

**SISTEM OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT  
MENGUNAKAN METODE *NEURAL NETWORK***

**SKRIPSI**

**Oleh :  
MAHIFAN MUHAMMAD SYAFI'UDIN  
NIM. 17650098**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**SISTEM OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT  
MENGUNAKAN METODE *NEURAL NETWORK***

**SKRIPSI**

**Oleh :  
MAHIFAN MUHAMMAD SYAFI'UDIN  
NIM. 17650098**

**Diajukan kepada :  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SISTEM OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT  
MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK**

**SKRIPSI**

Oleh :

**MAHIFAN MUHAMMAD SYAFI'UDIN**

**NIM. 17650098**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji**

**Tanggal : 13 Desember 2023**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Muhammad Faisal, M.T**  
**NIP. 19740510 200501 1 007**

**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T**  
**NIP. 19830616 201101 1 004**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Jurusan Teknik Informatika**

**Fakultas Sains dan Teknologi**

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**



**Dr. Fachrul Kurniawan, M. MT. IPM**  
**NIP. 19771020 200912 1 001**

## HALAMAN PENGESAHAN





### SISTEM OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT MENGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK

#### SKRIPSI

Oleh :  
**MAHIFAN MUHAMMAD SYAFI'UDIN**  
NIM. 17650098

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu  
Persyaratan untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)  
Pada tanggal : 13 Desember 2023

#### Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Johan Ericka Wahyu Prakasa, M. Kom</u> NIP : 19831213 201903 1004	(  )
Anggota Penguji I	: <u>Ajib Hanani, M.T</u> NIDT : 19840731 20160801 1076	(  )
Anggota Penguji II	: <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> NIP. 19740510 200501 1 007	(  )
Anggota Penguji III	: <u>Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> NIP. 19830616 201101 1 004	(  )

Mengetahui dan Mengesahkan,  
Ketua Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

  
  
Cahriul Kurniawan, M. MT, IPM  
NIP. 19771020 200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mahifan Muhammad Syafi'udin  
NIM : 17650098  
Program Studi : Teknik Informatika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Sistem Otomasi Penyiraman Tanaman Tomat  
Menggunakan Metode *Neural Network*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 13 Desember 2023  
Yang membuat pernyataan,



Mahifan Muhammad Syafi'udin  
NIM .17650098

## **HALAMAN MOTTO**

*“Allah Tidak Akan Membebani Seseorang Diluar Kemampuannya”*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT serta shalawat dan salam bagi Rasul Muhammad SAW. Penulis persembahkan sebuah karya ini kepada :

Kedua orang tua penulis, Bapak Drs. Naserul dan Ibu Aliyah Sitatun yang sangat penulis cintai, seseorang yang selalu ada, selalu memberikan dukungan dan doa tiada henti untuk keberhasilan penulis.

Dosen pembimbing penulis yakni Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T, yang telah bersedia membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan juga selalu memberikan support untuk tetap semangat dalam menjalani semua rangkaian tugas akhir penulis.

Seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang khususnya Dosen Wali yakni Fresy Nugroho, M.T, yang telah membimbing dan memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat selama penulis menempuh Pendidikan di jurusan Teknik Informatika.

Keluarga besar *unocore* (Teknik Informatika Angkatan 2017) dan khususnya teman saya yang selalu membantu yakni Miftach Noorvickia Mu'afiq dan orang yang berarti bagi penulis khususnya Nur Ilmi Dwi Sasmitasari yang selalu memberikan semangat, doa segala bantuan serta mensupport penulisan tugas akhir ini sampai pada titik ini.

Penulis ucapkan terimakasih yang luar biasa. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga, segala urusan kita dilancarkan dan selalu dalam ridho Allah SWT. Aamiin Ya Mujibassailin.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum. Wr. Wb*

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, pertolongan dan nikmat kepada kita semua, sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu, Adapun judul dari tugas akhir atau skripsi yang diajukan oleh penulis adalah “Sistem Otomasi Penyiraman Tanaman Tomat Menggunakan Metode *Neural Network*”.

Penulis mengucapkan terimakasih dan do'a kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT, karena dengan ridho dan restu Nya proses pengajuan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Prof. Dr. HM. Zainuddin, MA selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Fachrul Kurniawan M.MT, IPM Selaku Ketua Prodi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Dr. Muhammad Faisal, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.



6. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T selaku Dosen Pembing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
7. Fresy Nugroho, M.T selaku Dosen wali memberikan arahan dan support untuk penulis.
8. Seluruh dosen Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
9. Seluruh staf Teknik Informatika yang telah membantu dalam hal administrasi
10. Kedua orang tua Bapak Drs. Naserul dan Ibu Aliyah Sitatun yang siang dan malam tiada terputus doanya untuk kelancaran pengerjaan tugas akhir atau skripsi ini, serta teman teman seperjuangan *unocore*, sahabat – sahabat penulis, khususnya Nur Ilmi Dwi Sasmitasari yang telah memberikan dukungan, membantu dan saling mendoakan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi.

*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb*

Malang, 13 Desember 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>ABSTRAK</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>المخلص</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Pernyataan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	6
1.4. Batasan Masalah .....	6
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II STUDI PUSTAKA</b> .....	7
2.1. Studi Pustaka .....	7
2.2. Neural Network .....	10
2.2.1. Algoritma Neural Network Perceptron .....	11
2.2.2. Training pada Algoritma <i>Perceptron</i> .....	12
2.2.3. Proses Pelatihan .....	13
2.3. Tanaman Tomat .....	13
2.4. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman Tomat .....	14
2.4.1. Iklim .....	14
2.4.2. Kelembaban Tanah .....	15
2.4.3. Kebutuhan Air .....	15
2.5. <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	16

2.6. Prinsip Kerja Alat Penyiranan Tanaman Tomat .....	17
2.7. Komponen Rangkaian Penyiraman Tanaman Tomat.....	18
2.7.1. Soil moisture sensor .....	18
2.7.2. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11) .....	18
2.7.3. Real Time Clock (RTC) .....	19
2.7.4. Arduino Mega 2560 .....	19
2.7.5. Pompa Air .....	20
2.7.6. NodeMCU .....	21
2.7.7. WhatsApp.....	21
2.8. Kerangka Teori.....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1. Desain Penelitian.....	23
3.1.1. Pengumpulan Data .....	24
3.1.1.1. Data Primer .....	24
3.1.1.2. Data Sekunder .....	24
3.2. Desain Alur Sistem.....	24
3.2.1. Desain Sistem Penyiraman Tanaman.....	24
3.2.2. Kerangka Alat .....	25
3.3. Kebutuhan Sistem .....	26
3.3.1. Sensor Soil Moisture .....	26
3.3.2. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11) .....	27
3.3.3. RTC atau <i>Real Time Clock</i> .....	27
3.3.4. NodeMCU .....	27
3.4. Penerapan Metode .....	28
3.5. Pelatihan dan Pengujian <i>Neural network Perceptron</i> .....	29
3.6. Perancangan Sistem.....	29
3.7. Rencana Pengujian Sistem .....	30
3.7.1. JST (Jaringan Syaraf Tiruan) .....	30
3.7.2. Rancangan pengujian pada fitur Aplikasi WhatsApp .....	31
3.8. Pengujian Kalibrasi .....	32
3.9. Prosedur Pelaksanaan Penelitian .....	32
3.9.1. Perawatan tanaman.....	33
3.9.2. Pengamatan dan pengambilan data .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>

4.1. Hasil Pengujian .....	34
4.1.1. Pengujian Sistem Menggunakan <i>Neural network</i> .....	34
4.1.1.1. Pengujian Kalibrasi .....	34
4.1.1.2. Pengujian Tingkat Akurasi.....	35
4.1.2. Data Tanaman .....	37
4.2. Pembahasan .....	38
4.2.1. Perhitungan pada <i>Neural network</i> .....	38
4.2.2. <i>Source Code</i> Mikrokontroler.....	40
4.2.3. Sistem Hardware .....	41
4.2.3.1. Rangkaian Hardware.....	41
4.2.3.2. NodeMCU .....	41
4.2.4. Pengaturan Sensor .....	42
4.2.4.1. Sensor Kelembaban Tanah (Soil Moisture Sensor) .....	42
4.2.4.2. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11).....	43
4.2.4.3. Pengujian Kalibrasi .....	43
4.2.5. Rangkaian Output.....	44
4.2.5.1. Output Pengatur Penyiraman .....	44
4.2.6. Tampilan Tanaman Tomat di Polybag .....	45
4.2.7. Aplikasi WhatsApp .....	45
4.2.8. Integrasi Islam .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Penelitian Sebelumnya dan Rencana Penelitian.....	9
Tabel 2.2	Spesifikasi Soil moisture sensor FC-28 .....	18
Tabel 2.3	Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	20
Tabel 2.4	Spesifikasi Pompa Air.....	21
Tabel 2.5	Spesifikasi Modul NodeMCU ESP8266.....	21
Tabel 3.1	Confusion matrix.....	31
Tabel 4.1	Uji kalibrasi suhu .....	34
Tabel 4.2	Uji kalibrasi kelembaban udara.....	35
Tabel 4.3	Uji kalibrasi kelembaban tanah.....	35
Tabel 4.4	Data status penyiraman pada suhu .....	35
Tabel 4.5	Data status penyiraman pada kelembaban udara .....	36
Tabel 4.6	Data status penyiraman pada kelembaban tanah.....	36
Tabel 4.7	Data uji penyiraman tanaman .....	36
Tabel 4.8	Confusion Matrix Fitur Penyiraman.....	37
Tabel 4.9	Iterasi 1.....	39
Tabel 4.10	Iterasi ke 10.....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur Neural network.....	10
Gambar 2.2	Diagram jaringan perceptron.....	11
Gambar 2.3	Konsep IoT.....	17
Gambar 2.4	Soil moisture sensor FC-28.....	18
Gambar 2.5	RTC Module DSI307.....	19
Gambar 2.6	Arduino Mega 2560.....	20
Gambar 2.7	Mini pump DC 3-12V.....	20
Gambar 2.8	Skematik posisi Pin NodeMCU.....	21
Gambar 2.9	Kerangka Teori.....	22
Gambar 3.1	Blok diagram desain penelitian.....	23
Gambar 3.2	Desain Sistem Penyiraman Dengan Metode NN.....	24
Gambar 3.3	Kerangka Alat.....	25
Gambar 3.4	Penerapan Metode.....	28
Gambar 3.5	Algoritma perceptron.....	29
Gambar 4.1	Tinggi tanaman tomat.....	38
Gambar 4.2	Jumlah tangkai tanaman tomat.....	38
Gambar 4.3	Rangkaian hardware.....	41
Gambar 4.4	Rangkaian NodeMCU.....	42
Gambar 4.5	Pemasangan sensor kelembaban tanah pada tanaman tomat.....	42
Gambar 4.6	Sensor pemasangan sensor suhu dan kelembaban udara.....	43
Gambar 4.7	Kalibrasi suhu dan kelembaban udara.....	44
Gambar 4.8	Kalibrasi kelembaban tanah.....	44
Gambar 4.9	Output pengaturan penyiraman.....	45
Gambar 4.10	Tampilan tanaman tomat di pot.....	45
Gambar 4.11	Halaman Notifikasi WhatsApp Penyiraman Tanaman Tomat.....	46

## ABSTRAK

Syafiudin, Mahifan Muhammad. 2023. **SISTEM OTOMASI PENYIRAMAN TANAMAN TOMAT MENGGUNAKAN METODE NEURAL NETWORK**. Skripsi : Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T (II) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T

**Kata kunci** : *Metode Neural network , Sistem Otomasi, Tanaman Tomat*

Petani masih belum mengenal tentang halnya alat dan mesin pertanian modern yang dapat mempermudah dan meringankan pekerjaan dalam bercocok tanam khususnya dalam tahap penyiraman tanaman. Salah satu penerapan teknologi modern khususnya di bidang elektronika adalah *Internet of Things (IoT)* dengan menggunakan metode *Neural network*. Penelitian ini fokus pada 3 fitur yaitu suhu, kelembaban tanah dan kelembaban udara. Dengan menggunakan mikrokontroler *NodeMCU* dan Arduino, serta sensor DT11, *soil moisture sensor* dan juga sensor pH. Pengujian dilakukan dengan pengamatan selama 7 hari dan interval pembacaan data setiap pukul 07.00, 11.00, 15.00, dan 17.00 untuk memperoleh sejumlah 28 data. Data tersebut kemudian digunakan untuk perhitungan *confusion matrix* sehingga didapatkan bahwa nilai akurasi adalah 100%. Untuk memastikan hasil pengukurannya sudah akurat maka menggunakan uji kalibrasi pada suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah. Dari uji kalibraasi didapatkan rata rata nilai *error* sebesar 1,8% pada suhu, 1,2% pada kelembaban udara, dan 6,2% pada kelembaban tanah.

## **ABSTRACT**

Syafiudin, Mahifan Muhammad. 2023. **TOMATO PLANT WATERING AUTOMATION SYSTEM USING NEURAL NETWORK METHOD WITH WHATSAPP NOTIFICATION.** Thesis: Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T (II) Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T

Farmers still don't know about modern agricultural tools and machines that can make the work of farming easier and easier, especially in the watering stage. One application of modern technology, especially in the field of electronics, is the Internet of Things (IoT) using the Neural network method. This research focuses on 3 features, namely temperature, soil moisture and air humidity. Using a NodeMCU and Arduino microcontroller, as well as a DT11 sensor, soil moisture sensor and also a pH sensor. The test was carried out with observations for 7 days and data reading intervals every 07.00, 11.00, 15.00 and 17.00 to obtain 28 data. This data is then used to calculate the confusion matrix so that the accuracy value is 100%. To ensure that the measurement results are accurate, use a calibration test on temperature, air humidity and soil moisture. From the calibration test, it was found that the average error value was 1,8% for temperature, 1,2% for air humidity, and 6,2% for soil moisture.

**Key Word** : *Neural network method, Tomato Plant, Automation System*



## المخلص

سيف الدين، ماهيفان محمد. ألفان وثلاثة وعشرون. نظام التشغيل الآلي لري نباتات الطماطم باستخدام طريقة الشبكة العصبية مع إشعار عبر الواتساب. الأطروحة: قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج (المشرف) أنا (د. محمد فيصل، م.ت) الثاني (د. يونيفة مفتاح عارف، م.ت)

الكلمات المفتاحية: طريقة الشبكة العصبية، إشعار الواتساب، نظام أتمتة مصنع الطماطم ولا يزال المزارعون يجهلون الأدوات والآلات الزراعية الحديثة التي يمكن أن تجعل عمل الزراعة أسهل وأسهل، خاصة في مرحلة السقي. ومن تطبيقات التكنولوجيا الحديثة، وخاصة في مجال الإلكترونيات، إنترنت الأشياء باستخدام طريقة الشبكة العصبية. ويركز هذا البحث على ثلاث خصائص وهي درجة الحرارة ورطوبة التربة ورطوبة الهواء. وذلك باستخدام المتحكم الدقيق وكذلك الحساسات وحساسات رطوبة التربة وأيضاً حساسات الرقم الهيدروجيني. تم إجراء الاختبار مع الملاحظات لمدة سبعة أيام وقراءة البيانات على فترات كل سبعة، أحد عشر، خمسة عشر وسبعة عشر صباحاً للحصول على ثمانية وعشرين بيانات. يتم بعد ذلك استخدام هذه البيانات لحساب مصفوفة الارتباك بحيث تكون قيمة الدقة مائة بالمائة للتأكد من دقة نتائج القياس، استخدم اختبار المعايرة لدرجة الحرارة ورطوبة الهواء ورطوبة التربة. من اختبار المعايرة، كان متوسط قيمة الخطأ هو واحد ثمانية لدرجة الحرارة، وواحد فاصل اثنين لرطوبة الهواء، وستة فاصل اثنين لرطوبة التربة.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia disebut sebagai negara agraris karena memiliki lahan pertanian yang luas, berlimpahnya sumber daya alam, dan tanah yang subur (Mulyadi et al., 2020). Tanah yang subur memungkinkan pertumbuhan tanaman secara optimal, menghasilkan panen yang memuaskan sesuai dengan kebutuhan komoditas. Namun, di beberapa daerah seperti Jawa Timur, tidak semua jenis tanaman, seperti tomat dapat tumbuh dengan baik meskipun kondisi tanahnya subur.

Menurut data dari (Badan Pusat Statistik, 2021) produksi tomat di Jawa Timur mengalami fluktuasi dari 9580 ton pada 2019, meningkat menjadi 9944 ton pada 2020, lalu turun menjadi 9789 ton pada 2021. Hal ini menunjukkan variasi dalam produksi tomat di wilayah tersebut yang cenderung menurun, sementara kebutuhan akan komoditas tersebut terus meningkat setiap tahunnya. Selain bertambahnya kebutuhan ini, pentingnya kualitas dan kuantitas tanaman serta kualitas sistem produksi yang baik turut menjadi faktor utama. Teknik perawatan khususnya dalam penyiraman tanaman menjadi aspek penting dalam memastikan kesuburan tanaman, mencegah layu atau kematian dan menghindari kegagalan dalam pertumbuhan (Mangesti et al., 2019).

Tanaman tomat akan berhasil tumbuh dengan baik jika kondisi pertumbuhannya optimal. Faktor penting bagi pertumbuhan tanaman tomat adalah tanah yang subur dan memiliki pori-pori yang baik, dengan tingkat keasaman atau pH sekitar 5-7 (Syakur, 2012). Tanaman ini memerlukan pasokan air yang memadai namun tidak

dapat bertahan pada curah hujan yang berkelanjutan karena dapat menghambat pertumbuhannya. Umumnya, tanaman tomat memerlukan kondisi kelembaban relatif sekitar 80% (Sunaryanti & Dwiwana, 2020). Selain itu, suhu optimal bagi pertumbuhan tanaman tomat adalah sekitar 18°C-24°C dengan suhu minimum 14°C dan maksimum 26°C (Syakur, 2012).

Perawatan yang efektif bagi tanaman tomat harus mempertimbangkan persyaratan pertumbuhannya. Merawat tanaman tomat memerlukan penyiraman teratur yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman agar terhindar dari kekeringan atau air yang berlebihan. Ini menunjukkan pentingnya pengelolaan air dalam budidaya tanaman, sebagaimana tercermin dalam ayat Al-Quran surat An-Nahl ayat 65 yang menekankan peran air dalam proses pertumbuhan yang berbunyi :

وَاللَّهُ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَسْمَعُونَ

*“Dan Allah menurunkan dari langit air (hujan) dan dengan air itu dihidupkan – Nya bumi sesudah matinya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar – benar terdapat tanda – tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang – orang yang mendengarkan (pelajaran) (Qs. An – Nahl : 65)”*.

Dalam tafsir dari (Jalaludin & As-Suyuthi, 2018) dijelaskan bahwa hujan yang turun dari langit oleh Allah sebagai penyubur bagi bumi dan pemberi kehidupan bagi tanaman setelah masa kekeringan. Bagian ini mengacu pada tumbuhnya tanaman setelah masa kekeringan yang menciptakan tanda atau bukti akan hari kebangkitan bagi mereka yang mendengar dan memikirkannya dengan bijaksana.

Menurut penelitian (A. S. Wijaya et al., 2017), kegagalan dalam pertumbuhan tanaman tomat bisa disebabkan oleh teknik penyiraman yang tidak tepat dan perubahan iklim yang mengganggu suhu dan kelembaban tanah (Aryawati & Budhi, 2018), sehingga tanaman tomat menjadi rentan layu atau mati. Selain itu,

penurunan produksi tanaman tomat juga disebabkan oleh keterbatasan teknologi yang dimiliki petani serta kurangnya akses informasi teknologi (A. S. Wijaya et al., 2017).

Menurut (Pradana & Irawati, 2016), mayoritas petani di Indonesia belum mengetahui teknologi budidaya modern sehingga mereka masih bergantung pada metode penyiraman manual. Hal ini menyebabkan kesulitan bagi petani karena cara manual tersebut kurang efisien dan memakan waktu. Petani harus menyiram tanaman satu per satu, yang mengurangi efisiensi dalam penggunaan energi, waktu, dan pasokan air, serta berdampak pada hasil panen yang menurun (A. Wijaya & Rivai, 2018).

Kemajuan teknologi di sektor pertanian, terutama dalam alat dan mesin untuk budidaya tanaman mengalami perkembangan yang pesat (Aldillah, 2016). Namun, di beberapa wilayah, petani masih kurang mengetahui dengan perkembangan alat dan mesin pertanian modern yang bisa meringankan pekerjaan, terutama dalam tahap penyiraman tanaman. Salah satu kemajuan teknologi modern dalam bidang elektronika adalah Internet of Things (IoT) yang menggunakan metode *Neural Network*. Metode ini sering digunakan untuk membantu program dalam pengambilan keputusan berdasarkan data sebelumnya (Mahendra et al., 2019).

*Internet of Things* berasal dari kata *internet* dan *things*. Istilah *internet* mengacu pada jaringan komputer yang menggunakan protokol tertentu, sementara *things* menggambarkan objek fisik (Nalendra & Mujiono, 2020). Objek tersebut bisa berupa sensor data yang mengirimkan informasi melalui internet. Data yang dikirim oleh sensor perlu disajikan agar dapat dimengerti oleh pengguna, memfasilitasi

pertukaran informasi antara bahasa analog sensor dan bahasa digital server atau aplikasi yang dapat dipahami oleh pengguna (Khafi et al., 2019).

Penggunaan teknologi modern untuk menciptakan sistem penyiraman otomatis adalah suatu inovasi canggih yang memanfaatkan pengendalian perangkat dari jarak jauh yang dapat diakses melalui internet. Dengan perkembangan inovasi dan teknologi tersebut, sehingga diciptakan sistem otomatisasi berbasis IoT. Dalam merancang sistem ini, terdapat tiga komponen utama, yaitu perangkat masukan, perangkat proses, dan perangkat keluaran (Irsyam, 2019).

*Neural Network* merupakan metode pembelajaran yang terinspirasi dari jaringan pembelajaran biologis, terdiri dari jaringan sel syaraf (neuron) yang saling terhubung. Struktur *Neural Network* ini merupakan suatu metode sistematis untuk melatih model yang kompleks. Pendekatan ini didasarkan pada matematika yang kuat, bersifat objektif, dan menggunakan algoritma yang menghasilkan persamaan serta koefisien dengan mengurangi kesalahan kuadrat melalui model yang dihasilkan dari data pelatihan (training set) (Cynthia & Ismanto, 2017). Salah satu tipe *Neural Network* yang umum digunakan adalah *Neural Network Perceptron* (Mahendra et al., 2019). *Perceptron* adalah jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk mengklasifikasikan pola, terutama dalam pemisahan linier. Jaringan ini bekerja dengan menerima input, memberikan bobot pada input tersebut kemudian menghasilkan output berdasarkan fungsi aktivasi. Meskipun sederhana, *perceptron* dapat efektif dalam mengklasifikasikan pola yang dapat dipisahkan secara linier dalam ruang fitur yang sesuai (Simatupang, 2019)

Rosenblatt (1962) dan Minsky–Papert (1969) menemukan model jaringan *Neural Network perceptron*. Pada masa itu, model *perceptron* memang dikenal karena efektivitasnya dalam aplikasi dan metode pelatihannya. Biasanya, *perceptron* digunakan untuk mengklasifikasikan pola tertentu, terutama dalam kasus pemisahan linear di mana data dapat dipisahkan dengan jelas menggunakan garis lurus atau bidang dalam ruang fitur yang sesuai (Yudhistiro, 2017).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, peneliti berkeinginan untuk mengembangkan solusi inovatif bagi petani yang belum menggunakan teknologi canggih. Salah satunya adalah dengan merancang sebuah "Sistem Otomatis Penyiraman Tanaman Tomat berbasis Metode *Neural Network*". Melalui sistem otomatis ini, diharapkan pekerjaan petani menjadi lebih ringan dan efisien, membuka peluang untuk menciptakan terobosan baru yang berpotensi memberikan manfaat besar. Solusi ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta produktivitas dalam usaha pertanian yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas, jumlah, mutu, dan nilai tambah produk yang dihasilkan serta memberikan pemberdayaan kepada petani.

## **1.2. Pernyataan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka identifikasi masalah pada penelitian ini adalah berapakah tingkat akurasi dari metode *Neural network* untuk sistem otomasi penyiraman tanaman tomat ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui tingkat akurasi dari metode *Neural network* untuk sistem otomasi penyiraman tanaman tomat.

### **1.4. Batasan Masalah**

Penelitian ini memiliki batasan masalah yang berhubungan dengan objek penelitian yang akan digunakan agar lebih berfokus. Beberapa Batasan tersebut meliputi :

1. Pertumbuhan tanaman tomat terjadi dalam rentang waktu 7-60 hari di polybag.
2. Media tanam yang digunakan merupakan tanah lempung berpasir/berpori yang gembur, dengan kisaran tingkat keasaman tanah (pH) antara 5-7.
3. Pengumpulan data dilakukan dengan jumlah keseluruhan sebanyak 1.209 data.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Memberikan solusi untuk memungkinkan petani melakukan penyiraman tanaman tomat secara otomatis, meminimalkan waktu dan pengaturan kadar air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Serta dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan petani, tetapi juga memastikan efektivitas dalam pertumbuhan tanaman tomat.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

Bab ini menguraikan beberapa literatur yang menjadi rujukan dan acuan penelitian dalam skripsi ini :

#### **2.1. Studi Pustaka**

Penelitian yang dilakukan oleh (Zulhijanto & Fadlil, 2022) menerapkan sebuah sistem pemantauan dan penyiraman tanaman tomat secara otomatis melalui konsep *Internet of Things* (IoT). Tujuan pada penelitian ini untuk memantau suhu udara, kelembaban udara, dan kelembaban tanah, serta melakukan penyiraman tanaman ketika tingkat kelembaban tanah mencapai kondisi kering. Metode yang digunakan menggunakan logika fuzzy yang berbasis pada IoT dengan perangkat seperti NodeMCU ESP8266, sensor DHT11, sensor kelembaban tanah VL23 SEN0193, modul relay 1 channel, pompa air DC, LCD 20 x 4, dan aplikasi Blynk.

Studi berikutnya yang dilakukan oleh (Imam et al., 2022), menerapkan desain kontrol otomatis penyiraman tanaman tomat dengan menggunakan perangkat Wemos D1 R1. Komponen yang terlibat dalam sistem ini mencakup Wemos D1 R1, sumber daya listrik, relay, pompa air DC, LCD 16 x 2, dan modul I2C. Desain mekanik untuk pengendalian motor pada tanaman tomat menggunakan Wemos D1 R1 direncanakan menggunakan aplikasi Fritzing. Penelitian ini dilakukan di dalam sebuah rumah kaca.

Penelitian yang dilakukan oleh (Alfanugraha, 2022) menerapkan implementasi sistem otomatisasi penyiraman tanaman tomat dengan menggunakan sensor RTC



yang berbasis Arduino Uno. Komponen yang terlibat dalam studi ini termasuk board Arduino Uno, sensor RTC, sensor suhu dan kelembaban, layar LCD, relay, ESP 8266, adaptor, DC, pompa air, aplikasi Blynk, dan smartphone Android.

Penelitian yang dilakukan oleh (Budi & Pratama, 2021) menggunakan sistem otomatisasi penyiraman tanaman tomat dan cabai dengan Internet of Things (IoT). Metode eksperimental dikembangkan dengan memanfaatkan ESP32 sebagai modul kontrol utama sistem, sensor kelembaban YL-69 untuk mengukur kelembaban tanah, sensor ultrasonik HCSR-04 untuk mengatur volume air, dan memanfaatkan aplikasi Blynk pada perangkat smartphone.

Penelitian yang dijalankan oleh (Tambunan et al., 2021) mengaplikasikan desain sistem pemantauan tanaman tomat di dalam rumah kaca menggunakan komunikasi LoRa. Dalam penelitian ini, sebuah prototipe alat rumah kaca dikembangkan dengan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama yang memungkinkan pemantauan melalui komunikasi LoRa. Kondisi rumah kaca dikirimkan ke jaringan internet melalui sinyal hotspot WiFi dan dipantau menggunakan aplikasi Blynk.

Penelitian yang dijalankan oleh peneliti menerapkan sistem otomasi untuk pertumbuhan tanaman tomat dengan memanfaatkan metode *Neural Network perceptron*. Dalam penelitian ini input data diperoleh dari RTC, sensor kelembaban tanah, kelembaban udara, dan suhu, kemudian diproses menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, NodeMCU, serta server untuk melakukan pengolahan *Neural Network* yang kemudian memberikan notifikasi melalui WhatsApp melalui server.

Adapun perbedaan dalam penelitian sebelumnya dan rencana penelitian pada

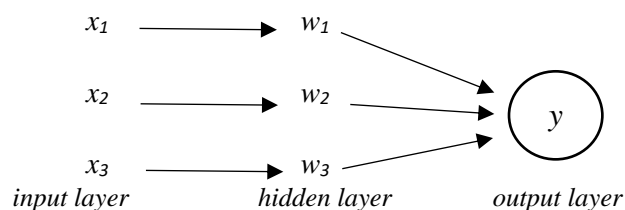
Tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Sebelumnya dan Rencana Penelitian.

Perbedaan		Penelitian Sebelumnya (Zulhijanto & Fadlil, 2022)	Penelitian Sebelumnya (Imam et al., 2022)	Rencana Penelitian
Objek		Tanaman tomat	Tanaman tomat	Tanaman Tomat ( <i>Lyopersicum esculentum</i> )
Prangkat	Masukan	Tidak menggunakan RTC	Tidak menggunakan RTC	Menggunakan RTC, sensor kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara
	Proses	Mikrokontroler NodeMCU ESP 8266	Mikrokontroler Wemos D1 R1	Mikrokontroler Arduino Mega 2560, NodeMCU, server untuk pemrosesan NN
	Keluaran	Aplikasi <i>Blynk</i> untuk mengirimkan keluaran	Aplikasi <i>Fritzing</i> untuk mengirimkan keluaran	Menggunakan <i>NodeMCU</i> untuk mengirimkan semua data ke WhatsApp
Metode		Fuzzy logic	Fuzzy logic	<i>Neural network perceptron</i>
Output		1. Nilai kelembaban tanah 2. Nilai suhu	1. Nilai suhu 2. Nilai kelembaban tanah dan cahaya	Notifikasi WhatsApp : 1. Kondisi pompa nyala atau mati 2. Nilai kelembaban tanah, kelembaban udara, suhu 3. Keputusan menyatakan / mematikan pompa air

## 2.2. Neural Network

*Neural network* merupakan struktur yang terdiri dari serangkaian unit pemrosesan yang mengadopsi model jaringan syaraf manusia (Salim & Pambudi, 2015). Dalam *Neural network*, terdapat sejumlah neuron yang terhubung dan bertugas untuk mengubah informasi melalui koneksi keluaran yang disebut sebagai bobot. Data ini disimpan dalam nilai khusus pada setiap bobot. Informasi yang diterima diolah melalui sebuah proses perhitungan yang menjumlahkan nilai bobot dari semua sinyal masuk. Hasil perhitungan ini dibandingkan dengan suatu nilai ambang tertentu (*threshold*) menggunakan fungsi aktivasi di setiap neuron. Ketika neuron teraktivasi, outputnya dikirimkan melalui bobot keluarannya ke neuron lain yang terhubung. Proses penyebaran informasi dimulai dari lapisan input, melewati lapisan tersembunyi yang dikenal sebagai *hidden layer*, hingga mencapai lapisan output (Mahendra et al., 2019). Informasi dirambatkan dalam jaringan ini bergantung pada algoritma yang digunakan untuk pembelajarannya yang dijelaskan melalui gambar 2.8 berikut ini :



Gambar 2.1. Arsitektur *Neural network*

Menurut (Anggraini et al., 2022), keterangan dari gambar 2.1 sebagai berikut :

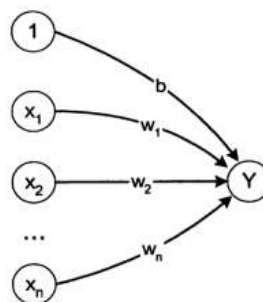
- a. Input layer : Berfungsi untuk menerima masukan data dari luarnya yang akan diproses pada proses selanjutnya.

- b. Hidden layer : Pada lapisan ini keluaran yang dihasilkan tidak dapat diamati secara langsung.
- c. Output layer : Lapisan ini adalah ANN penyelesaian suatu permasalahan.

Dengan  $x_1, x_2, \dots, x_p$  merupakan variabel masukan (*input*),  $w_1, w_2, \dots, w_p$  adalah bobot dan  $y$  adalah hasil keluaran (*output*).

### 2.2.1. Algoritma Neural Network Perceptron

Menurut (Yudhistiro, 2017), model perceptron merupakan salah satu model yang paling diterapkan dan efektif pada periode waktu tersebut. Struktur jaringan perceptron memiliki kemiripan dengan struktur jaringan Hebb seperti yang tergambar pada ilustrasi berikut.



Gambar 2.2 Diagram jaringan perceptron

Jaringan ini terdiri dari beberapa unit input dan satu output. Namun, fungsi aktivasinya bukan biner (atau bipolar). Memiliki nilai kemungkinan -1, 0, atau 1.

Terdapat suatu threshold ( $\theta$ ) yang ditetapkan untuk:

$$f(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{jika } \text{net} > \theta \\ 0 & \text{jika } -\theta \leq \text{net} \leq \theta \\ -1 & \text{jika } \text{net} < -\theta \end{cases} \quad (2.1)$$

Secara geometris, fungsi aktivasi membentuk 2 garis sekaligus masing masing dengan persamaan ;

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + b = \theta \text{ dan}$$

$$w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + b = -\theta \quad (2.2)$$

### 2.2.2. Training pada Algoritma *Perceptron*

Menurut (Khairina, 2019) Artificial neural network memiliki beberapa komponen, seperti :

$x$  = inputan / neuron

$w$  = nilai bobot

$\alpha$  = *learning rate*

$t$  = target output

$net$  = fungsi yang akan memproses input untuk menghasilkan output

$f(net)$  = fungsi aktivasi untuk menentukan nilai output sebuah jaringan, dimana fungsi ini juga tergantung pada nilai threshold yang diberikan.

$\theta$  = *threshold* yang ditentukan

Oleh karena itu, algoritma pelatihan perceptron adalah :

1. Awali dengan menginisialisasi seluruh bobot dan bias ( $b$ ). Secara umum, nilai *learning rate* = 1
2. Lakukan proses tersebut selama terdapat elemen vektor masukan yang menimbulkan respon unit keluaran yang tidak sesuai dengan target :

- a. Tentukan aktivasi dari unit masukan (input) :

$$x_i = s_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (2.3)$$

- b. Lakukan perhitungan terhadap unit keluaran (output) :

$$net = \sum x_i w_i + b \quad (2.4)$$

- c. Ubah bobot pada pola yang memiliki kesalahan ( $y < > t$ ) menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 w_i (\text{baru}) &= w_i (\text{lama}) + \Delta w \quad (i= 1, \dots, n) \text{ dengan } \Delta w = \alpha t x_i \\
 b (\text{baru}) &= b (\text{lama}) + \Delta b \text{ dengan } \Delta b = \alpha t
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

### 2.2.3. Proses Pelatihan

1. Iterasi terus berlangsung sampai setiap pola memiliki keluaran jaringan yang sesuai dengan targetnya, yang menunjukkan pemahaman jaringan terhadap pola-pola tersebut. Proses ini tidak berhenti setelah semua pola telah diproses.
2. Perubahan bobot terjadi hanya pada pola yang memiliki kesalahan. Perubahan ini dihitung dengan mengalikan unit masukan dengan target, dikalikan dengan nilai *learning rate*. Perubahan bobot hanya terjadi jika terdapat perbedaan pada unit masukan yang tidak sama dengan 0.
3. Tingkat kecepatan iterasi bergantung pada nilai *learning rate* ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) yang dipakai. Semakin besar harga *learning rate*, maka jumlah iterasi yang dibutuhkan akan berkurang. Akan tetapi, jika nilai *learning rate* terlalu besar hal tersebut bisa mengganggu pola yang sudah benar dan memperlambat proses pemahaman.

### 2.3. Tanaman Tomat

Tanaman tomat termasuk tanaman *Solanaceae* yang berasal dari Amerika Tengah dan Selatan, Meksiko sampai Peru (Shabira et al., 2020). Tomat dapat dikatakan sudah dikenal oleh masyarakat sejak ribuan tahun yang lalu. Masyarakat menggunakan tomat sebagai sayuran dan pengobatan khususnya untuk pencegahan penyakit diare. Menurut Mardaus et al., (2019), adapun klasifikasi tanaman tomat sebagai berikut :

Menurut (Shabira et al., 2020), tomat termasuk tanaman *Solanaceae* dari Amerika Tengah dan Selatan, terutama dari Meksiko hingga Peru. Tanaman tomat telah dikenal oleh masyarakat selama ribuan tahun, digunakan sebagai sayuran dan dalam pengobatan terutama untuk mencegah penyakit diare. Berdasarkan penelitian (Mardaus et al., 2019), klasifikasi tanaman tomat adalah sebagai berikut

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Ordo : Solanales  
Famili : Solanaceae  
Genus : *Lycopersicum*  
Species : *Lyopersicum esculentum Mill.*

Tanaman tomat termasuk dalam kategori tanaman semusim, yang berarti bisa tumbuh hanya untuk satu periode produksi kemudian mati. Tomat dapat tumbuh baik di berbagai ketinggian, baik di daerah dataran rendah maupun di daerah tinggi. Selain itu, kondisi tanah ideal bagi pertumbuhan tanaman tomat adalah dengan kelembaban sekitar 60%-80% (Afifah, Pangaribuan, et al., 2020).

## **2.4. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Tanaman Tomat**

### **2.4.1. Iklim**

Hujan merupakan factor penting dalam pertumbuhan tanaman, termasuk tanaman tomat. Rentang jumlah hujan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat biasanya berkisar antara 750 hingga 1.250 mm per tahun. Hal ini sangat terkait dengan ketersediaan air bagi tanaman, terutama di daerah yang tidak

memiliki sistem irigasi yang memadai. Curah hujan yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan karena kelebihan air dapat menyebabkan pembusukan pada akar tanaman di dalam tanah. Sebaliknya, kekurangan hujan dapat mengakibatkan kekeringan tanah yang mengakibatkan layu atau bahkan kematian tanaman. Namun, jumlah hujan tidak selalu konsisten setiap tahunnya, yang membuat sulit untuk memprediksi ketersediaan air secara pasti (Maulana & Idrus, 2010).

#### **2.4.2. Kelembaban Tanah**

Kelembaban tanah adalah faktor yang sangat penting dalam menghubungkan dengan produktivitas tanaman, terkait erat dengan ketersediaan air di lingkungan. Kurangnya ketersediaan air akan mengakibatkan kekurangan kelembaban tanah. Setiap jenis tanaman memiliki kebutuhan kelembaban tanah yang berbeda-beda. Misalnya, tanaman tomat membutuhkan kelembaban tanah sekitar 60-80% (Afifah, Pangaribuan, et al., 2020). Tingkat kelembaban yang tepat mempercepat pertumbuhan tanaman tomat yang masih muda dengan meningkatkan proses asimilasi CO<sub>2</sub> melalui pembukaan stomata yang lebih optimal. Namun, tingkat kelembaban yang tinggi juga dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme yang berpotensi mengganggu tanaman.

#### **2.4.3. Kebutuhan Air**

Dalam pertumbuhan tanaman, asupan air yang tepat sesuai dengan kebutuhan sangat penting. Oleh karena itu, pengairan atau penyiraman yang memadai menjadi suatu keharusan. Namun, setiap tanaman memiliki kebutuhan air yang berbeda,



sehingga penyiraman juga harus disesuaikan dengan batasannya untuk setiap jenis tanaman. Tanaman tomat khususnya, tidak membutuhkan banyak air, namun tetap harus terpenuhi agar tidak kekurangan. Penyiraman yang sesuai pada tanaman tomat dapat memicu pertumbuhan vegetatif seperti daun dan batang, tetapi kadang-kadang dapat menghambat fase generatifnya. Selain itu, terlalu banyak air juga dapat menyebabkan pertumbuhan berlebihan pada tanaman tomat, mengakibatkan kurangnya penyerapan nutrisi dan meningkatkan risiko penyakit. Sebaliknya, kekurangan air dapat menyebabkan kerontokan bunga dan pecah-pecah pada buah tomat yang dihasilkan (Afifah, Priramadhi, et al., 2020). Untuk tanaman tomat, disarankan untuk melakukan penyiraman dua kali sehari, yakni pada pagi dan sore hari (Dinas Pertanian Yogyakarta, 2022) dengan kebutuhan air sekitar 300-400 ml/hari (Maulana & Idrus, 2010) dan waktu penyiraman rata-rata sekitar 40 detik (Marinus et al., 2020).

## **2.5. *Internet of Things (IoT)***

IoT singkatan dari *Internet of Things* mengacu pada konsep yang bertujuan untuk memperluas kegunaan dari konektivitas internet yang terus-menerus. Konsep ini memungkinkan perangkat, mesin, serta objek fisik lainnya untuk terhubung dengan sensor jaringan dan perangkat untuk mengumpulkan data serta mengatur fungsi-fungsi. Dengan demikian, perangkat untuk bekerja bersama dan bahkan bertindak berdasarkan informasi yang diperoleh (Hergika et al., 2021).

Konsep Internet of Things (IoT) memiliki tiga elemen inti dalam strukturnya antara lain perangkat fisik yang dilengkapi dengan modul IoT, perangkat koneksi

internet seperti modem dan router, serta pusat data cloud untuk menyimpan aplikasi dan basis data (Setiawan et al., 2018).



Gambar 2.3. Konsep IoT

Internet of Things (IoT) beroperasi menggunakan logika pemrograman yang menghasilkan interaksi otomatis antara perangkat terhubung bahkan dalam jarak yang jauh. Internet bertindak sebagai jembatan antara interaksi perangkat ini, sementara peran manusia adalah sebagai pengontrol (Efendi, 2018).

## 2.6. Prinsip Kerja Alat Penyiranan Tanaman Tomat

Data yang diterima dari input akan diproses oleh Arduino Mega 2560 melalui sensor. Data mentah/input tersebut kemudian akan ditransmisikan ke server menggunakan perangkat NodeMCU melalui jaringan internet. Setelah data tersebut berada di server, akan melalui proses pengolahan menggunakan algoritma Neural Network. Setelah pengolahan data oleh Neural Network selesai, akan menghasilkan output. Output ini akan dikirim ke dua lokasi, satu di antaranya akan menjadi notifikasi melalui WhatsApp, sementara yang lain akan dikirim kembali ke Arduino untuk mengatur pengoperasian pompa air.

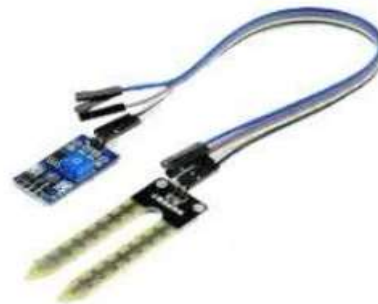
## 2.7. Komponen Rangkaian Penyiraman Tanaman Tomat

### 2.7.1. Soil moisture sensor

*Soil moisture sensor* FC-28 merupakan perangkat yang dirancang untuk mengukur tingkat kelembaban tanah. Alat ini terdiri dari dua probe yang mengalirkan arus melalui tanah, kemudian menganalisis resistansinya untuk menentukan nilai kelembaban tanah (Irsyam, 2019). Sensor ini bermanfaat dalam memberikan informasi mengenai kelembaban tanah yang berguna bagi tanaman (Husdi, 2018).

Tabel 2. 2 Spesifikasi Soil moisture sensor FC-28

Parameter	Keterangan
Tegangan input dan output	3.3V- 5V, 0 – 4.2V
Arus	35 mA
Value range ADC	1024 bit mulai dari 0-1023 bit



Gambar 2. 4. Soil moisture sensor FC-28

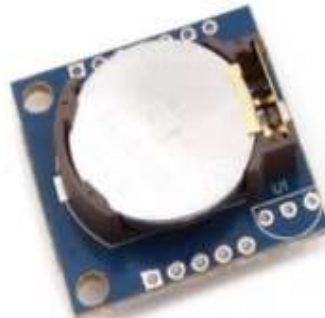
### 2.7.2. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11)

Sensor suhu dan kelembaban udara (DHT11) berperan sebagai perangkat untuk menentukan suhu dan kelembaban udara suatu lingkungan. Alat ini mengubah panas menjadi sinyal listrik yang bisa dianalisis, menggunakan komponen elektronik untuk mengubah perubahan suhu menjadi perubahan sinyal listrik. Rentang pengukuran suhu yang bisa dideteksi oleh DHT11 berkisar antara 0 hingga

50 derajat Celsius dengan tingkat kesalahan sekitar  $\pm 2$  derajat Celsius (Muhamad Arwin Wijaya et al., 2020).

### 2.7.3. Real Time Clock (RTC)

*Real Time Clock* (RTC) adalah komponen yang diterapkan dalam perangkat elektronik yang memerlukan keakuratan waktu. Ada beberapa jenis RTC yang tersedia di pasar, salah satunya adalah DSI307 (Irsyam, 2019). RTC berfungsi sebagai jam elektronik yang mampu menghitung waktu secara tepat dan dapat menyimpan data waktu secara real time. Karena sifat real time dari jam ini, hasil perhitungan waktu langsung dikirim ke perangkat lain melalui antarmuka yang disediakan (Kafiar et al., 2018).



Gambar 2. 5. RTC Module DSI307

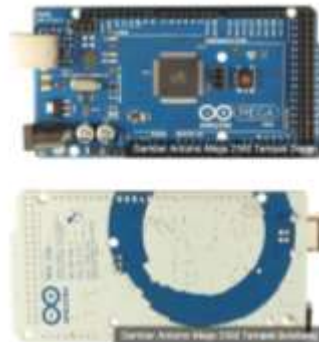
### 2.7.4. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah platform pengembangan mikrokontroler yang menggunakan dasar dari Arduino, dan didasarkan pada chip ATmega 2560. Kehadirannya sebagai sumber terbuka (*open source*) memberikan sejumlah keunggulan karena tidak hanya terbatas pada satu merek tertentu. Dengan sifatnya yang *open source*, pengguna dapat menggunakan beragam komponen yang tersedia di pasaran, tidak hanya terpaku pada satu merek. Bahasa pemrograman yang

digunakan oleh Arduino adalah varian dari bahasa C yang telah disederhanakan sintaksisnya, memudahkan pengguna dalam pemrograman (Irsyam, 2019).

Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Parameter	Keterangan
Chip Mikrokontroler	Atmega 2560
Jenis IC	Besar
Pin Digital, PWM, Analog	54, 15, 6
Tegangan Operasional	5 Volt
Tegangan Rekomendasi	7-12 Volt
Batas Tegangan	6-20 Volt



Gambar 2. 6. Arduino Mega 2560

### 2.7.5. Pompa Air

*Waterpump* atau pompa air adalah perangkat mekanis yang mampu mengalirkan atau menggerakkan fluida atau gas melalui proses penghisapan atau penekanan. Waterpump terdiri dari dua bagian utama, yaitu motor sebagai sumber daya penggerak dan perangkat pompa yang bertugas mengalirkan atau memindahkan air (Irsyam, 2019).



Gambar 2.7. Mini pump DC 3-12V

Tabel 2. 4 Spesifikasi Pompa Air

Parameter	Keterangan
Tegangan	DC 3-12V (Merah +)
Diameter motor	27 MM
Total panjang	60 MM
Laju air	Sekitar 1,2 liter/menit (tegangan 5V)

### 2.7.6. NodeMCU

NodeMCU merupakan platform *Internet of Things* (IoT) yang bersifat *open source*. Ini terdiri dari perangkat keras menggunakan System On Chip (SoC) ESP8266-12 yang diproduksi oleh Espressif System dan firmware yang menggunakan Bahasa pemrograman e-Lua (Satriadi et al., 2019). NodeMCU dilengkapi dengan port micro USB yang berfungsi untuk pemrograman serta pasokan daya (Irsyam, 2019).

Tabel 2. 5 Spesifikasi Modul NodeMCU ESP8266

Parameter	Keterangan
Mikrokontroler/Chip	ESP8266-12E
Tegangan Input	3.3 – 5 V
GPIO	13 pin
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 Pin
Flash Memory	4 MB



Gambar 2.8. Skematik posisi Pin NodeMCU

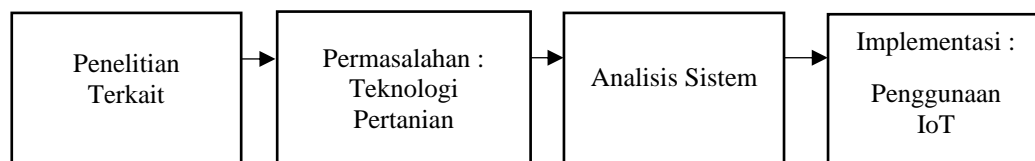
### 2.7.7. WhatsApp

WhatsApp adalah aplikasi yang tersedia untuk perangkat *smartphone* dan web, berperan sebagai platform komunikasi yang digunakan oleh penggunanya. Selain berfungsi sebagai alat komunikasi, WhatsApp juga menjadi wadah untuk

pendidikan, keperluan bisnis, dan hiburan (Fadhilah et al., 2021). Aplikasi ini merupakan layanan pengiriman pesan instan berbasis awan yang dapat digunakan secara gratis (Irsyam, 2019).

## 2.8. Kerangka Teori

Dalam penelitian sebelumnya yang tercatat dalam penelitian terkait, peneliti telah menyusun sebuah rangkaian teori untuk menguraikan permasalahan yang ada. Dari penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk meningkatkan sektor pertanian melalui penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT), telah disajikan suatu konsep yang menggambarkan kerangka teoritis :



Gambar 2.9. Kerangka Teori

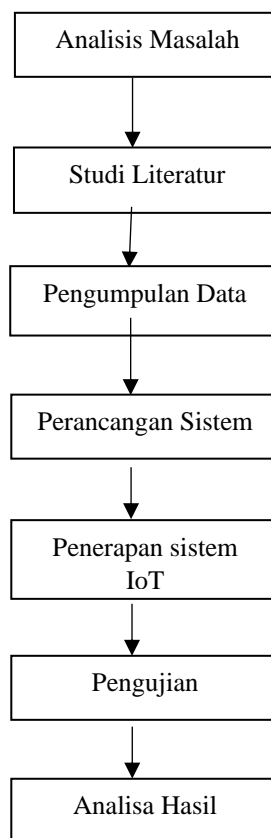
## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan sebuah sistem otomatis penyiraman berbasis metode Neural Network. Pada bab ini terdapat rancangan konseptual desain yang akan dijelaskan beberapa sub-bab yang meliputi :

#### **3.1. Desain Penelitian**

Pada suatu penelitian dibutuhkan suatu desain yang terstruktur untuk memastikan kelancaran penelitian. Adapun jenis penelitiannya adalah penelitian kuantitatif yang berarti analisis data yang digunakan dapat diukur. Berikut ini blok diagram desain penelitiannya:



Gambar 3. 1 Blok diagram desain penelitian



### 3.1.1. Pengumpulan Data

#### 3.1.1.1. Data Primer

Data primer ini didapatkan secara langsung oleh peneliti dari selama proses penelitian. Data ini meliputi suhu, kelembaban tanah dan kelembaban udara dari tanaman tomat.

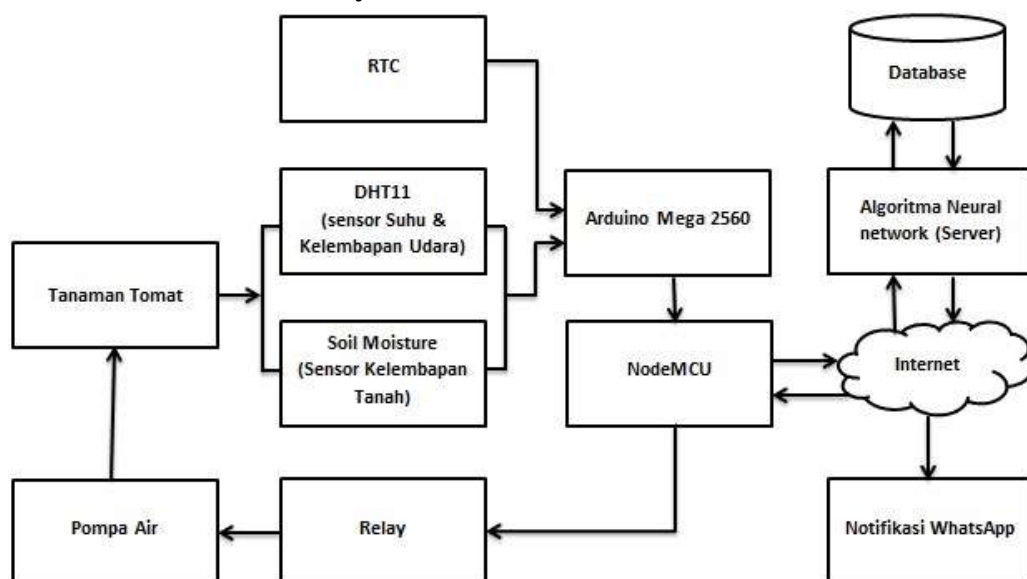
#### 3.1.1.2. Data Sekunder

Data sekunder ini bersifat sebagai data pendukung dan cara memperoleh tidak langsung atau dapat diperoleh dari jurnal dan penelitian terkait. Data yang diperoleh notifikasi WhatsApp, dan pompa air.

### 3.2. Desain Alur Sistem

Berikut adalah desain alur sistem untuk penyiraman tanaman yang menggunakan Neural Network untuk mentransmisikan data ke platform internet (WhatsApp). Berikut adalah rancangan dari sistem ini :

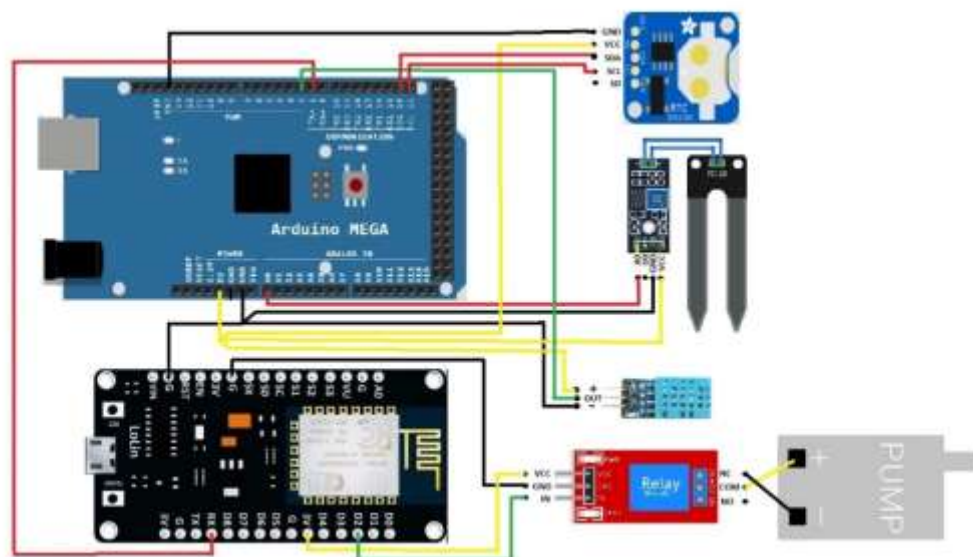
#### 3.2.1. Desain Sistem Penyiraman Tanaman



Gambar 3. 2 Desain Sistem Penyiraman Dengan Metode NN

Data yang diambil dari tanaman tomat melalui sensor suhu dan kelembaban tanah, akan diterima oleh Arduino bersama dengan informasi dari RTC. Selanjutnya, Arduino akan mengirimkan data tersebut ke server menggunakan NodeMCU melalui jaringan internet. Setelah data berada di server, akan diolah menggunakan algoritma Neural Network untuk perhitungan yang dilakukan di server Neural Network. Setelah proses perhitungan di Neural Network selesai, akan dihasilkan suatu nilai. Nilai ini akan digunakan sebagai notifikasi WhatsApp, kemudian akan dikirimkan kembali ke Arduino melalui jaringan internet menggunakan NodeMCU. Setelah diterima oleh Arduino, akan dilakukan tindakan pengoperasian pompa air listrik yang kemudian digunakan untuk menyiram tanaman tomat.

### 3.2.2. Kerangka Alat



Gambar 3. 3 Kerangka Alat

Keterangan :

#### Arduino

A0 = A0 (Kelembaban tanah)

GND = GND (NodeMCU), GND (RTC), - Sensor DHT11 (Suhu), *Soil moisture*  
 (Kelembaban Tanah)  
 5V = *Soil moisture sensor* (Kelembaban tanah), VCC (RTC), + Sensor  
 DHT11 (Suhu)  
 TX0 = RX (NodeMCU)  
 2 = Out (Suhu)  
 Scl = Scl (RTC)  
 Sda = Sda (RTC)

#### **NodeMCU**

D2 = In (Relay)  
 GND = GND (Relay)  
 3V = VCC (Relay)

### **3.3. Kebutuhan Sistem**

Dalam kebutuhan sistem ini tidak terlepas dari *hardware* dan *software*. Adapun sistem perangkat keras yang digunakan adalah sebagai berikut :

#### **3.3.1. Sensor Soil Moisture**

*Sensor soil moisture* dilakukan untuk mengetahui parameter atau nilai kelembaban tanah yang terukur oleh sensor. Proses pengujian dilakukan dengan cara memasukkan sensor ke dalam tanah yang ingin diukur kelembabannya. Sensor ini terdiri dari dua probe yang digunakan untuk mengukur kadar air dalam tanah. Prosesnya memungkinkan arus listrik mengalir melalui tanah dan mengukur kelembaban tanah berdasarkan resistivitasnya. Ketika tanah memiliki kandungan air yang tinggi, kemampuannya dalam menghantarkan listrik meningkat, yang menyebabkan resistivitas menurun dan tingkat kelembaban menjadi lebih tinggi. Sebaliknya, pada tanah yang kering, konduktivitasnya menurun yang mengakibatkan penurunan dalam kemampuan penghantaran listrik saat air dalam tanah lebih sedikit, sehingga tingkat kelembaban menjadi lebih rendah.

### **3.3.2. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11)**

Sensor DHT11 berperan dalam mengukur suhu serta kelembaban udara di sekitarnya. Kompatibel dengan Arduino, sensor ini simpel digunakan. Kestabilannya tinggi dan akurasinya terjamin berkat fitur kalibrasi yang presisi. Koefisien kalibrasinya tersimpan dalam program memori OTP, yang memungkinkan modul ini mengikutsertakan koefisien tersebut dalam perhitungannya saat sensor internal mendeteksi suatu hal.

### **3.3.3. RTC atau *Real Time Clock***

RTC dipakai untuk menentukan akurasi waktu yang dihasilkan oleh modul RTC. Ketepatan bacaan waktu ini mempengaruhi kinerja sistem, terutama dalam proses penyiraman. Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa deviasi nilai waktu yang dihasilkan oleh modul RTC dengan waktu yang sebenarnya. RTC digunakan dengan cara membandingkan waktu yang terbaca dari modul dengan waktu aktual.

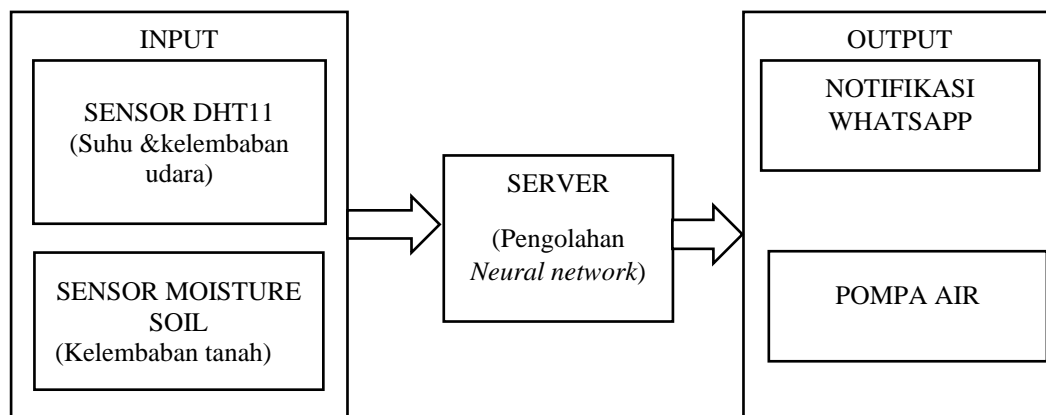
### **3.3.4. NodeMCU**

NodeMCU merupakan perangkat keras yang memungkinkan penghubungan antara Arduino dan WhatsApp. Dikenal juga sebagai ESP8266, NodeMCU diproduksi oleh Espressif Systems. Chip ESP8266 ini menggabungkan komponen inti komputer seperti CPU, RAM, jaringan (WiFi), dan bahkan sistem operasi beserta SDK modern. Pengujian komunikasi dilakukan untuk menilai tingkat keberhasilan komunikasi antara Arduino Mega 2560 (sebagai kontrol utama) dengan NodeMCU yang berperan sebagai pengirim notifikasi kepada pengguna. Uji coba dilakukan dengan mengatur Arduino Mega 2560 sebagai perangkat yang dikendalikan dan NodeMCU sebagai pengatur. Proses komunikasi dimulai dengan

NodeMCU meminta data dari Arduino Mega 2560, kemudian Arduino Mega mengirimkan data yang diminta. Setelah itu, NodeMCU akan mengirimkan notifikasi melalui WhatsApp kepada pengguna..

### 3.4. Penerapan Metode

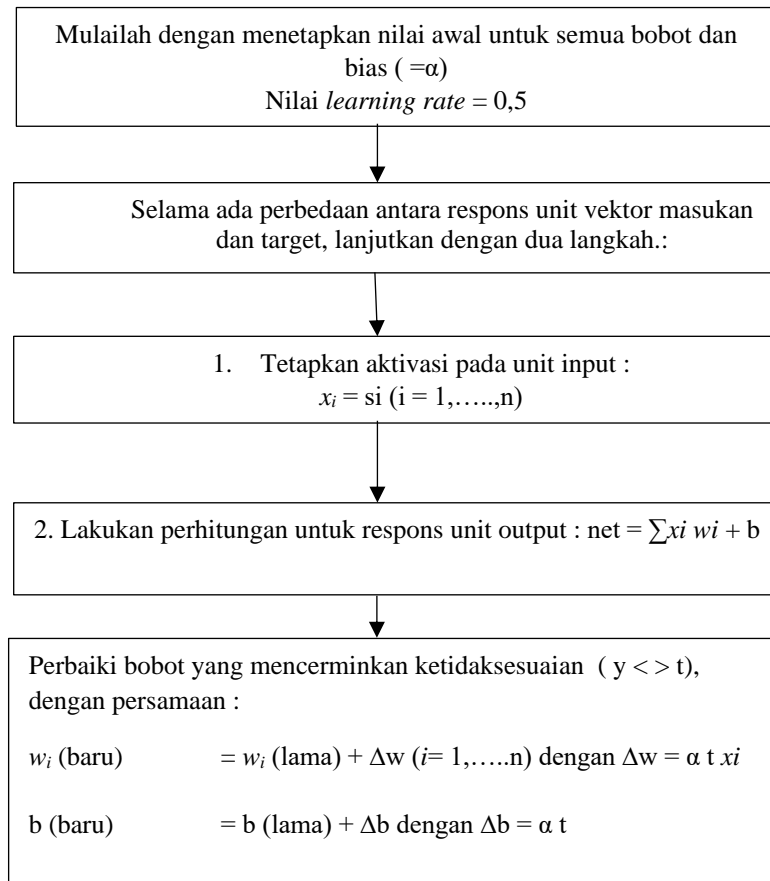
Sistem otomatisasi ini menerapkan metode Neural Network dan dilengkapi dengan dua sensor: sensor DHT11 yang memonitor suhu dan *soil moisture sensor* tanah untuk mengukur tingkat kelembaban tanah. Data dari kedua sensor ini diproses oleh Arduino yang akan melakukan klasifikasi data menggunakan Neural Network. Hasil dari klasifikasi data tersebut kemudian digunakan sebagai referensi untuk mengaktifkan aktuator.



Gambar 3. 4 Penerapan Metode

### 3.5. Pelatihan dan Pengujian *Neural network Perceptron*

Menurut (Yudhistiro, 2017) penjabaran mengenai algoritma perceptron adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 5 Algoritma perceptron

### 3.6. Perancangan Sistem

Proses perancangan sistem ini dimulai dengan inisialisasi pin sensor yang digunakan dalam program. Setelah sensor-sensor aktif, selanjutnya melakukan pembacaan data sesuai fungsi masing-masing. Sensor DHT11 membaca suhu, sementara sensor kelembaban tanah YL69 membaca kelembaban di media tanam. Proses pembacaan sensor berjalan terus hingga menerima input "g" pada serial monitor. Input ini menyimpan hasil pengukuran sensor dalam bentuk array yang akan digunakan untuk klasifikasi menggunakan metode perceptron dari *Neural*

*Network*. Data array hasil pengukuran sensor ini menjadi masukan untuk proses klasifikasi melalui *Neural Network perceptron*.

### **3.7. Rencana Pengujian Sistem**

Sistem ini akan diuji untuk memeriksa akurasi pembacaan sensor dan kecepatan program dalam melakukan simulasi pelatihan data serta klasifikasi data.

#### **3.7.1. JST (Jaringan Syaraf Tiruan)**

Jaringan saraf tiruan adalah sistem informasi yang dibuat untuk meniru cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan masalah melalui pembelajaran pola, di mana bobot sinapsis disesuaikan. Data yang digunakan mencakup beberapa kategori seperti suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah (Ulfa, 2021).

Berikut adalah pengkategorian data berdasarkan parameter tersebut :

Untuk pengambilan data sensor suhu untuk menentukan 4 kategori dari kondisi yaitu (Pranata et al., 2015) :

- a. Dingin : 15°C -23°C
- b. Agak Dingin : 19°C – 27°C
- c. Normal : 23°C – 31°C
- d. Panas : 31°C - 45°C

Untuk pengambilan data sensor kelembaban udara untuk menentukan 3 kategori dari kondisi yaitu (Pamungkas et al., 2019) :

- a. Kering : 0% -65%
- b. Lembab : 60% - 70%
- c. Basah : 65% - 100%

Pengambilan data sensor kelembaban tanah untuk menentukan kategori dari 3 kondisi yaitu (Pranata et al., 2015) :

- a. Tanah kering : 0 - 300
- b. Tanah lembab : 300 - 500
- c. Tanah basah : 500 - 900

### 3.7.2. Rancangan pengujian pada fitur Aplikasi WhatsApp

Tahap awal melibatkan pengujian untuk memastikan bahwa notifikasi WhatsApp telah terkirim. Setelah itu, dilanjutkan dengan menghitung tingkat akurasi per fitur pada sistem yang telah dibuat. Metode perhitungan akurasi mengacu pada *confussion matrix*. Adapun perhitungan akurasi menggunakan *confussion matrix* menurut (Hizham et al., 2018) sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Confusion matrix

		Predicted	
		False	True
Actual	False	TN ( <i>True Negative</i> )	FP ( <i>False Positive</i> )
	True	FN ( <i>False Negative</i> )	TP ( <i>True Positive</i> )

Keterangan :

- *True Positive* (TP) : Data yang diprediksi positif dan sesuai dengan nilai aktual yang positif
- *False Positive* (FP) : Data prediksi yang tidak sesuai dengan nilai aktual
- *False Negative* (FN) : Data prediksi negatif sedangkan aktualnya positif
- *True Positive* (TP) : Data pediksi negatif yang sesuai dengan nilai aktual yang negatif.

Dalam *confussion matrix*, terdapat perhitungan yang dapat menghasilkan nilai akurasi, yang dapat ditemukan dalam rumus 3.1. Akurasi merupakan tingkat kesesuaian antara nilai aktual dan nilai prediksi yang digunakan untuk



mengevaluasi kinerja algoritma. Sesuai dengan (Cynthia & Ismanto, 2017) rumus akurasi adalah seperti berikut ini

$$\text{Confusion matrix} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (3.1)$$

### 3.8. Pengujian Kalibrasi

Kalibrasi adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan akurasi dan nilai dari suatu perangkat dengan membandingkannya dengan suatu instrumen tertentu, yang menghasilkan nilai yang menunjukkan Standar Nasional atau Internasional (Firdaus et al., 2020). Proses kalibrasi bertujuan untuk menentukan deviasi atau penyimpangan dari sebuah perangkat pengukur dan memastikan bahwa hasil pengukuran sesuai dengan standar internasional. Selain itu, kalibrasi memiliki manfaat dalam menjaga kondisi perangkat pengukur, mendukung sistem mutu, dan memahami tingkat penyimpangan dari perangkat pengukur (Idi & Purwanggono, 2019). Setelah proses kalibrasi dijalankan, langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah rata-rata error pada penelitian, dengan menggunakan rumus rata-rata error seperti pada 3.2 (Nadzif et al., 2019) :

$$\text{Rata – rata error} : \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Uji coba}} \times 100\% \quad (3.2)$$

### 3.9. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini berkaitan dengan studi tentang tanaman tomat. Untuk memastikan hasil yang optimal dan mencegah kemungkinan tidak diinginkan, diperlukan prosedur tertentu yang mencakup

### **3.9.1. Perawatan tanaman**

Tanaman diperhatikan secara berkala, sekitar setiap 2-3 hari sekali, untuk memantau kondisinya dan memastikan perlindungan dari hama serta organisme yang merugikan.

### **3.9.2. Pengamatan dan pengambilan data**

Selama 7 hari, pengamatan teratur dilakukan untuk memastikan kelancaran operasi sistem. Proses pengambilan data menjadi penting karena data yang diperoleh akan diolah dengan penggunaan *Neural Network*.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian

Dalam penelitian ini berfokus pada pengujian sistem yang menggunakan *Neural Network* dan hasilnya pada data uji. Tujuan pengujian ini adalah untuk menilai akurasi sistem yang telah dikembangkan menggunakan *Neural Network*. Proses pengujian dilakukan selama 7 hari dengan pengamatan data pada interval waktu 07.00, 11.00, 15.00, dan 17.00, mengumpulkan total 28 data uji yang melibatkan 5 tanaman tomat. Adapun hasil pengujian nya akan dibahas lebih lanjut pada sub bab berikutnya.

##### 4.1.1. Pengujian Sistem Menggunakan *Neural network*

###### 4.1.1.1. Pengujian Kalibrasi

Pengujian kalibrasi ini bertujuan untuk memeriksa dan mengatur ketepatan alat ukur dengan membandingkannya dengan standar atau tolak ukur untuk memastikan akurasi. Kalibrasi dilakukan pada 3 jenis sensor, yaitu sensor suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah pada 5 sampel masing-masing. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *error* sebesar 1,8% pada sensor suhu, 1,2% pada kelembaban udara, dan 6,2% pada kelembaban tanah. Hasil dari pengujian kalibrasi mendapatkan hasil pada Tabel 4.1 untuk uji kalibrasi suhu, Tabel 4.2 untuk uji kalibrasi kelembaban udara, dan Tabel 4.3 untuk uji kalibrasi kelembaban tanah.

Tabel 4. 1 Uji kalibrasi suhu

Sampel Suhu	Sensor DHT11	Thermometer	Error (%)
A	28	30	2
B	27	26	1
C	28	29	1

D	36	33	3
E	25	27	2
Total Nilai <i>Error</i>			9
Rata – Rata Nilai <i>Error</i>			1,8%

Tabel 4. 2 Uji kalibrasi kelembaban udara

Sampel Kelembaban Udara	<i>Sensor DHT11</i>	<i>Hygrometer</i>	<i>Error (%)</i>
A	98	97	1
B	98	99	1
C	98	98	0
D	67	70	3
E	98	99	1
Total Nilai <i>Error</i>			6
Rata – Rata Nilai <i>Error</i>			1,2%

Tabel 4. 3 Uji kalibrasi kelembaban tanah

Sampel Kelembaban Tanah	<i>Soil Moisture Sensor FC-28</i>	<i>Soil Moisture Sensor</i>	<i>Error (%)</i>
A	366	370	4
B	350	355	5
C	204	210	6
D	228	235	7
E	501	510	9
Total Nilai <i>Error</i>			31
Rata – Rata Nilai <i>Error</i>			6,2%

#### 4.1.1.2. Pengujian Tingkat Akurasi

Hasil pengujian untuk pengaturan penyiraman menggunakan *Neural network* terdapat dalam tabel 4.4 yang mencakup tiga input, yaitu suhu, kelembaban tanah, dan kelembaban udara, serta status penyiraman yang dijelaskan secara rinci pada tabel-tabel berikut. Tabel 4.5 untuk status penyiraman suhu, tabel 4.6 untuk status penyiraman kelembaban udara, dan tabel 4.7 untuk status penyiraman kelembaban tanah (Zakaria et al., 2022).

Tabel 4. 4 Data status penyiraman pada suhu

Status penyiraman	Nilai Suhu
Tidak menyiram	15°C - 23°C
Tidak menyiram	19°C - 27°C
Menyiram	23°C - 31°C
Menyiram	31°C - 45°C

Tabel 4. 5 Data status penyiraman pada kelembaban udara

Status penyiraman	Nilai kelembaban udara
Menyiram	0% - 65%
Menyiram	60% - 70%
Tidak menyiram	65% - 100%

Tabel 4. 6 Data status penyiraman pada kelembaban tanah

Status penyiraman	Nilai kelembaban tanah
Menyiram	0-300
Tidak menyiram	300-500
Tidak menyiram	500-900

Dari data status penyiraman suhu, kelembaban tanah, dan kelembaban udara, kemudian dilakukan pengujian *Neural Network* tanaman sehingga mendapatkan hasil klasifikasi status penyiraman sebagai berikut : menyiram (5 data) dan tidak menyiram (23 data). Berikut dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data uji penyiraman tanaman

No	Suhu	Kelembaban Tanah	Kelembaban Udara	Status Penyiraman	Status Penyiraman Text
1	38	772	39	-1	Tidak menyiram
2	38	762	56	-1	Tidak menyiram
3	39	765	45	-1	Tidak menyiram
4	38	753	40	-1	Tidak menyiram
5	35	738	65	-1	Tidak menyiram
6	32	671	81	-1	Tidak menyiram
7	41	690	45	-1	Tidak menyiram
8	38	625	48	-1	Tidak menyiram
9	30	440	98	-1	Tidak menyiram
10	39	451	56	-1	Tidak menyiram
11	28	366	98	-1	Tidak menyiram
12	27	350	98	-1	Tidak menyiram
13	28	204	98	1	Menyiram
14	36	228	67	1	Menyiram
15	25	501	98	-1	Tidak menyiram
16	26	508	98	-1	Tidak menyiram
17	40	274	55	1	Menyiram
18	37	258	66	1	Menyiram
19	32	683	79	-1	Tidak menyiram
20	26	688	98	-1	Tidak menyiram
21	28	510	98	-1	Tidak menyiram

22	36	636	63	-1	Tidak menyiram
23	32	528	72	-1	Tidak menyiram
24	29	473	95	-1	Tidak menyiram
25	30	244	93	1	Menyiram
26	35	563	70	-1	Tidak menyiram
27	26	576	98	-1	Tidak menyiram
28	25	583	98	-1	Tidak menyiram

Berdasarkan tabel 4.7 hasil pengujian pada fitur penyiraman, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan tingkat akurasi sistem pada fitur penyiraman menggunakan *confussion matrix*. Berikut ini tabel *confussion matrix* pada fitur penyiraman :

Tabel 4. 8 Confussion Matrix Fitur Penyiraman

		Predicted	
		Menyiram	Tidak menyiram
Actual	Menyiram	5	0
	Tidak menyiram	0	23

Dari tabel 4.8. kemudian dilakukan perhitungan akurasi sebagaimana rumus berikut ini :

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{5+23}{5+23} \times 100\% = 100\%$$

Sistem otomasi pada fitur penyiraman menggunakan *Neural network* menunjukkan tingkat akurasi sebesar 100% dari total 28 data yang diujikan, jika dibandingkan dengan hasil pengujian data uji.

#### 4.1.2. Data Tanaman

Dalam objek penelitian ini, digunakan tanaman tomat yang memiliki tinggi sekitar 113 cm dengan total 10 tangkai. Di bawah ini adalah gambar 4.1 waktu pengukuran tanaman tomat dan gambar 4.2 waktu mengamati tangkai tanaman tomat :



Gambar 4. 1 Tinggi tanaman tomat



Gambar 4. 2 Jumlah tangkai tanaman tomat

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Perhitungan pada *Neural network*

Perhitungan ini menggunakan data yang berasal dari pembacaan sensor pada fitur input suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah. Data yang disajikan dibawah ini merupakan data yang akan diprediksi dalam analisis *Neural network* dengan prediksi apakah tanaman tomat dalam kategori menyiram atau tidak menyiram. Misalkan bobot awal ( $w_1, w_2, w_3$ ) dan bias adalah 0, ( $\alpha$ ) = 0,5 dan  $\theta = 0$ . Pelatihan dilakukan dengan cara memasukkan 1209 unit input data training. Setelah terdapat data training kemudian dihitung  $net = \sum X_i W_i + b$  dan berikutnya.

Dari semua perhitungan net, perubahan bobot dan bobot baru tersebut menghasilkan yang menunjukkan pada tabel 4.9.

Keterangan :

$x_1$  = suhu

$x_2$  = kelembaban tanah

$x_3$  = kelembaban udara

$t$  = target (1 = menyiram, -1 = tidak menyiram)

$h_1$  = menentukan unit keluaran

$y$  = output (1 = menyiram, -1 = tidak menyiram)

$\Delta w_1$  = perubahan bobot suhu

$\Delta w_2$  = perubahan bobot kelembaban tanah

$\Delta w_3$  = perubahan bobot kelembaban udara

$w_1$  = bobot baru suhu

$w_2$  = bobot baru kelembaban tanah

$w_3$  = bobot baru kelembaban udara

$b$  = bias

Tabel 4. 9 Iterasi 1

Input (x)			t	net	output (y)	perubahan bobot				bobot baru			
				$\sum X_i W_i + b$		$\Delta w = \alpha x_i t$				$w_{baru} = w_{lama} + \Delta w$			
$x_1$	$x_2$	$x_3$		$h_1$		$\Delta w_1$	$\Delta w_2$	$\Delta w_3$	$\Delta b$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$b$
										0	0	0	0
15	0	0	1	0	0	7,5	0	0	0,5	7,5	0	0	0,5
15	0	10	1	113	1	0	0	0	0	7,5	0	0	0,5
15	0	20	1	113	1	0	0	0	0	7,5	0	0	0,5
15	0	30	1	113	1	0	0	0	0	7,5	0	0	0,5



15	0	40	1	113	1	0	0	0	0	7,5	0	0	0,5
15	0	50	1	113	1	0	0	0	0	7,5	0	0	0,5
15	0	60	1	113	1	0	0	0	0	7,5	0	0	0,5

Iterasi akan berlanjut hingga nilai *error* paling sedikit, dan pada iterasi ke-10, nilai *error* sedikit tercatat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Iterasi ke 10

Input (x)			t	net	output (y)	perubahan bobot				bobot baru			
				$\sum X_i$ $W_i + b$		$\Delta w = \alpha x_i t$				$w_{baru} = w_{lama} + \Delta w$			
x1	x2	x3		h1		$\Delta w_1$	$\Delta w_2$	$\Delta w_3$	$\Delta b$	w1	w2	w3	b
										2145	-350	295	79,5
45	900	10	-1	-215446	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	20	-1	-212496	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	30	-1	-209546	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	40	-1	-206596	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	50	-1	-203646	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	60	-1	-200696	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	70	-1	-197746	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	80	-1	-194796	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	90	-1	-191846	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5
45	900	100	-1	-188896	-1	0	0	0	0	2145	-350	295	79,5

Dari tabel 4.10. diatas menunjukkan bahwa pola target yang diharapkan sesuai dengan output yang telah mencapai nilai target yang sama.

#### 4.2.2. Source Code Mikrokontroler

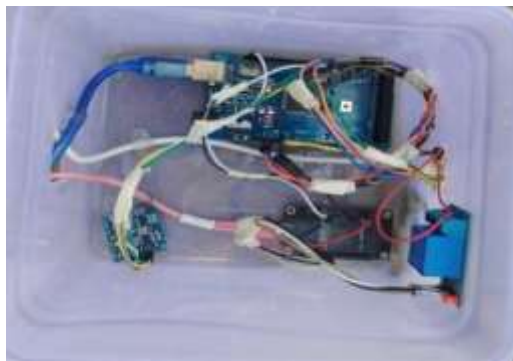
Langkah dalam pembuatan sistem menggunakan *Neural network* adalah mengkategorikan setiap suhu kodingan pada Arduino, mengirim data ke server dan sever mengirim perintah menyiram (NodeMCU) , pengambilan data, perhitungan

data menggunakan metode NN dan data yang diambil dari perhitungan sebelumnya, proses pengujian, kemudian hasil proses pengambilan data kemudian kode untuk mengirim notifikasi WhatsApp.

### 4.2.3. Sistem Hardware

#### 4.2.3.1. Rangkaian Hardware

Pada rangkaian perangkat keras yang dimanfaatkan dalam penelitian ini, NodeMCU dan Arduino Mega 2560 berperan sebagai mikrokontroler. Sensor kelembaban tanah dan sensor DHT11 bertugas membaca data yang akan disalurkan ke NodeMCU. Data tersebut kemudian diintegrasikan dengan Arduino. Setelah diproses melalui jaringan *Neural Network*, hasilnya akan dikirim ke aplikasi WhatsApp melalui internet untuk menampilkan data serta perbandingan antara data latih dan data uji yang telah melalui *Neural Network*. Berikut adalah gambar rangkaian *hardware* yang telah dirancang.



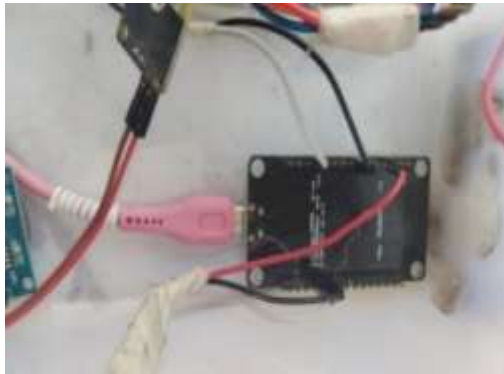
Gambar 4. 3 Rangkaian hardware

Pada gambar 4.3. terdapat Arduino, NodeMCU, RTC, DHT11 (sensor suhu dan kelembaban udara), soil moisture (sensor kelembaban tanah), relay, pompa air.

#### 4.2.3.2. NodeMCU

Sistem yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan NodeMCU untuk menerima data dari Arduino dengan menggunakan koneksi pin TX0 ke RX (pin

NodeMCU). Data yang diterima kemudian dikirimkan ke server melalui jaringan WiFi, seperti yang tergambar dalam gambar 4.4. Berikut ini merupakan susunan NodeMCU yang telah didesain untuk memastikan pencapaian hasil yang optimal.



Gambar 4. 4 Rangkaian NodeMCU

#### **4.2.4. Pengaturan Sensor**

##### **4.2.4.1. Sensor Kelembaban Tanah (Soil Moisture Sensor)**

Sensor kelembaban tanah berfungsi untuk mengukur kelembaban di sekitar tanah tempat sensor ditanam. Ketika ditancapkan ke dalam tanah, sensor ini menghasilkan nilai yang mengindikasikan tingkat kelembaban tanah. Sensor tersebut diletakkan dekat dengan tanaman tomat untuk memberikan nilai yang diperlukan untuk mengatur penyiraman tanaman secara tepat.



Gambar 4. 5 Pemasangan sensor kelembaban tanah pada tanaman tomat

#### 4.2.4.2. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara (DHT11)

Sensor DHT11 adalah sensor suhu dan kelembaban udara yang digunakan untuk mengukur kondisi lingkungan sekitar. Ketika ditempatkan di sekitar tanaman, sensor ini memberikan nilai-nilai yang menunjukkan suhu dan kelembaban udara di lingkungan tempat sensor diletakkan. Data dari sensor ini kemudian dapat dimanfaatkan sebagai input untuk fitur penyiraman serta untuk mengatur suhu yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman



Gambar 4. 6 Sensor pemasangan sensor suhu dan kelembaban udara

#### 4.2.4.3. Pengujian Kalibrasi

Uji kalibrasi digunakan untuk memeriksa dan menyesuaikan ketepatan alat ukur dengan standar atau alat tolak ukur yang terpercaya. Proses uji kalibrasi suhu dan kelembaban udara melibatkan penempatan alat ukur di sekitar tanaman, menghasilkan nilai suhu sekitar 27°C dan kelembaban udara sekitar 99%, sebagaimana ditampilkan pada gambar 4.7. Sementara uji kalibrasi kelembaban tanah menancapkan alat *hygrometer* ke dalam tanah yang menghasilkan nilai kelembaban tanah sekitar 355 seperti yang terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Kalibrasi suhu dan kelembaban udara



Gambar 4. 8 Kalibrasi kelembaban tanah

#### 4.2.5. Rangkaian Output

##### 4.2.5.1. Output Pengatur Penyiraman

Sistem ini menghasilkan output berupa durasi penyiraman dalam kondisi tertentu berdasarkan perhitungan *Neural Network*. Durasi penyiraman ini diputuskan berdasarkan data kondisi yang diambil dari sensor. Ketika kondisi memicu angka *output* untuk melakukan penyiraman, sistem secara otomatis akan mengaktifkan alat penyiraman yang telah dirancang.



Gambar 4. 9 Output pengaturan penyiraman

#### 4.2.6. Tampilan Tanaman Tomat di Polybag

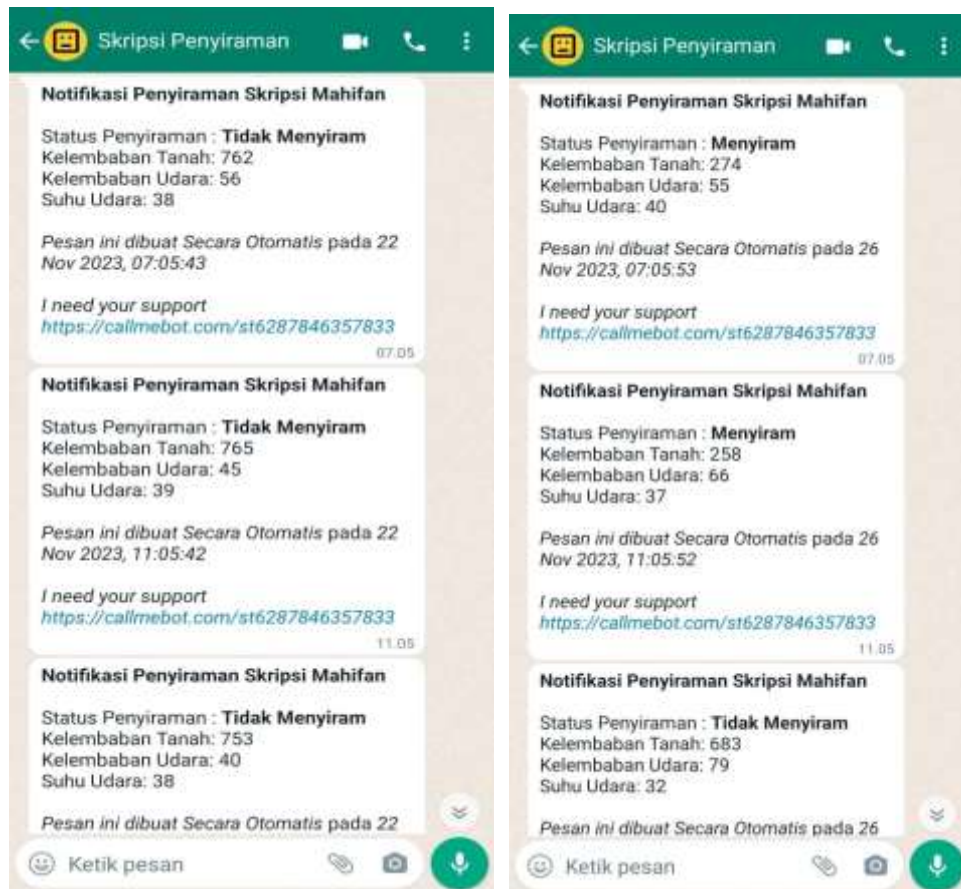
Tampilan dari tanaman tomat di polybag yang telah dirawat selama 14 hari dirancang sebagai tempat untuk melakukan penelitian sistem menggunakan *Neural network* yang terdapat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Tampilan tanaman tomat di pot

#### 4.2.7. Aplikasi WhatsApp

Aplikasi yang digunakan untuk mengirimkan notifikasi penyiraman tanaman tomat adalah aplikasi WhatsApp. Pada tampilan WhatsApp berisi hasil dari pembacaan sensor suhu, sensor kelembaban udara, dan sensor kelembaban tanah dan hasil dari status penyiraman. Data ini disajikan dengan data waktu pembacaan pada pukul 07.00, 11.00, 15.00, dan 17.00. Data yang ditampilkan dalam aplikasi WhatsApp ini bersifat realtime. Adapun tampilannya sebagai berikut pada 4.11 :



Gambar 4. 11 Halaman Notifikasi WhatsApp Penyiraman Tanaman Tomat

#### 4.2.8. Integrasi Islam

Perkembangan teknologi terus berkembang secara pesat. Kita sebagai manusia penting untuk mengikuti kemajuan ini serta turut berkontribusi dalam pengembangan teknologi. Dalam konteks ini, peneliti mengembangkan sistem otomatisasi penyiraman untuk tanaman tomat. Langkah ini dilakukan sebagai bentuk refleksi terhadap penciptaan Allah SWT di bumi, terutama terkait dengan air, yang merupakan unsur yang sangat penting bagi kehidupan tumbuhan. Hal ini sesuai dengan ayat Al Qur'an surah Az Zumar ayat 21 yang menekankan tentang pentingnya air bagi kehidupan.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ  
 ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَاهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطًا  
 مَّا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَبْصَارِ

Artinya :

*"Apakah engkau tidak memperhatikan, bahwa Allah menurunkan air dari langit, lalu diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi, kemudian dengan air itu ditumbuhkan-Nya tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, kemudian menjadi kering, lalu engkau melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sungguh, pada yang demikian itu terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal sehat." (QS. Az-Zumar 39: Ayat 21)".*

Tafsir Jalalayn menjelaskan bahwa Allah menurunkan air dari langit, yang kemudian diatur-Nya agar menjadi sumber-sumber air di bumi, yang digunakan untuk menyuburkan berbagai macam tanaman. Setelah tanaman itu menghiijau, kemudian layu dan menguning, hingga akhirnya rontok. Hal ini memberikan pelajaran bagi manusia yang menggunakan akal untuk memahami keesaan dan kekuasaan Allah SWT. Selain itu, air yang digunakan secara baik dan teratur merupakan syarat penting agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Ayat yang sesuai hal ini adalah dalam surah An Nahl:10, yang menyatakan.

Selain itu juga penyiraman tanaman yang baik dan teratur merupakan salah satu syarat agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Hal ini tercantum pada firman Allah SWT dalam surah An Nahl : 10 yang berbunyi :

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ

Artinya :

*" Dialah yang telah menurunkan air (hujan) dari langit untuk kamu. Sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuhan dengannya kamu mengembalakan ternakmu (QS An Nahl : 10)".*

Berdasarkan tafsir tersebut, ada dua pesan yang dapat diambil: (1) Air sangat penting dalam pertumbuhan tanaman. Diperlukan pengaturan kadar air yang tepat untuk memastikan kualitas tumbuhan yang baik. (2) Penting untuk mengamati dan mempelajari tumbuhan dari awal hingga akhir siklus hidupnya, dari benih hingga



masa kematian. Proses pengamatan ini tidak hanya untuk menjaga tumbuhan, tapi juga untuk mengenali karakteristik unik yang dimiliki oleh setiap tumbuhan.

Selain itu, Al-Qur'an dalam surah Al-Baqarah ayat 205 mengajarkan pentingnya menjaga alam dari kerusakan yang tidak diinginkan. Dalam konteks ini, sistem otomasi penyiraman tanaman dapat menjadi salah satu kontribusi dalam menjaga lingkungan dengan mencegah kerusakan atau pemborosan air yang tidak perlu pada saat penyiraman tanaman.

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفَاسِقَ

Artinya :

*“ Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di bumi untuk mengadakan kerusakan padanya, dan merusak tanam – tanaman dan binatang ternak dan Allah tidak menyukai kebinasaan”.*

Seperti yang dinyatakan dalam ayat tersebut, Allah menunjukkan ketidaksukaan-Nya terhadap mereka yang diberi kekuasaan namun menggunakan kekuasaan tersebut untuk merusak atau menghancurkan lingkungan, termasuk tanaman dan hewan ternak. Hal ini menunjukkan pentingnya menjaga alam dan tidak melakukan perbuatan yang dapat merusaknya. Allah menyukai perbaikan dan kebaikan, bukan kerusakan.

Selain itu terdapat Al-Qur'an dalam surah Al-Insyirah ayat 5 mengajarkan bahwa setelah ada kesulitan maka ada kemudahan. Berikut ayat Al Qur'an tersebut:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Artinya :

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”*

Dari ayat tersebut menggambarkan meskipun petani itu mengalami kesulitan dengan pekerjaan yang sistem nya masih manual maka terdapat kemudahan dengan adanya teknologi modern seperti terciptanya inovasi baru yang membuat sistem

penyiraman tanaman otomatis sehingga pekerjaan petani menjadi ringan, efisien, dan efektif dalam waktu maupun tenaga.

Dengan demikian, sistem ini bertujuan untuk memfasilitasi petani dalam memantau dan mengendalikan penyiraman, suhu, dan kelembaban tanaman. Ini akan meringankan beban kerja petani karena sistem secara otomatis mengelola tugas-tugas tersebut. Kontrol otomatis juga membantu dalam penggunaan air yang lebih efisien dan mencegah penggunaan berlebihan. Diharapkan bahwa sistem ini dapat memberikan kegembiraan dan mengurangi kesulitan bagi petani dalam merawat tanaman. Selain itu, dengan penciptaan sistem ini, diharapkan kita dapat menjadi individu yang selalu mengingat Allah SWT dan menjaga kelestarian alam, sesuai dengan ajaran yang terdapat dalam ayat-ayat yang disebutkan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan pengamatan selama 7 hari dan interval pembacaan data pada pukul 07.00, 11.00, 15.00, dan 17.00 untuk memperoleh sejumlah 28 data. Setelah itu, untuk mengetahui tingkat akurasi pada sistem yang telah dirancang maka dilakukan dengan cara melakukan pengujian sistem dengan membandingkan data *training* dengan data uji sebanyak 28 data kemudian dihitung dengan perhitungan *confussion matrix* untuk memperoleh nilai akurasi. Data tersebut kemudian digunakan untuk perhitungan *confussion matrix* sehingga didapatkan bahwa nilai akurasinya adalah 100%.

#### 5.2. Saran

Penulis menyarankan beberapa hal untuk pengembangan penelitian berikutnya, yaitu:

1. Untuk proses pembuatan sistem pada penelitian berikutnya diharapkan dapat beralih ke *Printed Circuit Board* agar dihasilkan rangkaian yang lebih tertata rapi.
2. Penulis menyarankan untuk perawatan tomat harus melihat kondisi tanah yang sesuai, karena jika tanahnya terlalu kering ataupun basah tanaman tomat mudah mati.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N. N., Pangaribuan, P., & Primadhi, R. A. (2020). Kelembapan dan suhu tanah berbasis Artificial Intelligence. *E-Proceeding of Engineering*, 7(3), 8791–8801.
- Afifah, N. N., Priramadhi, R. A., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2020). Sistem Pengontrolan Pengairan Budidaya Tanaman Tomat Berdasarkan Kelembapan dan Suhu Tanah berbasis Artificial Intelligence. *E-Proceeding of Engineering*, 7(3), 8791–8801.
- Aldillah, R. (2016). Kinerja pemanfaatan mekanisasi dan implikasinya dalam upaya percepatan produksi pangan di Indonesia. *Jurnal Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 34(2), 163–177.
- Alfanugraha, K. (2022). Rancang bangun alat penyiraman tanaman tomat otomatis menggunakan sensor RTC berbasis Arduino Uno. *COMSERVA: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 2(5), 369–383. <https://doi.org/10.36418/comserva.v2i5.317>
- Anggraini, A. N., Ummah, N. K., Fatmasari, Y., & Hayati Holle, K. F. (2022). Air Quality Forecasting in DKI Jakarta Using Artificial Neural Network. *Matics : Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 14(1), 1–5. <https://doi.org/10.18860/mat.v14i1.13863>
- Aryawati, N. P. R., & Budhi, M. K. S. (2018). Pengaruh produksi, luas lahan, dan pendidikan terhadap pendapatan petani dan alih fungsi lahan provinsi bali. *E-Jurnal EP Unud*, 7(9), 1918–1952.
- Badan, P. S. (2021). *Tanaman pangan*. 1–3.
- Budi, T. S., & Pratama, M. R. (2021). Otomatisasi penyiraman tanaman cabai dan tomat berbasis Iot. *Reaktom: Rekayasa Keteknikan Dan Optimasi*, 6(2), 1–11.
- Cynthia, E. P., & Ismanto, E. (2017). Jaringan syaraf tiruan Algoritma Backpropagation dalam memprediksi ketersediaan komoditi pangan Provinsi Riau. *Rabit : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 2(2), 196–209. <https://doi.org/10.36341/rabit.v2i2.152>
- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) sistem pengendalian lampu menggunakan Raspberry Pi berbasis mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(1), 19–26. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Fadhilah, M. D., Santoso, I. H., & Astuti, S. (2021). Rancang bangun alat penyiraman otomatis berbasis Internet of Things dengan Notifikasi Whatsapp. *Journal Engineering*, 8(6), 11816–11828.
- Firdaus, A. J. A., Pramono, D., & Purnomo, W. (2020). Pengembangan sistem informasi UPT Kalibrasi Dinas Kesehatan Kabupaten Malang berbasis WEB. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, Dan Edukasi Sistem Informasi*, 1(1), 23–34. <https://doi.org/10.25126/justsi.v1i1.3>
- Hergika, G., Siswanto, & Sutarti. (2021). Perancangan Internet of Things (IoT) sebagai kontrol infrastruktur dan peralatan toll pada PT. Astra Infratoll Road. *Jurnal PROSISKO*, 8(2), 86–98. <https://ejurnal.lppmunsera.org/index.php/PROSISKO/article/view/3862>
- Hizham, F. A., Nurdiansyah, Y., & Firmansyah, D. M. (2018). Implementasi

- Metode Backpropagation Neural Network (BNN) dalam sistem klasifikasi ketepatan waktu kelulusan mahasiswa (studi kasus: Program Studi Sistem Informasi Universitas Jember). *Berkala Sainstek*, 6(2), 97–105. <https://doi.org/10.19184/bst.v6i2.9254>
- Husdi. (2018). Monitoring kelembaban tanah pertanian menggunakan soil moisture sensor FC-28 dan Arduino uno. *Jurnal Ilmiah*, 10(2), 237–243.
- Idi, L., & Purwanggono, B. (2019). Pengamatan kesesuaian penerapan kalibrasi dengan Standart Operational Procedure Pada PT . Daya Manunggal Berdasarkan Iso 9001 : 2008. *Industrial Engineering Online Journal*, 8(1), 1–7.
- Imam, M. Kk., Permata, E., & Desmira. (2022). Sistem kontrol penyiram otomatis tanaman tomat menggunakan Wemos D1 R1. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(4), 815–829. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i4.815>
- Irsyam, M. (2019). Sistem otomasi penyiraman tanaman berbasis telegram. *Sigma Teknika*, 2(1), 81–94. <https://doi.org/10.33373/sigma.v2i1.1834>
- Jalaludin, A.-M., & As-Suyuthi. (2018). *Tafsir Jalalain : Terj. Bahrun Abu Bakar* (Sinar Baru).
- Kafiar, E. Z., Allo, E. K., & Mamahit, D. (2018). Rancang bangun penyiram tanaman berbasis arduino uno menggunakan sensor kelembaban YL-39 dan YL-69. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(3), 267–276.
- Khafi, A. M., Erwanto, D., & Utomo, Y. B. (2019). Sistem kendali suhu dan kelembaban pada greenhouse tanaman sawi berbasis IoT. *Generation Journal*, 3(2), 37–46. <https://doi.org/10.29407/gj.v3i2.12973>
- Khairina, N. (2019). Konsep dasar jaringan syaraf tiruan. *Informatics*, 1–11.
- Mahendra, I. U., Fitriyah, H., Hannats, M., & Ichsan, H. (2019). Rancang bangun pot cerdas dengan mengatur suhu ruangan, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya berbasis arduino dengan metode jaringan saraf tiruan Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(9), 8472–8478. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Mangesti, Z. A., Budiyanto, S., & Sutarno. (2019). Respon pertumbuhan dan produksi tomat (*Solanum lycopersicum*) pada berbagai jenis penggunaan mulsa dan frekuensi penyiraman. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 4(2), 175–181. <https://doi.org/10.14710/baf.4.2.2019.175-181>
- Mardaus, Sari, I., & Yusuf, E. Y. (2019). Produksi tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) dengan pemberian SP-36 dan dolomit di tanah gambut. *Jurnal Agroindragiri*, 4(2), 25–35. <https://doi.org/10.32520/jai.v4i2.1271>
- Marinus, F., Yulianti, B., & Haryanti, M. (2020). Rancang bangun sistem penyiraman tanaman berdasarkan waktu menggunakan RTC berbasis Arduino Uno pada tanaman tomat. *Jurnal Universitas Suryadarma*, 78–89.
- Maulana, E., & Idrus, M. (2010). Pengaruh interval waktu pemberian air terhadap produktivitas tanaman tomat di lahan kering dataran rendah pada musim kemarau. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 10(3), 207–212.
- Muhamad Arwin Wijaya, Hanifah, R., & Manullang, M. C. T. (2020). Purwarupa penyiraman otomatis dengan arsitektur MQTT dan logika Fuzzy Sugeno untuk meningkatkan keefektifan manajemen penyiraman tanaman (studi kasus :

- itera). *Jurnal Teknologi Informasi Universitas Lambung Mangkurat (JTIULM)*, 5(2), 49–56. <https://doi.org/10.20527/jtiulm.v5i2.55>
- Mulyadi, H., Rochdiani, D., & Hakim, D. L. (2020). Analisis usahatani minapadi (studi kasus pada kelompok tani fajar jayamukti di desa jayamukti kecamatan leuwisari kabupaten Tasikmalaya). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 7(1), 45–55. <https://doi.org/10.25157/jimag.v7i1.2555>
- Nadzif, H., Andrasto, T., & Aprilian, S. (2019). Sistem monitoring kelembaban tanah dan kendali pompa air menggunakan arduino dan internet. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 26–30. <https://doi.org/10.15294/jte.v11i1.21383>
- Nalendra, A. K., & Mujiono, M. (2020). Perancangan IoT (Internet Of Things) pada sistem irigasi tanaman cabai. *Generation Journal*, 4(2), 61–68. <https://doi.org/10.29407/gj.v4i2.14187>
- Pamungkas, C. S., Joseph Manehat, D., & Daeng Bakka Mau, S. (2019). Aplikasi Fuzzy Logic Memprediksi Intensitas Cahaya Lampu Pada Kandang Ternak Ayam Broiler. *Jurnal Komputer Terapan*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.35143/jkt.v5i1.2137>
- Pradana, R., & Irawati, R. (2016). Metode fuzzy logic dalam konsep irigasi air dengan mikrokontroler Arduino. *Jurnal Telematika Mkom*, 8(2), 107–113.
- Pranata, T., Irawan, B., & Ilhamsyah. (2015). Penerapan Logika Fuzzy pada sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 03(2), 11–22. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jcskommipa/article/view/10477>
- Salim, A., & Pambudi, W. S. (2015). Implementasi metode Hybrid Artificial Neural Network ( ANN ) – Pid untuk perbaikan proses berjalan pada prototype robot material handling. *Jurnal Ilmiah Mikrotek*, 1(3), 155–164.
- Satriadi, A., Wahyudi, & Christiyono, Y. (2019). Perancangan home automation berbasis NodeMCU. *Jurnal Transient*, 8(1), 2685–0206. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- Setiawan, Y., Tanudjaja, H., & Octaviani, S. (2018). Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk pemantauan dan pengendalian sistem hidroponik. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 20(2), 196–207. <https://doi.org/10.24912/tesla.v20i2.2994>
- Shabira, S. P., Hereri, A. I., & Kesumawati, E. (2020). Identifikasi karakteristik morfologi dan hasil beberapa jenis tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum*) di dataran rendah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(2), 51–60. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i2.11042>
- Simatupang, E. (2019). Jaringan syaraf tiruan menggunakan metode perceptron untuk menentukan penyakit pada tanaman buah nanas. *Majalah Ilmiah INTI*, 6(2), 55–60.
- Sunaryanti, D. P., & Dwiyana, M. (2020). Teknik budidaya tanaman tomat (*Solanum lycopersium L.*) hidroponik dengan sistem irigasi tetes di PT Hidroponik Agrofarm Bandungan. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(5), 1059–1066.
- Syakur, A. (2012). Pendekatan satuan panas (Heat Unit) untuk penentuan fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat di dalam rumah tanaman (Greenhouse). *Jurnal Agroland*, 19(2), 96–101.
- Tambunan, N. S. A., Sihombing, E. D., & Pardede, M. (2021). Rancang bangun

- sistem monitoring tanaman tomat menggunakan komunikasi LoRa pada rumah kaca. *Jurnal Konferensi Nasional Sosial Dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, 2(1), 147–157.
- Ulfa, M. (2021). Penerapan jaringan syaraf tiruan prediksi kebutuhan alat Lampu Penerangan Jalan Umum (LPJU) dengan Metode Backpropagation. *Jurnal Abdi Ilmu*, 14(1), 59–65. <https://journal.pancabudi.ac.id/index.php/abdiilmu/article/view/3935>
- Wijaya, A., & Rivai, M. (2018). Monitoring dan kontrol sistem irigasi berbasis IoT menggunakan Banana PI. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 1–6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.31113>
- Wijaya, A. S., Sangadji, M. N., & Muhandi. (2017). Produksi dan kualitas produksi buah tomat yang diberi berbagai konsentrasi pupuk organik cair. *Agrotekbis*, 5(1), 1–8.
- Yogyakarta, D. P. (2022). *Pedoman teknis budidaya tomat*. Dinas Pertanian.
- Yudhistiro, K. (2017). Pemanfaatan Neural Network Perceptron pada pengenalan pola karakter. *Journal of Information Technology and Computer Science (JOINTECS)*, 2(02), 83–87. <https://doi.org/10.32664/smatika.v7i02.153>
- Zakaria, M., Pagiling, L., & Siti Nur Alam, W. O. (2022). Sistem penyiraman otomatis tanaman semusim berbasis jaringan saraf tiruan multilayer perceptron. *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 7(1), 35. <https://doi.org/10.33772/jfe.v7i1.24050>
- Zulhijanto, & Fadlil, A. (2022). Desain sistem monitoring dan penyiraman tanaman tomat berbasis Internet of Things ( IoT ). *Jurnal Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 4(2), 94–104. <https://doi.org/10.12928/biste.v4i2.5884>