menggunakan algoritma Fuzzy Tsukamoto pada interface pengolahan data sensor pH dan ketinggian air untuk menentukan kadar pH berada ditingkat asam, basa dan normal. Hasil yang didapatkan pada pengujian error pada data sensor sebesar 6,3% untuk sensor pH, dan 7,8 pada sensor ultrasonic untuk menentukan ketinggian air pada tangga tanhki nutrisi. Penulis tidak melakukan pengujian akurasi algoritma fuzzy pada sistem yang berbasis WEB. Sistem hanya menampilkan status keadaan pH air berdasarkan sensor pH dan sensor ultrasonik untuk ketinggian air.

Mehra et al, penelitian yang di lakukan pada tahun 2018 melakukan penelitian di bidang agriculture menggunakan pendekatan IoT dan menggunakan algoritma Deep Neural Networks dalam menentukan keputusan aksi terbaik berdasarkan kondisi yang diterima oleh beberapa sensor. Data yang berasal dari masukan berbagai macam sensor menjadi input awal untuk menentukan pola penanganan yang tepat terhadap kondisi input dari sensor DHT11 sensor, Water Level Sensor, Photo resistor atau LDR. Hasil penelitian ini membuktikan pada kasus tanaman tomat yang ditanam menggunakan konsep hidroponik dengan mengimplementasikan konsep IoT dalam pengontrolan media tanam jauh lebih optimal dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman tomat pada media yang menggunakan tanah dan penanaman secara manual.

Foughali et al, penelitian yang dilakukan pada tahun 2018, penelitian ini merupakan penelitian penerapan IoT pada lahan pertanian tomat yang mana sistem dibuat merupakan sistem prediksi cuaca dan mengurangi dampak busuknya tanaman tomat yang diakibatkan oleh penyakit late bight, hasil penelitian ini adalah berupa website yang berisi status terkait lahan pertanian seperti suhu kelembaban intensitas cahaya serta sistem pendukung keputusan untuk penyakit late bright pada tanaman agar petani dapat menerapkan pengobatan yang efektif dari penyakit tanaman tersebut.

Cho et al, penelitian yang di lakukan ada tahun 2018, penelitian ini merupakan penelitian yang berfokus pada pemantauan pada tangka air yang berisi nutrisi untuk tanaman hidroponik dimana pemantauan yang dilkauan adaln pemantauan ion air yang dapat mempengaruhi tingkat kelayakan nutrisi air bagi tanaman hidroponik. Hasil yang di dapatkan dari penelitian tersebut adalah berupa sistem yang dapat memantau kondisi ion pada wadah penampung air nutrisi tanaman hidroponik, sensor yang di kalibrasi normalisasi dua titik untuk mengurangi tingkat eror pada pembacaan sensor, dan alat ini membantu petani hidroponik untuk pemantauan nutrisi air pada tanaman hidroponik dan memberikan penangan tebaik jika terjadi pengurangan nutrisi pada tanaman hidroponik.

Jung et al, penelitian yang dilakukan pada tahun 2018, penelitian yang hampir sama pada penelitian yang di lakukan oleh cho et al, pada tahun 2018, yaitu sistem yang dapat mengatur ion pada tangki nutrisi air akan tetapi perbedaannya pada penelitian ini sudah dapat menambahkan secara otomatis dan jumlah ion kimia yang diatur lebih banyak yaitu 5 unsur nutrisi, sedangkan pada penelitian cho et al, hanya menggunakan 3 unsut nutrisi. Hasil yang di peroleh pada penelitian ini adalah sistem dapat mengukur konsentrasi tertentu dan mengetahui secara spesifikasi nutrisi apa yang kurang dan perlu di tambahkan secara otomatis dengan cara melakukan pengukuran terlebih dahulu agar dapat menentukan takaran yang sesuai kebutuhan.

Kim et al, pada tahun 2017 penelitian ini melakukan pengukuran ion kimia secara cepat dimedia tanam hidroponik dan air untuk memumngkinkan pengolahan nutrisi yang efisien dan melakukan pemantauan dini polutan kimia. Penelitian ini menggunakan dengan sensor array dari polivinil klorida (PVC) untuk pemantauan ion kmia pada air dimedia tanam hidroponik. Salah satu hasil yang di peroleh adalah dari pengukuran sensitivitas dan kemampuan prediksi sensor array dari polivinil klorida (PVC) pada air dengan pH 4-10 erorr yang di dapatkan sebesar 0.96.

2.2. Metode Penyelesaian Masalah

2.2.1. State Of the Art

Untuk menggambarkan metode yang tepat dalam menyelesaikan masalah, penulis membuat sebuah tabel yang menjadi acuan dalam penyelesaian masalah dalam bentuk tabel State of The Art:

Tabel 1. *State Of the Art* Penelitian

No	Judul	Objek dan Permasalahan	Metode	Kinerja	Korelasi
1	Topik Yang diusulkan: Smart Aeroponic Farming Menggunakan Fuzzy Logic Dan Machine Learning Untuk Penanganan Evapotranspirasi Pada Media Tanam Aeroponik	Objek: Media tanam aeroponik. Permasalahan: Tingkat evapotranspirasi pada media tanam aeroponik yang kerap menimbulkan tanaman sulit untuk tumbuh dengan sehat	Fuzzy Tsukamoto, Naïve Bayes	Mampu memprediksi tingkat evapotranspirasi yang terjadi pada tanaman serta dapat melakukan perkiraan penanganan terhadap kondisi media tanam aeroponik secara otomatis dengan harapan akurasi >95% untuk menjaga tingkat evapotranspirasi tanaman	>
2	Judul: Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto Pada Pemantauan Kadar pH Dan Ketinggian Air Dalam Akuaponik	Objek: Kualitas Air pada Media akuaponik Permasalahan: Tidak stabilnya kadar pH pada air media akuaponik yang di pengaruhi tingkat ketinggian air yang disebabkan penguapan	Experimen Fuzzy Tsukamoto	Sensor pH yang memiliki persentasi error sebesar 6,3%, sedangkan sensor ultrasonic yang digunakan untuk menentukan ketinggian memiliki tingkat error sebesar 7,8%. Tingkat akurasi algoritma fuzzy belum. Sistem	>

	<p>Penulis: Adlan Jiwa Kuswinta, I Gede Putu Wirama Wedashwara W, I Wayan Agus Arimbawa Tahun: 2019 Penerbit: JCOSINE</p>	maupun penambahan air		akuaponik dapat menampilkan kesimpulan perhitungan hasil fuzzy sesuai dengan data kadar pH dan ketinggian dari sensor	
3	<p>Judul: IoT Agriculture data analysis for smart farm Penulis: Jiraphon M Nathaphon B Siriwan K Narongsak L Apirat W Pichetwut N Tahun: 2019 Penerbit: Elsevier</p>	<p>Objek: Perkebunan Permasalahan: Luasnya lahan perkebunan yang menjadi kendala dalam melakukan kontrol dan monitoring</p>	<i>Experiment with real- situation test area</i>	Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa suhu yang sesuai untuk produktivitas tinggi sayuran dan lemon adalah 29 ° C dan 32 ° C.	=
4	<p>Judul: Improved Internet of Things (IoT) monitoring system for growth optimization of Brassica</p>	<p>Objek: Brassica chinensis Permasalahan: Mengoptimalkan pertumbuhan Brassica chinensis dengan</p>	Experimen	Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah adanya tingkat pertumbuhan yang optimal terhadap pertumbuhan daun dan penggunaan air secara efisien karena tingkat suhu	>

	<p>chinensis</p> <p>Penulis: Ahmad Nizar H Norliza M Robiah A Abd Rahman Abdul Rahimb Nurul Najwa A</p> <p>Tahun: 2019</p> <p>Penerbit: Elsevier</p>	<p>IoT untuk mengatur tingkatpencahayaan terbaik untuk pertumbuhan Brassica chinensis</p>		<p>yang mempengaruhi konsumsi air pada tanaman</p>	
5	<p>Judul: IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks</p> <p>Penulis: Manav Mehra Sameer Saxena Suresh S Rijo Jackson T Veeramanikandan</p> <p>Tahun: 2018</p> <p>Penerbit:</p>	<p>Objek: Media tanamhydroponic</p> <p>Permasalahan: Mencoba mengetahui tindakan atau perlakuan yang terbaik untuk kondisi tanaman tertentu dengan memperhatikan bacaan beberapa sensor yang di pasang</p>	<p><i>Deep neural network agorithm</i></p>	<p>Hasil penelitian ini membuktikan pada kasus tanaman tomat yang ditanam menggunakan konsep hidroponik dengan mengimplementasikan konsep IoT dalam pengontrolan media tanam jauh lebih optimal dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman tomat pada media yang menggunakan tanah</p>	>

	Elsevier				
6	<p>Judul: Using Cloud IOT for disease prevention in precision agriculture</p> <p>Penulis: Karim Foughalia Karim F Ali Frihidab</p> <p>Tahun: 2018</p> <p>Penerbit: Elsevier</p>	<p>Objek: Lahann pertanian</p> <p>Permasalahan: Mencoba memberikan informasi seputar keadaan lahan pertaniandan menjadi sistem pendukung keputusan terkait penyakit tanaman <i>late bright</i></p>	<i>Implemented the SIMCAST model at the IOT platform</i>	Penelitian ini adalh berupa website yang berisi status terkait lahan pertanian seperti suhu kelembaban intensitas cahaya serta sistem pendukung keputusan untuk penyakit late bright pada tanaman	>
7	<p>Judul: On-site ion monitoring system for precision hydroponic nutrient management</p> <p>Penulis: Woo-Jae Cho Hak Jin Kima Dae-Hyun Jung Dong-Wook Kim Tae In Ah Jung-Eek Son</p> <p>Tahun:</p>	<p>Objek: Media hidroponik</p> <p>Permasalahan: Melakukan monitoring ion pada larutan nutrisi yang ada pada air mediatanam hidroponik</p>	<i>the two-point normalization method</i>	sistem yang dapat memantau kondisi ion pada wadah penampung air nutrisi tanaman hidroponik, sensor yang di kalibrasi normalisasi dua titik untuk mengurangi tingkat eror pada pembacaan sensor,	>

	2018 Penerbit: Elsevier				
8	Judul: Validation testing of an ion-specific sensing and control system for precision hydroponic macronutrient management Penulis: Dae-Hyun J Hak-Jin Kima Woo-Jae Cho Soo Hyun ParkSeung-Hwan Y Tahun: 2018 Penerbit: Elsevier	Objek: Media hidroponik Permasalahan: Melakukan monitoring ion pada larutan nutrisi yang terdiri dari 5 unsur nutrisi yang ada pada air media tanam hidroponik serta data menambahkan secara otomatis berdasarkan tingkat kekurangan nutrisi tertentu	<i>the two-point normalization method</i>	sistem dapat mengukur secara spesifik nutrisi apa yang kurang dan perlu di tambahkan secara otomatis dengan cara melakukan pengukuran terlebih dahulu agar dapat menentukan takaran yang sesuai kebutuhan. dengan nilai RMSE 25.2 ± 9.4 , 19.1 ± 8.1 , dan $11.5 \pm 6.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ untuk NO_3 , K	>
9	Judul: PVC membrane-based portable ion analyzer for hydroponic and water monitoring Penulis:	Objek: Media hidroponik Permasalahan: Melakukan testing pada beberapa sample terkait pH measurement dan melihat tingkat akurasi sensor terhadap bacaan ion pada air ditanaman hidroponik	<i>two-point normalization method dan a three-point calibration method</i>	pengukuran sensitivitas dan kemampuan prediksi sensor array dari polivinil klorida (PVC) pada air dengan pH 4-10 error yang di dapatkan sebesar 0.96.	>

Hak-Jin K Dong-Wook K Won Kyung K Woo-Jae Cho Chang Ik Kang Tahun: 2017 Penerbit: Elsevier				
--	--	--	--	--

,

Berdasarkan tabel State of the art diatas topik yang diusulkan lebih baik, penelitian yang diusulkan menggunakan 2 algoritma berbeda untuk menentukan nilai dengan parameter berbeda, algoritma fuzzy tsukomoto untuk menentukan penanganan yang tepat pada media tanam aeroponik, hal ini dikarenakan algoritma tersebut dapat bekerja sederhana dan dapat memodelkan fungsi-fungsi non linier yang kompleks, serta mendukung untuk sistem kendali dalam pemrograman yang sederhana.

Algoritma naïve bayes digunakan untuk melakukan *forecasting* tingkat evapotranspirasi yang terjadi pada media tanam aeroponik. sehingga dapat melakukan prediktif yang lebih baik dengan jumlah dataset yang akan terus bertambah seiring berjalannya waktu yang dikarenakan banyaknya data yang terkumpul dari tanaman yang ditanam pada media aeroponic, sehingga algoritma *forecasting* naïve bayes diharap mampu memberikan kinerja optimal dalam memprediksi tingkat evapotranspirasi yang terjadi pada media tanam.

Penelitian ini juga diharapkan mampu memberikan nilai sensor dengan tingkat akurasi yang lebih bagus serta memberikan penanganan yang tepat untuk mencegah terjadinya peningkatan pada tingkat evapotranspirasi tanaman yang di tanam pada media aroponik. Pengujian dilakukan dengan cara menguji akurasi nilai sensor yang digunakan serta memperhatikan root mean Square Error(RMSE) pada proses *forecasting* tingkat evapotranspirasi media tanam menggunakan.

2.2.2. Level Orisinalitas Topik Penelitian Yang Diusulkan

Tabel 2. Matriks metode penyelesaian

No Refrensi	Metode Penyelesaian							
	a	b	c	d	e	f	g	h
1		V	V					
2	V	V						
3	V			V				
4	V							
5					V			
6						V		
7							V	
8							V	
9							V	V

Nomer Refrensi

1. Topik Yang diusulkan: Smart Aeroponic Farming Menggunakan Fuzzy Logic Dan Machine Learning Untuk Penanganan Evapotranspirasi Pada Media Tanam Aeroponik
2. Implementasi IoT Cerdas Berbasis Inference Fuzzy Tsukamoto Pada Pemantauan Kadar pH Dan Ketinggian Air Dalam Akuaponik
3. IoT and agriculture data analysis for smart farm
4. Improved Internet of Things (IoT) monitoring system for growth optimization of Brassica chinensis
5. IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks
6. Using Cloud IOT for disease prevention in precision agriculture
7. On-site ion monitoring system for precision hydroponic nutrient management
8. Validation testing of an ion-specific sensing and control system for precision hydroponic macronutrient management
9. PVC membrane-based portable ion analyzer for hydroponic and water monitoring

Metode penyelesaian

- a) Experimen
- b) Naïve Bayes
- c) Fuzzy Tsukamoto
- d) real-situation test area
- e) Deep neural network agorithm
- f) Implemented the SIMCAST model at the IOT platform
- g) Two-point normalization method
- h) Three-point calibration method

Berdasarkan pengembangan metode yang dapat dilihat pada tabel diatas dapat di ambil kesimpulan bahwa level keaslian pada topik yang diusulkan berada pada level 4 pada tabel level orisinalitas yang dikeluarkan oleh program studi Magister Teknik Informatika Universitas Hasanuddin yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Level orisinalitas berdasarkan standar proposal PS Magister Teknik Informatika UNHAS

Level Orisinalitas	Objek Penelitian	Jenis Permasalahan	Metode Penyelesaian Masalah	Status Orisinal Penelitian
1	xxxxxx	Tidak jelas,Sangat minim untuklevel S2	xxxxxx	Orisinalitas Tidak Ada
2	Terpakai (sudah digunakan sebelumnya)	Serupa dengan objek yang sama	Sudah digunakan untuk objek dan jenis permasalahan sebelumnya	Sangat Tidakorisial
3	Baru	Serupa dengan sebelumnya	Sama untuk masalah yang serupa	Kurang
4	Terpakai	Serupa dengan objek yang sama	Lain yang tersedia(belum digunakan untuk masalah yang sama)	Minimalis
5	Baru	Serupa sebelumnya	Lain yang tersedia	Minimalis
6	Terpakai	Baru	Tersedia	Orisinal
7	Baru	Baru	Tersedia	Orisinal
8	Terpakai	Serupa	Baru	Orisinal+Novelty
9	Baru	Serupa	Baru	Orisinal+Novelty
10	Terpakai	Baru	Baru	Sangat Orisinal+Novelty
11	Baru	Baru	Baru	Sangat Orisinal+Novelty

Kategori metode penyelesaian baru

- a. Modifikasi dari metode yang lama
- b. Penggabungan beberapa metode lama
- c. Metode yang baru dikembangkan dan atau belum pernah digunakan sebelumnya
- d. Selalu menghasilkan keluaran yang lebih baik,

2.3. Target Hasil Penelitian

Target penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini diharapkan mampu menyelesaikan masalah tingkat evapotranspirasi pada media tanam urban farming dengan menggunakan konsep aeroponik, dengan menggunakan teknologi IoT yang dianggap mampu mempermudah kontrol, monitoring dan membuat sebuah system metode tanam yang pintar untuk pencegahan terjadinya evapotranspirasi berlebih pada media tanam dengan konsep *forecasting* naïve bayes dengan nilai RMSE dibawah 5% dan fuzzy tsukamoto dengan target akurasi sensor berada pada kisaran >95%.

2.4. Kerangka Pikir

Kerangka pikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

<p style="text-align: center;">Rumusan Masalah</p> <p>Bagaimana mengoptimalkan data sensor suhu dan kelembaban menggunakan algoritma <i>Fuzzy Tsukamoto</i> pada perangkat sensorik untuk menentukan tingkat evapotranspirasi yang digabungkan dengan Naïve bayes pada proses penentuan <i>membership function</i> agar bersifat dinamis dalam menentukan tindakan aktuator yang sesuai</p>
<p style="text-align: center;">Tujuan Penelitian</p> <p>Membuat sebuah sistem yang dapat melakukan monitoring serta kontrol dengan menggunakan algoritma <i>fuzzy tsukomoto</i> dimana pada proses penentuan membership function dapat dilakuakn secara dinamis menggunakan metode forecasting Naïve Bayesian, serta melakukan evaluasi pada tingkat stabilisasi sensor dan tingkat evapotrasnpitrasi yang dihasilkan</p>
<p style="text-align: center;">Metode Penyelesaian</p> <p>Menerapkan konsep IoT dalam pembuatan sistem kontrol media tanam aeroponik pada pertanian cerdas dilahan sempit Menggunakan algoritma <i>forecasting</i> naive bayes dan <i>fuzzy</i> untuk menjaga tingkat evapotranspirasi berada dilevel normal yang dapat dikontrol dan monitoring melalui <i>mobile platform</i></p>
<p style="text-align: center;">Hasil yang diharapkan</p> <p>Sistem dapat menjaga kondisi media tanam tetap optimal dengan menjaga tingkat evapotranspirasi dan menekan tingkat evapotrasnpirasi agar tanaman tumbuh dengan segar pada konsep aeroponik dan dapat dimonitoring melalui media <i>mobile platform</i></p>