

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL
KONSETRASI NUTRISI PADA MIXING TANK FERTIGASI
BERBASIS ESP 32 UNTUK PERTANIAN DESA KALISIDI
SEMARANG**

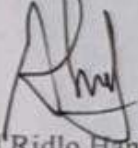
Diajukan oleh :

Aidi Sulthan Nazira

40040322650033

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

DOSEN PEMBIMBING,



Ahmad Ridlo Hanifudin Tahier S.Si., M.Si.

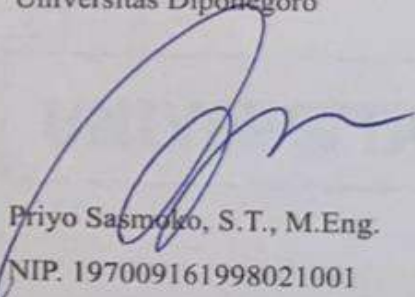
Tanggal, 13 Agustus 2026

NPPU. H.7.199504152022041001

Mengetahui,

Ketua,

Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmito, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

Tanggal, 13 Agustus 2026

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Konsentrasi Nutrisi pada
Mixing Tank Fertigasi Berbasis ESP32 untuk Pertanian

Desa Kalisidi Semarang

Disusun oleh:

Aidi Sulthan Nazira

NIM. 40040322650033

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji pada Tanggal

13 Agustus 2026

Tim penguji,

Dosen Pembimbing

Ahmad Ridlo Hanifudin T., S.Si., M.Si.

NIP. H.7.199504152022041001

Penguji 1

Penguji 2

Dr. Lisa' Yihaa Roodhyiah, S.Si., M.Si.

NPPU. H.7.199210062022042001

Megarini Hersaputri, S.T., M.T

NIP. 198902142020122012

Mengetahui

Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

Priyo Sasnoko, S.T., M.Eng

NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aidi Sulthan Nazira
NIM : 40040322650033
Program Studi : S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol
Konsentrasi Nutrisi pada Mixing Tank Fertigasi
Berdasarkan ESP32 untuk Pertanian Desa Kalisidi
Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No 17 Tahun 2010 dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 13 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan
Aidi Sulthan Nazira

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T atas rahmat dan karunianya penulis dapat menyusun laporan tugas akhir yang berjudul “*Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Konsetrasi Nutrisi pada Mixing Tank Fertigasi Berbasis ESP 32 untuk Pertanian Desa Kalisidi*” laporan ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan dalam pembuatan tugas akhir di program studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari dukungan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
2. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
3. Bapak Ahmad Ridlo Hanifudin S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, ilmu, serta kesempatan berkembang bagi penulis dalam penyelesaian laporan ini.
4. Bapak/Ibu dosen dan civitas akademika di Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Otomasi, yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang sangat bermanfaat selama kegiatan perkuliahan.
5. Ibu, Bapak, serta mama penulis, yang telah mendidik dan merawat serta memberikan dukungan dalam segala hal, sehingga penulis dapat tumbuh dan berkembang hingga saat ini.
6. Kakak dan adik penulis yang telah memberikan semangat serta memotivasi penulis untuk terus tumbuh dan berkembang.

7. Teman-teman SATNAYAKA TRO 22 yang telah memberikan lingkungan perkuliahan yang nyaman bagi penulis, sehingga penulis dapat melaksanakan perkuliahan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan rancang bangun alat ini agar dapat lebih baik kedepannya. Akhir kata, semoga laporan ini dapat diterima dan memberikan manfaat yang baik bagi pembaca.

Semarang, 13 Agustus 2026

Penulis,

Aidi Sulthan Nazira

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	4
1.4 Manfaat Tugas Akhir	4
1.5 Pembatasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Tugas Akhir	6
BAB II DASAR TEORI.....	8
2.1 Tinjauan Pustaka	8
2.2 Sistem Fertigasi.....	10
2.3 Mixing Tank.....	14
2.4 Dinamo Motor High Torsi 350W 12V/24V (7146)	18
2.5 Driver Motor BTS7960.....	20
2.6 <i>Power Supply</i> 24 VDC.....	23
2.7 LCD I2C	24
2.8 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T	26
2.9 ESP 32 S3	27
2.10 TDS Sensor	29
2.11 Step Down LM2596.....	30
2.12 Submersible DC 12V	31
2.13 Relay 5A	32
2.14 Buck Converter XL4016 300 Watt	34
2.15 HTTP	35
2.16 APPS SCRIPT	36
2.17 Fuzzy Logic	38
2.18 <i>Finite State Machine</i> (FSM)	47
BAB III METODE PENELITIAN	49
3.1 Blok Diagram Sistem.....	49
3.2 Konsep 3D Alat.....	53
3.3 Spesifikasi dan Fitur	55
3.4 Prinsip Kerja Sistem	57
3.5 Teknik Fabrikasi Sistem.....	59

3.6 Flowchart Sistem	69
3.7 Flowchart Finate State Machine	71
3.8 Perancangan Pengendali Logika Fuzzy	74
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	84
4.1 Pengujian Sensor.....	84
4.2 Pengujian Agitator	96
4.3 Pengujian <i>Finite State Machine</i>	98
4.4 Pengujian Kontrol Fuzzy	101
4.5 Pengujian Webserver Komunikasi HTTP	127
4.6 Pengujian Fungsional Catu Daya.....	130
BAB V PENUTUP.....	132
5.1 Kesimpulan	132
5.2 Saran	134
DAFTAR PUSTAKA.....	136
LAMPIRAN.....	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi Dinamo	19
Tabel 2. 3 Spesifikasi Modul BTS7960	21
Tabel 2.4 Konfigurasi Pin Motor Driver BTS7960 (IBT-2)	22
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Power Supply</i> 24 V DC	24
Tabel 2. 6 Spesifikasi dan Pin LCD I2C.....	25
Tabel 2.7 Pin konfigurasi I2C.....	25
Tabel 2. 8 Spesifikasi sensor JSN-SR04T	27
Tabel 2.9 Spesifikasi ESP3-2S3	28
Tabel 2.10 Spesifikasi sensor TDS	30
Tabel 2. 11 Spesifikasi Buck Converter.....	31
Tabel 2.12 Spesifikasi Pompa Summershible.....	32
Tabel 2. 13 Spesifikasi Relay	33
Tabel 2.14 Spesifikasi Buck Converter	35
Tabel 3.1 Perhitungan Daya.....	63
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin pada Kontroler dan Sensor	67
Tabel 3. 3 Parameter Fungsi Keanggotaan Error.....	75
Tabel 3. 4 Parameter Fungsi Keanggotaan Delta Error	77
Tabel 3. 5 Rulebase Pengendalian Fuzzy	79
Tabel 3. 6 Nilai Singleton Output.....	80
Tabel 4. 10 Respon sistem pada titik berbeda	106
Tabel 4. 11 Ringkasan Data Pengujian Premix 1000 g/40 L	108
Tabel 4. 13 Pengujian 1 dan 2.....	114
Tabel 4. 14 Parameter Himpunan	116
Tabel 4. 15 Pengujian Parameter final.....	120
Tabel 4. 16 Hasil Evaluasi Integral Absolute Error (IAE) Pengendali Fuzzy	122
Tabel 4. 17 Perbandingan Pengendali Fuzzy dengan Penelitian Terdahulu	123
Tabel 4. 18 Evaluasi Perubahan Respons Dosing pada Tahap Penalaan	125
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Data Telemetry Web Server.....	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Fertigasi	11
Gambar 2. 2 Tangki dan Pengaduk.....	16
Gambar 2. 3 Impeller.....	17
Gambar 2. 4 Dinamo 350 Watt	18
Gambar 2. 5 Modul BTS 7960	21
Gambar 2.6 <i>Power Supply</i> 24V DC 20A.....	23
Gambar 2. 7 LCD I2C	24
Gambar 2.8 Sensor JSN-SR04T	26
Gambar 2. 9 ESP32-S3	28
Gambar 2.10 Sensor TDS	29
Gambar 2. 11 Summershible DC.....	32
Gambar 2.12 Relay	33
Gambar 2.13 Buck Converter XL4016.....	34
Gambar 2. 14 Diagram Fuzzy.....	38
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem.....	50
Gambar 3. 2 Perancangan 3D Alat	54
Gambar 3. 3 Dimensi Alat	55
Gambar 3.4 Wiring Diagram	66
Gambar 3.5 Wiring Diagram	67
Gambar 3.6 Flowchart Sistem	70
Gambar 3. 7 Perancangan Flowchart Finite State Machine	72
Gambar 3. 8 Alur Pengendalian Fuzzy	75
Gambar 3. 9 Fungsi Keanggotaan Error TDS Parameter Final	76
Gambar 3. 11 Fungsi Keanggotaan Delta Error Parameter Final	78
Gambar 4. 1 Hubungan nilai ADC terhadap nilai TDS hasil regresi polinomial orde tiga.....	88
Gambar 4. 2 Fungsi pada program jarak tangki air	94
Gambar 4. 3 Respon Parameter Awal	104
Gambar 4. 4 Perubahan nilai TDS terhadap waktu selama beberapa batch pengujian dengan penanda pergantian batch dan state DOSING.	106
Gambar 4. 5 Perubahan TDS terhadap waktu pada pengujian premix 1000 g/40 L	109
Gambar 4. 6 Respon Sistem Pengujian	113
Gambar 4. 7 Pengujian 1 Parameter Final.....	117
Gambar 4. 8 Pengujian 2 Parameter final.....	118
Gambar 4. 9 Pengujian 3 Parameter final.....	119
Gambar 4. 10 Hasil visualisasi data telemetri pada dashboard web.....	129
Gambar 4. 11 Pengujian Catu Daya.....	131

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Persamaan TDS Hasil Regresi Polinomial Orde 3	139
Lampiran 2	Persamaan Sensor AJ-SR04M	139
Lampiran 3	Persamaan Sensor JSN SR04T	139
Lampiran 4	Dokumentasi Validasi Webserver dengan TDS meter	139
Lampiran 5	Dokumentasi Proses Kalibrasi Sensor TDS	139
Lampiran 6	Dokumentasi Assembly Alat	140

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL KONSENTRASI NUTRISI PADA MIXING TANK FERTIGASI BERBASIS ESP32 UNTUK PERTANIAN DESA KALISIDI SEMARANG

Aidi Sulthan Nazira

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Fertigasi memerlukan konsentrasi nutrisi yang sesuai agar larutan yang diberikan kepada tanaman berada pada kondisi yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi pada *mixing tank* berbasis ESP32-S3 dengan mengintegrasikan sensor TDS, sensor level, pompa, dan agitator. Urutan operasi sistem dikendalikan menggunakan *Finite State Machine* (FSM), sedangkan pengendali *fuzzy* menggunakan *error* dan *delta error* sebagai masukan untuk menentukan durasi *dosing* nutrisi. Kalibrasi sensor TDS menggunakan regresi polinomial orde tiga menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0,9789. Pengujian FSM menunjukkan seluruh *state* utama dapat berjalan sesuai urutan dan kondisi transisi yang dirancang. Pada lima pengujian parameter *fuzzy* final dengan *setpoint* 500 ppm, konsentrasi akhir berada pada rentang 492,7–528,3 ppm dengan rata-rata *error* akhir absolut 11,28 ppm atau 2,26%. Sistem membutuhkan 2–5 kali *dosing* dengan rata-rata 3,6 kali *dosing*. Evaluasi *Integral Absolute Error* (IAE) menghasilkan nilai 810,63–39.475,80 ppm·s. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengarahkan konsentrasi nutrisi menuju *setpoint*, dengan respons pengendalian yang dipengaruhi kondisi awal dan karakteristik aktual *plant*.

Kata kunci: ESP32-S3, *fertigasi*, *fuzzy*, *mixing tank*, TDS, dosing, Internet of Things (IoT).

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN ESP32-BASED NUTRIENT CONCENTRATION MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR A FERTIGATION MIXING TANK IN KALISIDI VILLAGE, SEMARANG

Aidi Sulthan Nazira

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Fertigation requires an appropriate nutrient concentration to maintain the nutrient solution at the desired condition. This study aimed to develop an ESP32-S3-based nutrient concentration monitoring and control system for a mixing tank by integrating TDS and level sensors, pumps, and an agitator. System operation was managed using a Finite State Machine (FSM), while a fuzzy controller used error and delta error as inputs to determine nutrient dosing duration. TDS sensor calibration using third-order polynomial regression produced a coefficient of determination (R^2) of 0.9789. FSM testing showed that all main states operated according to the designed sequence and transition conditions. In five final fuzzy-parameter tests at a 500 ppm setpoint, the final concentration ranged from 492.7 to 528.3 ppm, with an average absolute final error of 11.28 ppm or 2.26%. The system required 2–5 dosing cycles, with an average of 3.6 cycles. Integral Absolute Error (IAE) ranged from 810.63 to 39,475.80 ppm·s. These results demonstrate that the system can drive nutrient concentration toward the setpoint, while its control response remains influenced by initial conditions and actual plant characteristics.

Keywords: ESP32, fertigation, fuzzy logic, mixing tank, Total Dissolved Solids (TDS), dosing, Internet of Things (IoT).

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Definisi
AC	Alternating Current (Arus Bolak-balik)
ADC	Analog-to-Digital Converter
AP	Access Point
BLE	Bluetooth Low Energy
DC	Direct Current (Arus Searah)
EC	Electrical Conductivity
ESP32	Espressif 32-bit Microcontroller
FSM	Finite State Machine
GPIO	General Purpose Input/Output
GND	Ground
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
I ² C	Inter-Integrated Circuit
IoT	Internet of Things
JSON	JavaScript Object Notation
LCD	Liquid Crystal Display
NPK	Nitrogen, Phosphorus, Potassium
PWM	Pulse Width Modulation
RPM	Revolutions Per Minute
SCL	Serial Clock Line
SDA	Serial Data Line
SPI	Serial Peripheral Interface
TDS	Total Dissolved Solids
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USB	Universal Serial Bus
USB OTG	Universal Serial Bus On-The-Go
VCC	Voltage Common Collector
Wi-Fi	Wireless Fidelity

Simbol	Definisi	Satuan
$e(k)$	Error pada waktu ke-k	ppm
$e(k-1)$	Error pada waktu sebelumnya	ppm
$\Delta e(k)$	Delta error pada waktu ke-k	ppm
SP	Setpoint konsentrasi TDS	ppm
TDS(k)	Nilai TDS aktual pada waktu ke-k	ppm
μ	Derajat keanggotaan fuzzy	–
$\mu_A(x)$	Derajat keanggotaan x pada himpunan fuzzy A	–
x	Nilai masukan fungsi keanggotaan	sesuai variabel
α_i	Firing strength rule ke-i	–
z_i	Nilai singleton output rule ke-i	s
z^*	Keluaran crisp hasil weighted average	s
k	Indeks waktu/sampel	–
t	Waktu	s (detik)
V	Tegangan	V (Volt)
I	Arus	A (Ampere)
f	Frekuensi	Hz
Δt	Perubahan waktu	s
ppm	Parts per million	ppm
$^{\circ}\text{C}$	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desa Kalisidi merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Ungaran Barat, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah yang berjarak sekitar 16,5 km dari Universitas Diponegoro. Desa Kalisidi terdiri dari sembilan dusun dan berada pada ketinggian sekitar 600–900 mdpl dengan curah hujan rata-rata dalam sepuluh tahun terakhir sebesar 207,5 mm. Berdasarkan klasifikasi iklim, wilayah ini memiliki tiga bulan kering, satu bulan lembab, dan delapan bulan basah sehingga termasuk dalam kategori iklim basah yang mendukung pengembangan sektor hortikultura [1]. Selain itu, kondisi demografi menunjukkan bahwa sekitar 67,25% penduduk berada pada usia produktif dan sebagian besar bekerja pada sektor pertanian dengan jumlah lebih dari 500 petani.

Pada salah satu kelompok tani di desa tersebut, yaitu Kelompok Wanita Tani Sri Rejeki di RW 02, sistem irigasi berbasis *Real Time Clock* (RTC) telah mulai diterapkan untuk membantu proses penyiraman tanaman secara terjadwal. Namun sistem tersebut masih bekerja berdasarkan waktu yang telah ditentukan dan belum mempertimbangkan kondisi aktual ketersediaan air maupun kebutuhan tanaman di lapangan. Kondisi ini menyebabkan distribusi air belum sepenuhnya efisien dan berpotensi menimbulkan pemborosan penggunaan air [2].

Sistem irigasi berbasis waktu (*time-based irrigation*) pada dasarnya tidak mempertimbangkan dinamika kondisi lingkungan maupun ketersediaan air pada tangki penyimpanan. Penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi konvensional maupun irigasi berbasis jadwal tetap dapat menyebabkan pemborosan penggunaan air hingga 20–40% dibandingkan dengan sistem irigasi presisi yang memanfaatkan sensor dan sistem kendali berbasis umpan balik (*feedback control*) [3].

Salah satu pendekatan yang mulai banyak diterapkan dalam pertanian hortikultura modern adalah sistem fertigasi, yaitu metode pemberian air irigasi yang dikombinasikan dengan larutan nutrisi atau pupuk terlarut melalui jaringan

distribusi air secara bersamaan. Sistem ini memungkinkan pemberian air dan unsur hara secara lebih terukur sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air serta pemanfaatan pupuk oleh tanaman. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem fertigasi berbasis teknologi digital dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya sekaligus mendukung peningkatan produktivitas tanaman hortikultura melalui pengelolaan nutrisi yang lebih terkontrol [3].

Namun demikian, selain aspek distribusi air melalui sistem irigasi, pengelolaan konsentrasi dan ketersediaan nutrisi juga menjadi aspek penting dalam sistem fertigasi. Pemberian nutrisi secara tepat dan teratur dapat mengurangi variasi konsentrasi nutrisi di zona perakaran, meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, serta mengurangi risiko kehilangan nutrisi. Pada praktik pertanian konvensional, proses pencampuran pupuk dengan air irigasi masih banyak dilakukan secara manual tanpa pengukuran konsentrasi yang presisi. Kondisi ini berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian antara kebutuhan nutrisi tanaman dengan larutan yang diberikan, sehingga dapat mengakibatkan ketidakefisienan dalam penggunaan pupuk serta pertumbuhan tanaman yang kurang optimal. Penelitian mengenai sistem fertigasi berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan bahwa sistem pemupukan yang masih mengandalkan pengaturan waktu atau proses manual belum mampu menyesuaikan kebutuhan nutrisi tanaman secara adaptif terhadap kondisi lapangan [4].

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian juga mendorong munculnya konsep *smart farming*, yaitu pemanfaatan sensor, mikrokontroler, dan sistem komunikasi untuk melakukan *monitoring* serta pengendalian parameter pertanian secara *real-time*. Beberapa penelitian dalam beberapa tahun terakhir telah mengembangkan sistem monitoring nutrisi berbasis sensor konduktivitas atau *Total Dissolved Solids* (TDS) yang terintegrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32 untuk meningkatkan akurasi pengukuran konsentrasi larutan nutrisi dalam sistem irigasi [5]. Selain itu, metode kontrol cerdas seperti logika fuzzy juga mulai banyak diterapkan dalam sistem pertanian otomatis karena mampu menangani karakteristik

sistem yang bersifat non-linear serta memiliki ketidakpastian pada proses pencampuran dan distribusi nutrisi [6].

Sebagian besar penelitian yang ada masih berfokus pada pengendalian nutrisi pada sistem hidroponik atau sistem budidaya dalam lingkungan terkendali. Sementara itu, penerapan teknologi monitoring dan kontrol nutrisi pada sistem fertigasi untuk pertanian hortikultura secara langsung di lahan terbuka masih relatif terbatas. Penelitian yang ada juga umumnya lebih menitikberatkan pada aspek distribusi air dan nutrisi menuju tanaman, sedangkan tahapan awal berupa proses pencampuran nutrisi dalam tangki penampung sebagai sumber larutan fertigasi belum banyak dikaji secara khusus [7].

Proses pencampuran nutrisi pada tangki pencampur (*mixing tank*) memiliki karakteristik dinamis yang cukup kompleks, seperti adanya waktu tunda (*delay*) pencampuran, distribusi larutan yang tidak merata, serta perubahan konsentrasi akibat penambahan air dan nutrisi secara bertahap. Karakteristik tersebut menyebabkan proses pencampuran bersifat *non-linear* sehingga memerlukan pendekatan monitoring dan kontrol yang adaptif agar konsentrasi nutrisi yang dihasilkan tetap stabil sebelum didistribusikan ke sistem irigasi [6].

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi pada *mixing tank* secara otomatis sebelum larutan nutrisi didistribusikan ke jaringan irigasi fertigasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi pada *mixing tank* fertigasi berbasis ESP32 yang dapat digunakan sebagai bagian dari pengembangan teknologi pertanian cerdas di Desa Kalisidi. Sistem ini diharapkan mampu membantu petani dalam menyediakan larutan nutrisi dengan konsentrasi yang lebih stabil sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemupukan serta mendukung pengelolaan sumber daya air dan pupuk secara lebih optimal. Selain itu, penelitian ini dirancang untuk terintegrasi dengan penelitian yang dilakukan oleh Azkha Dzaky Maulana yang berfokus pada sistem distribusi air dan nutrisi pada jaringan irigasi fertigasi dengan judul “Implementasi Fuzzy Logic untuk Pengaturan Durasi Penyiraman dan Sistem Pemberian Nutrisi Berbasis

Sensor pada Irigasi Tetes Menggunakan (*Pressure Compensating junior*) PCJ *Dripper*". Integrasi ini bertujuan untuk menciptakan suatu sistem fertigasi yang utuh, di mana proses pencampuran dan pengendalian konsentrasi nutrisi pada *mixing tank* yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat terhubung secara langsung dengan sistem distribusi, sehingga menghasilkan aliran nutrisi yang lebih efisien, terkontrol, secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Konsentrasi Nutrisi pada *Mixing Tank* Fertigasi Berbasis Esp 32 Untuk Pertanian Desa Kalisidi Semarang" yaitu :

1. Bagaimana merancang sistem *mixing tank* dan monitoring konsentrasi nutrisi pada fertigasi yang mampu melakukan proses pencampuran air dan nutrisi NPK secara terkontrol sebelum didistribusikan ke lahan pertanian?
2. Bagaimana penerapan kontrol konsentrasi untuk mengatur dosis penambahan nutrisi sehingga konsentrasi larutan dapat mendekati nilai setpoint ?
3. Bagaimana akurasi dan konsistensi pembacaan sensor dalam mendukung pengambilan keputusan pada sistem?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun Tujuan Penelitian pada penelitian yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Konsentrasi Nutrisi pada *Mixing Tank* Fertigasi Berbasis Esp 32 Untuk Pertanian Desa Kalisidi Semarang" yaitu:

1. Merancang dan membangun sistem *mixing tank* fertigasi berbasis ESP32 untuk monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi secara *real-time*.
2. Menerapkan metode kontrol untuk mengatur proses pencampuran dan durasi kerja pompa berdasarkan nilai konsentrasi nutrisi.
3. Menguji dan menganalisis kinerja sistem dalam menjaga kestabilan konsentrasi nutrisi pada kondisi lapangan di Desa Kalisidi.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Penelitian ini memberikan manfaat terhadap pengembangan di pertanian cerdas dan system kendali berbasis ESP32, dengan cara berikut

- a. Mendukung penerapan konsep pertanian presisi melalui sistem monitoring dan kontrol nutrisi yang lebih terukur dari proses pencampuran hingga distribusi.
- b. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi fertigasi berbasis mikrokontroler yang dapat diimplementasikan secara langsung pada petani.
- c. Menjadi referensi dalam penerapan sensor TDS dan sistem untuk konsentrasi nutrisi pada sistem pertanian.
- d. Meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk melalui pengendalian konsentrasi nutrisi yang lebih stabil dan adaptif.

1.5 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus untuk menghindari pembahasan yang meluas, beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Sistem fokus pada proses monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi *mixing tank* untuk level stok menggunakan *on-off* sebagai pengisian air, sistem tidak mencakup sistem distribusi irigasi secara keseluruhan.
2. Tangki supply berkapasitas 1550 L hanya berfungsi sebagai penyimpanan dengan aliran gravitasi, tanpa aktuator kontrol pengisian.
3. Pengukuran nutrisi menggunakan sensor TDS (ppm) tanpa analisis spesifik unsur hara (N, P, K).
4. Proses pencampuran menggunakan agitator secara praktis tanpa analisis matematis detail terkait desain dan efisiensi pencampuran.
5. Sistem kontrol menggunakan logika fuzzy dengan output durasi aktivasi pompa (*time-based dosing*), bukan kontrol debit kontinu.
6. Sistem tidak memonitor konsentrasi awal larutan premix, sehingga diasumsikan konstan, serta tidak mempertimbangkan kebutuhan nutrisi berdasarkan fase pertumbuhan tanaman (vegetatif dan generatif).
7. Kalibrasi sistem berbasis perubahan nilai TDS (ppm) secara eksperimental, tanpa mempertimbangkan dinamika ion spesifik, sehingga kontrol belum sepenuhnya adaptif terhadap perubahan komposisi larutan.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Laporan tugas akhir ini disusun secara sistematis agar pembahasan lebih terstruktur dan mudah dipahami. Adapun sistematika tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang mengenai pentingnya penerapan sistem fertigasi berbasis teknologi cerdas dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk pada pertanian hortikultura. Permasalahan yang diangkat meliputi belum optimalnya pengendalian konsentrasi nutrisi pada proses pencampuran (*mixing tank*), serta keterbatasan sistem konvensional yang belum adaptif terhadap kondisi aktual di lapangan.

Bab ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian baik secara teoritis maupun praktis, serta batasan masalah yang menjelaskan ruang lingkup sistem yang dikembangkan, yaitu sistem monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi berbasis ESP32.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini membahas teori-teori dasar dan konsep yang mendukung perancangan sistem. Uraian mencakup konsep fertigasi pada pertanian hortikultura, prinsip pencampuran larutan nutrisi pada *mixing tank*, serta parameter kualitas larutan seperti *Total Dissolved Solids* (TDS).

Selain itu, dibahas juga mengenai sistem kendali berbasis logika fuzzy, termasuk konsep fuzzifikasi, *rule base*, inferensi, dan defuzzifikasi. Bab ini juga menjelaskan komponen yang digunakan dalam sistem seperti sensor TDS, sensor ultrasonik, mikrokontroler ESP32, modul relay, serta aktuator berupa pompa *submersible* dan motor agitator.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang digunakan dalam perancangan dan implementasi sistem. Penjelasan mencakup perancangan sistem secara keseluruhan, mulai dari diagram blok, diagram alir (*flowchart*), hingga perancangan sistem kontrol fuzzy.

Selain itu, dibahas pula perancangan hardware meliputi konfigurasi rangkaian elektrik, *wiring* komponen, serta sistem catu daya. Pada sisi software, dijelaskan pemrograman ESP32 untuk proses pembacaan sensor, pengolahan data, serta implementasi algoritma fuzzy dalam menentukan durasi aktivasi pompa nutrisi. Bab ini juga memuat tahapan pengujian sistem, termasuk pengujian sensor, pengujian kontrol fuzzy, serta integrasi sistem secara keseluruhan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi pada *mixing tank*. Analisis dilakukan terhadap performa sistem dalam mencapai dan mempertahankan nilai *setpoint* konsentrasi nutrisi.

Pembahasan mencakup respon sistem terhadap perubahan konsentrasi, kinerja metode kontrol dalam menentukan durasi pompa, serta kestabilan sistem selama proses pencampuran. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap akurasi pembacaan sensor TDS dan efektivitas sistem dalam kondisi nyata di lapangan.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, termasuk pencapaian tujuan dalam perancangan sistem monitoring dan kontrol konsentrasi nutrisi pada *mixing tank* berbasis ESP32. Selain itu, disampaikan saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang, seperti peningkatan akurasi sensor, optimasi parameter fuzzy, penambahan fitur monitoring berbasis IoT, serta pengembangan sistem agar dapat diimplementasikan pada skala pertanian yang lebih luas.