

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN PROTOTYPE PINTU SALURAN IRIGASI SAWAH OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PENDISTRIBUSIAN DEBIT AIR BERBASIS MIKROKONTROLLER

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD WAHYU MIRZA
2107220054



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : MUHAMMAD WAHYU MIRZA
NPM : 2107220054
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Prototype Pintu Saluran Irigasi Sawah
Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Pendistribusian Debit
Air Berbasis Mikrokontroller
Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 23 April 2026

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing /Penguji



Ir. Abdul Azis Hutasuhut, MM.

Dosen Pembanding I/ Penguji



Dr. Elvy Sahnur Nasution, ST., M.Pd.

Dosen Pembanding II/ Peguji



Dr. Rohana ST.MT.

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Dr. Elvy Sahnur Nasution, ST., M.Pd.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Wahyu Mirza
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 08 Juli 2002
NPM : 2107220054
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

"Rancang Bangun Prototype Pintu Saluran Irigasi Sawah Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Pendistribusian Debit Air Berbasis Mikrokontroller",

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



ABSTRAK

Sistem pengairan sawah berkembang dari metode manual menjadi otomatis berbasis teknologi. Penelitian ini merancang prototipe pengairan sawah berbasis IoT yang memungkinkan petani memonitor dan mengontrol ketinggian air secara jarak jauh melalui smartphone. Sistem menggunakan NodeMCU dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air, serta motor servo untuk mengatur pengisian dan pengurangan air. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pembacaan ketinggian air mencapai rata-rata 96% saat penambahan dan 89% saat pengurangan. Selain itu, pengukuran debit air pada saluran irigasi dapat dilakukan menggunakan bangunan ukur ambang tajam. Prototipe saluran irigasi skala laboratorium yang dirancang menunjukkan kinerja baik dengan tingkat akurasi tinggi ($R^2 = 0,999$) dalam pengukuran debit, serta koefisien kalibrasi yang mendekati nilai teoritis. Permasalahan kelebihan air pada musim hujan juga diatasi dengan pengembangan pintu air otomatis berbasis Arduino. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian air dan mengontrol bukaan pintu air secara otomatis menggunakan motor servo. Dengan demikian, sistem ini mampu mengatur aliran air secara efektif dan mengurangi risiko genangan akibat perubahan kondisi air.

Kata kunci: debit air, internet of Things (IoT), mikrokontroler, sistem irigasi, sensor ultrasonik.

ABSTRACT

Irrigation systems have evolved from manual methods to automated technologies. This study designs an IoT-based paddy field irrigation prototype that enables farmers to monitor and control water levels remotely via smartphones. The system utilizes a NodeMCU and an ultrasonic sensor to detect water levels, along with servo motors to regulate water inflow and outflow. Test results show an average accuracy of 96% for increasing water levels and 89% for decreasing levels. In addition, water discharge measurement in irrigation channels can be performed using sharp-crested weirs. A laboratory-scale irrigation channel prototype demonstrates good performance with high accuracy ($R^2 = 0.999$) in discharge measurement, and calibration coefficients close to theoretical values. Furthermore, excess water issues during the rainy season are addressed through the development of an Arduino-based automatic sluice gate. This system uses an ultrasonic sensor to detect water levels and automatically adjusts gate openings via servo motors. As a result, it effectively regulates water flow and minimizes the risk of flooding due to fluctuating water conditions.

Keywords: *internet of things(IoT), irrigation system, microcontroller, ultrasonic sensor, water discharge.*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun Prototype Pintu Saluran Irigasi Sawah Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Pendistribusian Debit Air Berbasis Mikrokontroller” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, dan petunjukNya sehingga penulisan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Ayahanda Junedi, Ibunda Cut Malahayati, serta Adik Siti Aldira Amanda yang senantiasa memberikan cinta, dukungan moral, dan materi tanpa henti. Terima kasih atas doa, nasihat, dan kasih sayang yang tiada habisnya.
3. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.Sc., Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Khairul Umurani, ST., M.T, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Dr. Elvy Sahnur Nasution, ST., M.Pd.selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan juga selaku dosen

pembimbing saya yang dengan sabar telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan masukan berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.

8. Bapak Benny Oktrialdi, ST, MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas ilmu yang sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, atas dukungan administratif yang diberikan.
11. Teman-teman seperjuangan B1 Teknik Elektro stambuk 21, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini
12. Sahabat-sahabat Kos GK yang selalu kebersamai penulis dalam penulisan laporan tugas akhir.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia elektro.

Medan, April 2026

Muhammad Wahyu Mirza

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Sistem Pengairan Sawah	5
2.3 Mikrokontroler	7
2.3.1 Arduino	12
2.3.2 Input/Output Arduino	18
2.4 Sensor.....	20
2.4.1 Sensor Ultra Sonic	21
2.5 Motor Servo MG966R	24
2.6 Power Suply Arduino.....	26
2.7 Internet of Things.....	27
2.7.1 Cara Kerja Internet of Things	30
2.7.2 Arsitektur Dasar IoT	31
2.7.3 NodeMCU.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	35

3.1 Waktu dan Tempat	35
3.2 Bahan dan Alat	36
3.3 Rancangan Alat	37
3.4 Flowchart Penelitian	38
3.5 Metode Pengujian Sistem	40
3.6 Metode Analisis Data	40
BAB IV PERANCANGAN DAN ANALISIS.....	41
4.1 Perancangan Alat	41
4.2 Pengujian Sistem.....	55
4.2.1 Kalibrasi Sensor Debit	56
4.2.2 Respon Servo Terhadap Debit Sensor.....	62
4.2.3 Data Waktu Respon Sistem.....	64
4.2.4 Delay Komunikasi IoT MQTT	66
4.3 Pembahasan.....	67
BAB V PENUTUP	70
5.1 Kesimpulan.....	70
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman padi di Sawah	6
Gambar 2. 2 Fase Pertumbuhan Padi	7
Gambar 2. 3 Ruang Alamat Memori.....	9
Gambar 2. 4 Skema Mikrokotroller	10
Gambar 2. 5 Mikrokotroller	11
Gambar 2. 6 Arduino Uno.....	14
Gambar 2. 7 Tampilan Program Arduino	17
Gambar 2. 8 Konfigurasi Pin Arduino	19
Gambar 2. 9 Macam – Macam Sensor	20
Gambar 2. 10 Sensor Ultrasonik	22
Gambar 2. 11 Cara Kerja Sensor Ultrasonik.....	23
Gambar 2. 12 Bagian Sensor Ultrasonik.....	24
Gambar 2. 13 Motor Servo MG966R	25
Gambar 2. 14 Adaptor PS Arduino	26
Gambar 2. 15 Diagram 3 dimensi IoT	29
Gambar 2. 16 Diagram Arsitektur IoT	31
Gambar 2. 17 NodemCU.....	33
Gambar 2. 18 GPIO NodeMCU.....	34
Gambar 3. 1 Rangkaian Alat	37
Gambar 3. 2 Flowchart.....	38
Gambar 4. 1 Perangkaian dan Pembuatan Alat.....	43
Gambar 4. 2 Rangkaian Alat.....	44
Gambar 4. 3 Skematik Alat.....	45
Gambar 4. 4 Pembuatan Akrilik Alat.....	48
Gambar 4. 5 Pemrograman Alat	49
Gambar 4. 6 Keseluruhan Alat.....	54
Gambar 4.7 Testing Alat	55
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Debit Manual dan Sensor Debit.....	58
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Debit Manual dan Sensor Debit.....	58
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Debit Manual dan Sensor Debit 2.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Index Board Arduino	13
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian	35
Tabel 4. 1 Data Sensor Debit Air 1	57
Tabel 4. 2 Data Sensor Debit Air 2	59
Tabel 4. 3 Data Hubungan Air dan Sudut Servo.....	61
Tabel 4. 4 Respon Servo Terhadap Debit Sensor	63
Tabel 4. 5 Waktu Respon Sistem	65
Tabel 4. 6 Data Delay Komunikasi IoT MQTT	66

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagai sebuah negara yang masyarakatnya mayoritas bekerja sebagai petani, sektor pertanian merupakan komoditas utama untuk mendukung perekonomian Indonesia. Keberhasilan pertanian untuk mencapai hasil panen yang maksimal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bibit unggul, irigasi, cuaca, iklim dan musim. (Ulfah & Sulistya, 2015). Indonesia terdapat dua musim, yaitu musim kemarau dan hujan. Musim hujan memiliki curah hujan yang melimpah dibandingkan musim kemarau. Faktor tersebut dapat menimbulkan masalah seperti debit air pada saluran irigasi meningkat, sehingga air akan meluap ke jalanan. Masalah kekurangan atau kelebihan air akan menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh dan berproduksi secara optimum. Irigasi yang baik dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal. (Sirait et al., 2015).

Sistem irigasi yang baik adalah salah satu faktor penentu keberhasilan dalam pertanian dan budidaya tanaman diperlukan agar tidak mengganggu kehidupan tanaman..(Samsugi et al., 2020). Luapan air yang disebabkan saluran irigasi yang menggenang akan merusak pertumbuhan tanaman dan mengakibatkan air meluap ke jalanan umum, maka dengan ini diperlukan pintu air untuk mengendalikan debit air yang terdapat di saluran irigasi.

Pintu air pada pertanian tradisional masih dilakukan secara manual (Alel & Aswardi, 2020). Penulis mengubah mekanisme tersebut yang semula manual menjadi otomatis sepenuhnya, dengan dilengkapi Modul WiFi NodeMCU, motor servo, sensor ultrasonic, Arduino uno, pompa DC 5 volt, dan rele. Modul Wifi NodeMCU sendiri merupakan sebuah firmware interaktif berbasis LUA Espressif ESP8622 Wifi SoC, NodeMCU merupakan modul wifi yang serba bisa karena dilengkapi GPIO, ADC, UART dan PWM. (Fajar Wicaksono, 2017). Sebagai actuator, penulis menggunakan servo, sebuah motor dengan sistem closed feedback dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor

ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian control, motor servo ini digunakan untuk menggerakkan pintu air. (Nasution et al., 2016). Sementara untuk bagian sensor menggunakan sensor ultrasonik yang mana merupakan sebuah sensor yang memanfaatkan prinsip gelombang ultrasonic, Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Sensor ultrasonik biasanya digunakan untuk mengukur jarak suatu benda yang berada di hadapan sensor tersebut, adapun beberapa aplikasi dari sensor tersebut adalah sebagai pengukur level ketinggian dan volume air. (Arsada, 2017). Sebagai komponen yang memproses semua ini, penulis memutuskan untuk memakai program software Arduino dikarenakan dari tingkat keandalanya yang tinggi. Arduino Uno merupakan sebuah rangkaian yang dikembangkan dari mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 kaki digital input / output, dimana 6 kaki digital diantaranya dapat digunakan sebagai sinyal PWM (Pulse Width Modulation), sinyal PWM berfungsi untuk mengatur kecepatan perputaran motor (Silvia et al., 2014). Simulasi pada prototipe ini, penulis melengkapinya dengan sebuah pompa yang difungsikan sebagai pengganti laju aliran air. Pompa sendiri merupakan sebuah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi (Kusuma et al., 2020). Alat ini juga dilengkapi dengan sebuah relay agar dapat dikendalikan secara elektronik dan juga relay bisa digunakan sebagai saklar dengan arus besar tapi dikendalikan dengan mudah. (Wahyudi et al., 2019).

Berdasarkan uraian diatas, penulis telah membuat prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis yang bertujuan untuk mengatur posisi atau bukaan pintu aliran air secara otomatis. Cara kerja dari alat ini adalah membaca dan mengatur posisi bukaan pintu sesuai dengan jumlah debit air yang mengalir pada saat itu. Sistem untuk mendeteksi debit air telah berkembang seiring berjalannya waktu, seperti sistem pendeteksi ketinggian air interaktif dengan aplikasi telegram berbasis raspberry pi dilakukan oleh. (Mareta et al., 2017). Diharapkan masyarakat pun bisa memantau situasi di saluran irigasi tersebut secara langsung agar tidak terjadi luapan air.

1.2.Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana rancangan prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis?
2. Bagaimana tahapan pembuatan prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis?
3. Apakah prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis efektif digunakan.

1.3.Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan alat ini masih dalam bentuk prototipe
2. Bagaimana tahapan pembuatan prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis?
3. Sistem pengairan sawah berbasis IoT (Internet of Things) ini dapat dimonitoring dan dikontrol jika mikrokontroller dan smartphone memiliki koneksi jaringan yang baik

1.4.Tujuan Penelitian

1. Merancang prototype alat pintu irigasi sawah otomatis
2. Menganalisis waktu tunda (system delay) yang terjadi pada prototype alat pintu irigasi sawah otomatis
3. Menguji tingkat efektifitas prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis

1.5.Manfaat Penelitian

1. Sebagai ilmu pengetahuan tentang pentingnya pengontrolan terhadap air terutama pada air saluran irigasi persawahan
2. Sebagai informasi tentang sistem mikrokontroller berbasis internet of things
3. Implementasi alat ini dapat digunakan untuk mempermudah pekerjaan petani dan dapat meningkatkan hasil produktifitas padi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penggunaan pintu air merupakan salah satu upaya untuk mengatasi masalah luapan air dan salinitas tinggi pada lahan pertanian padi Daerah Aliran Sungai (DAS) air asin yang terjadi akibat tingginya curah hujan maupun pasang surut air laut. Tanaman padi termasuk tanaman yang tidak tahan terhadap salinitas tinggi. Maka dari itu, dibuat sistem kontrol pintu air yang dapat mengatur ketinggian dan salinitas air yang masuk ke saluran irigasi pertanian padi dengan tujuan agar ketinggian dan salinitas air yang masuk tetap pada kondisi yang optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Hardware yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air, sensor elektrode dan sensor LM35 untuk mengukur salinitas air, mikrokontroler ATmega 16 sebagai pengendali, dan motor DC sebagai aktuator. Software yang ditanam pada alat ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman BASIC. Prototype pintu air otomatis yang dibuat dikatakan sudah mampu menjaga ketinggian air di saluran pertanian padi, di mana hasil pengujian menunjukkan air pada saluran pertanian padi dipertahankan pada ketinggian 5 cm pada saat salinitas air yang terbaca maksimal berada pada level 3 dan dipertahankan pada ketinggian 2 cm pada saat salinitas air yang terbaca minimal berada pada level 4 (Tedy Rismawan, 2016).

Jagung merupakan salah satu komoditas pangan utama yang membutuhkan manajemen irigasi yang tepat untuk mencapai hasil produksi yang optimal. Pada umumnya sistem irigasi konvensional sering kurang efektif dalam memenuhi dan mengontrol kebutuhan air tanaman jagung secara optimal karena tidak dilengkapi dengan monitoring secara real-time khususnya pada lahan berpasir. Tanah berpasir dikenal memiliki kemampuan retensi air yang rendah, sehingga memerlukan manajemen irigasi yang presisi untuk memastikan ketersediaan air yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. Sistem irigasi presisi ini dilengkapi dengan sensor kelembapan

tanah (soil moisture sensor) yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk memantau tingkat kelembapan tanah di area penanaman jagung. Mikrokontroler ini akan memproses data sensor dan mengambil keputusan seberapa banyak air yang dibutuhkan oleh tanaman. Sistem ini akan diintegrasikan dengan platform IoT Blynk sebagai antarmuka pengguna melalui aplikasi smartphone. Melalui aplikasi ini, pengguna dapat memantau kondisi kelembapan tanah secara real-time sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi dalam proses irigasi presisi dan pemantauan tanaman jagung khususnya pada lahan berpasir. (Fitriyah et al., 2025)

2.2 Sistem Pengairan Sawah

Sistem merupakan suatu cara teknik dan metode yang dilakukan secara teratur. Pengairan adalah pemasokan atau pemberian air pada tanaman untuk memenuhi kebutuhan air tanaman untuk pertumbuhan. Sedangkan sawah adalah lahan pertanian yang memiliki permukaan rata dan dibatasi oleh pematang dan dapat ditanami padi, palawijaya, atau tanaman budidaya lainnya (Karismawati et al., 2019).

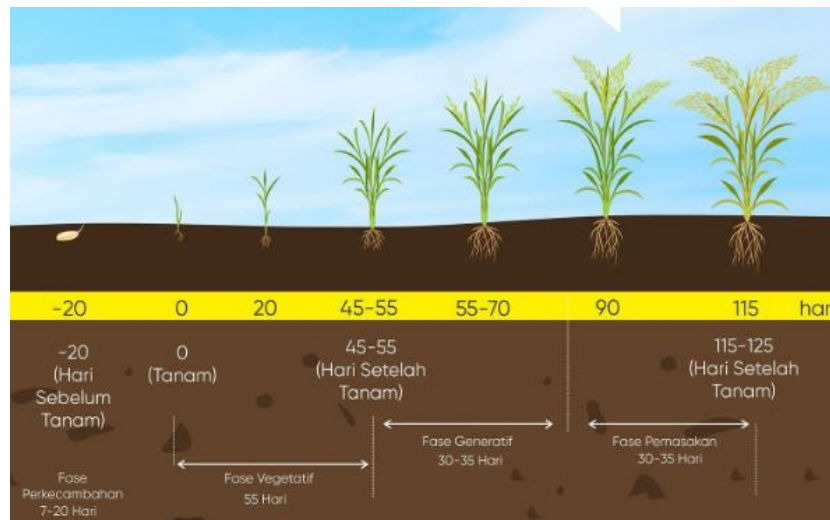
Menurut (Azkia riva, 2016) sistem pengairan sawah adalah proses yang terorganisir untuk memberi air pada kebutuhan tanaman menggunakan air yang memenuhi standar pada waktu, cara, dan jumlah yang tepat untuk perakaran tanaman sawah.



Gambar 2. 1 Tanaman padi di Sawah

Sistem pengairan sawah yang dimaksud pada penelitian ini adalah suatu alat yang dirancang untuk mengatur dan memanfaatkan air yang bersumber saluran air (sungai) yang bekerja dengan buka tutup pintu air menggunakan motor servo sehingga pengairan sawah dapat terealisasi dengan baik dan membantu produktifitas tanaman padi.

Sawah adalah lahan pertanian yang memiliki permukaan rata dan dibatasi oleh pematang dan dapat ditanami padi, palawijaya, atau tanaman budidaya lainnya (Widiastuti, 2017). Pada pertumbuhannya ada dua tahap pertumbuhan pada padi yaitu fase vegetatif dan regeneratif. Fase vegetatif adalah perkembangan batang, akar, dan daun baru di awal pertumbuhan. Sedangkan fase regeneratif dibagi menjadi 2 kategori yaitu: fase perkembangan dan pematangan. Dalam setiap fase tingkat kebutuhan air berbeda-beda yaitu, termasuk pembentukan anakan aktif, pembentukan anakan maksimum, pembentukan malai, bunting, dan pembungaan. Jika tanaman lebih tua, maka tingkat kebutuhan air tersebut lebih banyak atau genangan ketinggian air akan semakin tinggi (Gres Amole Yulianus et al., 2020). Oleh karena itu penulis memberikan nilai ketinggian berdasarkan fase pertumbuhan tanaman berdasarkan gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 Fase Pertumbuhan Padi

Menurut (Gres Amole Yulianus et al., 2020) adapun untuk fase pertumbuhan tanaman padi ini, penulis memberikan tingkat kebutuhan air sebagai berikut :

- Usia 0 – 20 hari Setelah tanam, fase awal adalah mengisi petak sawah dengan air ketinggian 2 cm di atas permukaan tanah.
- Usia 45 – 50 hari setelah tanam, fase anakan aktif terjadi hingga pembentukan malai dan ketinggian air harus 5 cm di atas permukaan tanah untuk pengisian petak lahan sawah.
- Usia 75 – 100 hari Setelah tanam, fase pematangan terjadi, di mana air diberi ketinggian 10 cm di atas permukaan tanah untuk mengisi petak sawah.
- Pada usia 10 hari sebelum panen, lahan akan dikeringkan. Ini dilakukan dengan menetapkan titik ketinggian air yaitu 2 cm di atas permukaan tanah.

2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah system komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut single chip microcomputer. Mikrokontroler merupakan system computer yang mempunyai satu

atau beberapa tugas yang sangat spesifik (Chamim, 2010). Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya adalah:

- a. Pemroses (processor)
- b. Memori,
- c. Input dan output Kadangkala

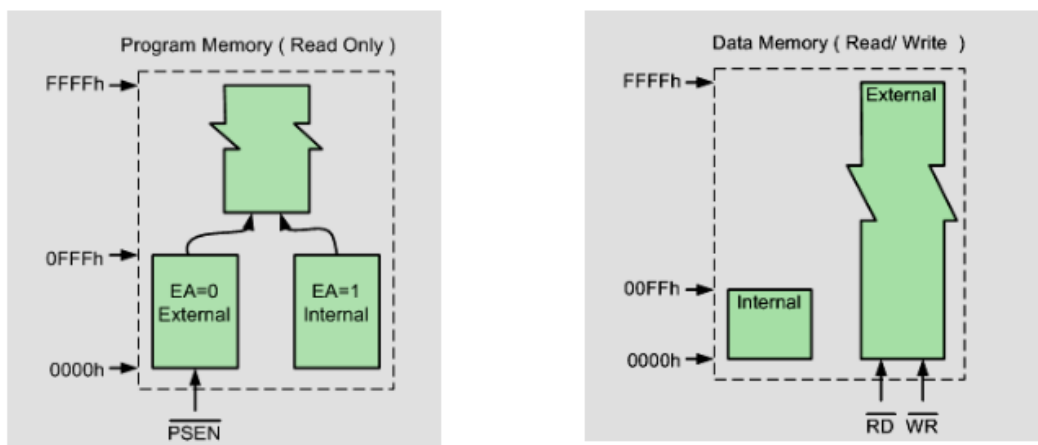
Kadangkala pada microcontroller ini beberapa chip digabungkan dalam satu papan rangkaian. Perangkat ini sangat ideal untuk mengerjakan sesuatu yang bersifat khusus, sehingga aplikasi yang diisikan ke dalam komputer ini adalah aplikasi yang bersifat dedicated. Jika dilihat dari harga, microcontroller ini harga umumnya lebih murah dibandingkan dengan komputer lainnya, karena perangkatnya relatif sederhana.

Microcontroller telah banyak digunakan di industri, walaupun penggunaannya masih kurang dibandingkan dengan penggunaan Programmable Logic Control (PLC), tetapi microcontroller memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan PLC. Ukuran microcontroller lebih kecil dibandingkan dengan suatu modul PLC sehingga peletakkannya dapat lebih flexible. Microcontroller telah banyak digunakan pada berbagai macam peralatan rumah tangga seperti mesin cuci. Sebagai pengendali sederhana, microcontroller telah banyak digunakan dalam dunia medik, pengaturan lalu lintas, dan masih banyak lagi. Contoh alat ini diantaranya adalah komputer yang digunakan pada mobil untuk mengatur kestabilan mesin, alat untuk pengatur lampu lalu lintas.

Secara teknis hanya ada 2 mikrokontroler yaitu RISC dan CISC, dan Masing - masing mempunyai keturunan/keluarga sendiri - sendiri. RISC kependekan dari Reduced Instruction Set Computer : instruksi terbatas tapi memiliki fasilitas yang lebih banyak CISC kependekan dari Complex Instruction Set Computer : instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. Tentang jenisnya banyak sekali ada keluarga Motorola dengan seri 68, keluarga MCS51 yang diproduksi Atmel, Philip, Dallas, keluarga PIC dari Microchip, Renesas, Zilog. Masing - masing keluarga juga masih terbagi lagi dalam beberapa tipe. Jadi sulit sekali untuk menghitung jumlah mikrokontroler. Yang perlu diketahui antara satu orang dengan orang lain akan berbedadalam hal kemudahan dalam mempelajari. Jika Anda terbiasa dengan bahasa

pemrograman BASIC Anda bisa menggunakan mikrokontroler BASIC Stamp, jika Anda terbiasa dengan bahasa pemrograman JAVA Anda bisa menggunakan Jstamp, jika Anda terbiasa dengan bahasa pemrograman C++ bisa Anda manfaatkan untuk keluarga MCS51 dan masih banyak lagi.

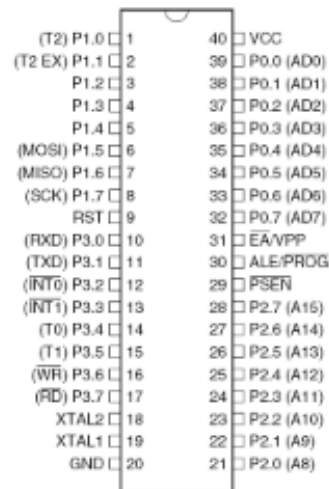
Mikrokontroler mempunyai ruang alamat tersendiri yang disebut memori. Memori dalam mikrokontroler terdiri atas memori program dan memori data dimana keduanya terpisah, yang memungkinkan pengaksesan data memori dan pengalamatan 8 bit, sehingga dapat langsung disimpan dan dimanipulasi oleh mikrokontroler dengan kapasitas akses 8 bit. Program memori tersebut bersifat hanya dapat dibaca (ROM/EPROM). Sedangkan untuk data memori kita dapat menggunakan memori eksternal (RAM).



Gambar 2. 3 Ruang Alamat Memori

(Sumber : Chanim, 2010)

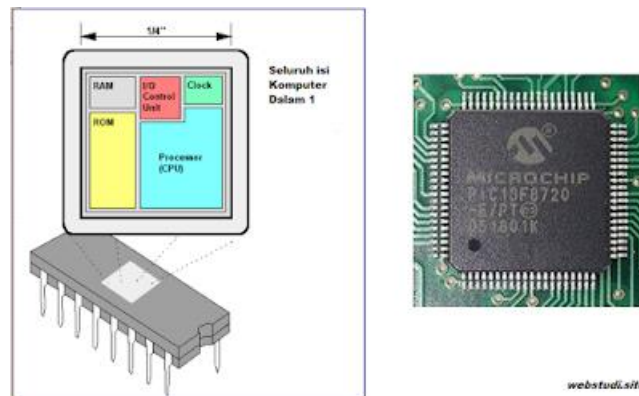
Di dalam mikrokontroler terdapat register - register yang memiliki fungsi yang khusus (Special Function Register). Sebagai contoh, untuk keluarga MCS-51 memiliki SFR dengan alamat 80H sampai FFH. Skema dari sebuah mikrokontroler dapat dilihat dari contoh berikut :



Gambar 2. 4 Skema Miktrokontroller

(Sumber : Chanim, 2010)

Mikrokontroler adalah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah Integrated Circuit (IC). Dimana didalam IC terdapat komponen-komponen penting yang ada pada komputer pada umumnya seperti komputer Central Processing Unit (CPU), RAM, ROM, Port IO. Berbeda dengan PC yang umumnya dirancang untuk digunakan secara umum, mikrokontroler sendiri biasanya dirancang hanya untuk mengerjakan tugas atau fungsi yang khusus saja (special purpose) yaitu mengontrol sistem tertentu.



Gambar 2. 5 Mikrokontroller

(Sumber : Chanim, 2010)

Orang-orang juga menyebut Mikrokontroler sebagai Embedded Mikrokontroler, hal ini tidak terlepas dari posisi mikrokontroler yang embedded system atau menjadi satu bagian dengan perangkat sistem atau suatu sistem yang lebih besar. Secara sederhana Mikrokontroler dapat diartikan sebagai suatu sistem komputer yang dikemas dalam IC, dimana sebelum digunakan harus diisi suatu program atau perintah terlebih dahulu sehingga mikrokontroler hanya dapat berjalan bila telah diisi suatu perintah atau program terlebih dahulu.

Suatu peralatan atau perangkat elektronik tentunya memiliki ciri khas tertentu yang membedakannya dengan perangkat lain. Adapun cirrikhas mikrtokontroller adalah :

- Kemampuan CPU Yang Tidak Terlalu Tinggi Berbeda dengan CPU, umumnya mikrokontroler sederhana hanya dapat melakukan atau memproses beberapa perintah saja, meskipun saat ini telah banyak dibuat mikrokontroler dengan spesifikasi yang lebih canggih tapi tentunya belum dapat menyamai kemampuan CPU dalam memproses data dari perangkat lunak.
- Mikrokontroler Memiliki Memori Internal Yang Kecil Tentu bagi Anda yang sering melihat mikrokontroler, maka dapat melihat jumlah memori internal dari

mikrokontroler terbilang kecil. Umumnya sebuah mikrokontroler hanya berisikan ukuran Bit, Byte atau Kilobyte.

- Mikrokontroler dibekali Memori Non-Volatile Dengan adanya memori non-volatile pada mikrokontroler maka perintah yang telah dibuat dapat dihapus ataupun dibuat ulang, selain itu dengan penggunaan memori non-volatile maka memungkinkan data yang telah disimpan dalam mikrokontroler tidak akan hilang meskipun tidak disuplai oleh power supply (Catu daya).
- Perintah Relatif Sederhana Dengan kemampuan CPU yang tidak terlalu tinggi maka berimbas pada kemampuan dalam melakukan pemrosesan data yang tidak tinggi pula. Meskipun begitu, mikrokontroler terus dikembangkan menjadi canggih contohnya mikrokontroler yang digunakan untuk melakukan pengolahan sinyal dan sebagainya.

Program/Perintah Berhubungan Langsung Dengan Port I/O , Salah satu komponen utama mikrokontroler adalah Port I/O, Port input maupun output I/O memiliki fungsi utama sebagai jalan komunikasi. Sederhanya Port I/O membangun komunikasi antara piranti masukan dan piranti keluaran

2.3.1 Arduino

Menurut (Kadir, 2013) Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* dalam arduino memiliki prosesor Atmel AVR dan menggunakan *software* dan bahasa sendiri.

Hardware dalam arduino memiliki beberapa jenis, yang mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam setiap papannya. Penggunaan jenis arduino disesuaikan dengan kebutuhan, hal ini yang akan mempengaruhi dari jenis prosesor yang digunakan. Jika semakin kompleks perancangan dan program yang dibuat, maka harus sesuai pula jenis kontroler yang digunakan. Yang membedakan antara arduino yang satu dengan yang lainnya adalah penambahan fungsi dalam setiap boardnya dan jenis mikrokontroler

yang digunakan. Dalam tugas akhir ini, jenis arduino yang digunakan adalah arduino uno.

Menurut (Kadir, 2013) Arduino Uno adalah salah satu produk berlabel arduino yang sebenarnya adalah suatu papan elektronik yang mengandung mikrokontroler ATmega328 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Piranti ini dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan rangkaian elektronik dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pengendalian LED hingga pengontrolan robot dapat diimplementasikan dengan menggunakan papan berukuran relatif kecil ini. Bahkan dengan penambahan komponen tertentu, piranti ini bisa dipakai untuk pemantauan kondisi pasien di rumah sakit dan pengendalian alat-alat di rumah. (Sumber: B. Gustomo, 2015)

Tabel 2. 1 Index Board ArduinoIndex Board Arduino

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Pengoprasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7 – 12 V
Batas tegangan input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 diantaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32KB (Atmega328), sekitar 0,5KB digunakan oleh bootloader
SRAM	2KB (Atmega328)
EEPROM	1KB (Atmega328)
Clock Speed	16Mhz

(Kadir, 2013)



Gambar 2. 6 Arduino Uno

(Kadir, 2013)

Hardware arduino uno memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. 14 pin *IO Digital* (pin 0–13) Sejumlah pin digital dengan nomor 0–13 yang dapat dijadikan *input* atau *output* yang diatur dengan cara membuat program IDE.
- b. 6 pin Input Analog (pin 0–5) Sejumlah pin analog bernomor 0–5 yang dapat digunakan untuk membaca nilai input yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam angka antara 0 dan 1023.
- c. 6 pin Output Analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11) Sejumlah pin yang sebenarnya merupakan pin digital tetapi sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB port pada komputer dengan menggunakan USB charger atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC adapter dengan tegangan 9 volt. Jika tidak terdapat power supply yang melalui AC adapter, maka papan Arduino akan mengambil daya dari USB port. Tetapi apabila diberikan daya melalui AC adapter secara bersamaan dengan USB port maka papan Arduino akan mengambil daya melalui AC adapter secara otomatis.

Arduino Uno merupakan salah satu *board* dari keluarga Arduino. Ada beberapa macam arduino bard seperti Arduino Nano, Arduino Pro Mini, Arduino Mega, Arduino

Yun, dll. Namun yang paling populer adalah Arduino Uno. **Arduino Uno R3** adalah seri terakhir dan terbaru dari seri Arduino USB. Modul ini sudah dilengkapi dengan berbagai hal yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler untuk bekerja, tinggal colokkan ke power supply atau sambungkan melalui kabel USB ke PC, Arduino Uno ini sudah siap bekerja. Arduino Uno board memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 analog input, sebuah resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, colokan power input, *ICSP header*, dan sebuah tombol reset.

Berikut spesifikasi teknis dari Arduino Uno R3 board

- a) Mikrokontroler ATmega328
- b) Catu Daya 5V
- c) Tegangan Input (rekomendasi) 7-12V
- d) Tegangan Input (batasan) 6-20V
- e) Pin *I/O Digital* 14 (dengan 6 PWM output)
- f) Pin Input Analog 6
- g) Arus DC per Pin I/O 40 mA
- h) Arus DC per Pin I/O untuk PIN 3.3V 50 mA
- i) Flash Memory 32 KB (ATmega328) dimana 0.5 KB digunakan oleh *bootloader*
- j) SRAM 2 KB (ATmega328)
- k) EEPROM 1 KB (ATmega328)
- l) *Clock Speed* 16 MHz

Sebagaimana kita ketahui, dengan sebuah mikrokontroler kita dapat membuat program untuk mengendalikan berbagai komponen elektronika. Dan fungsi Arduino Uno ini dibuat untuk memudahkan kita dalam melakukan prototyping, memprogram mikrokontroler, membuat alat-alat canggih berbasis mikrokontroler. Memprogram Arduino sangat mudah, karena sudah menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi C++ yang mudah untuk dipelajari dan sudah didukung oleh library yang lengkap.

Arduino Uno board didukung oleh software Arduino IDE (Integrated Development Environment). Dengan Arduino IDE inilah kita melakukan

pemrograman, melakukan kompilasi program, debugging dan proses download ke Arduino boardnya. Dengan sekali klik, program yang sudah kita buat langsung tercompile dan terdownload ke mikrokontroler yang ada di Arduino Board. Dan Arduino akan langsung bekerja sesuai dengan program yang keinginan kita. Ada banyak sekali yang bisa dibuat dengan mudah dengan Arduino :

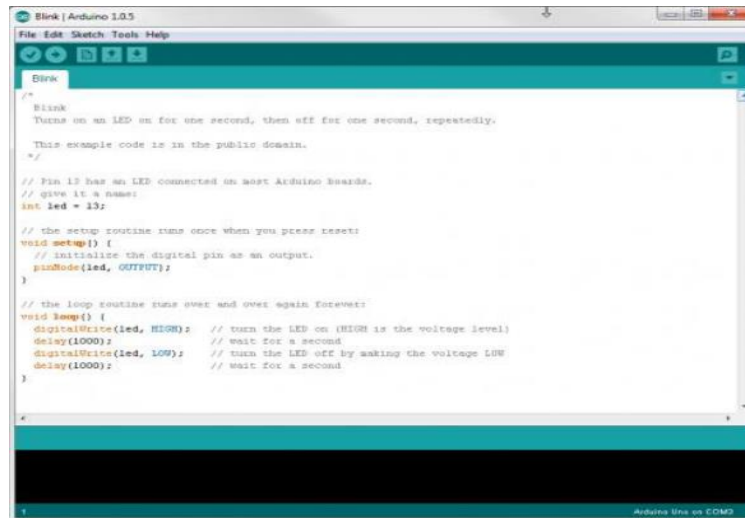
- a) Lampu flip-flop, lampu Lalu-lintas
- b) Robot pintar; line follower, maze solver, pencari api, dll
- c) Mengontrol motor stepper,
- d) Mendeteksi suhu dan mengatur suhu ruang,
- e) Jam digital
- f) Timer alarm
- g) display LCD, dan masih banyak lagi contoh yang lainnya.

Arduino Uno dan ekosistemnya punya kelebihan-kelebihan yang membuat hobi elektronika menjadi lebih mudah dan menyenangkan, antara lain:

1. Pengembangan project mikrokontroler akan menjadi lebih dan menyenangkan. tinggal colok ke USB, dan tidak perlu membuat downloader untuk mendownload program yang telah kita buat.
2. Didukung oleh Arduino IDE, bahasa pemrograman yang sudah cukup lengkap librarynya.
3. Terdapat modul yang siap pakai/shield yang bisa langsung dipasang pada board Arduino
4. Dukungan dokumentasi yang bagus dan komunitas yang solid

Software arduino yang digunakan adalah driver dan IDE, walaupun masih ada beberapa software lain yang sangat berguna selama pengembangan arduino. Integrated Development Environment (IDE), suatu program khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan software yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE arduino terdiri dari :

1. Editor Program Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
2. Compiler Berfungsi untuk kompilasi sketch tanpa unggah ke board bisa dipakai untuk pengecekan kesalahan kode sintaks sketch. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *processing*.
3. Uploader Berfungsi untuk mengunggah hasil kompilasi sketch ke board target. Pesan error akan terlihat jika board belum terpasang atau alamat port COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan arduino



```

Blink | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help

Blink
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}

```

Gambar 2. 7. Tampilan Program Arduino

(Kadir, 2013)

Kode Program Arduino biasa disebut sketch dan dibuat menggunakan bahasa pemrograman C. Program atau sketch yang sudah selesai ditulis di Arduino IDE bisa langsung dicompile dan diupload ke Arduino Board. Secara sederhana, sketch dalam Arduino dikelompokkan menjadi 3 blok (lihat gambar di atas):

1. *Header*
2. *Setup*
3. *Loop*

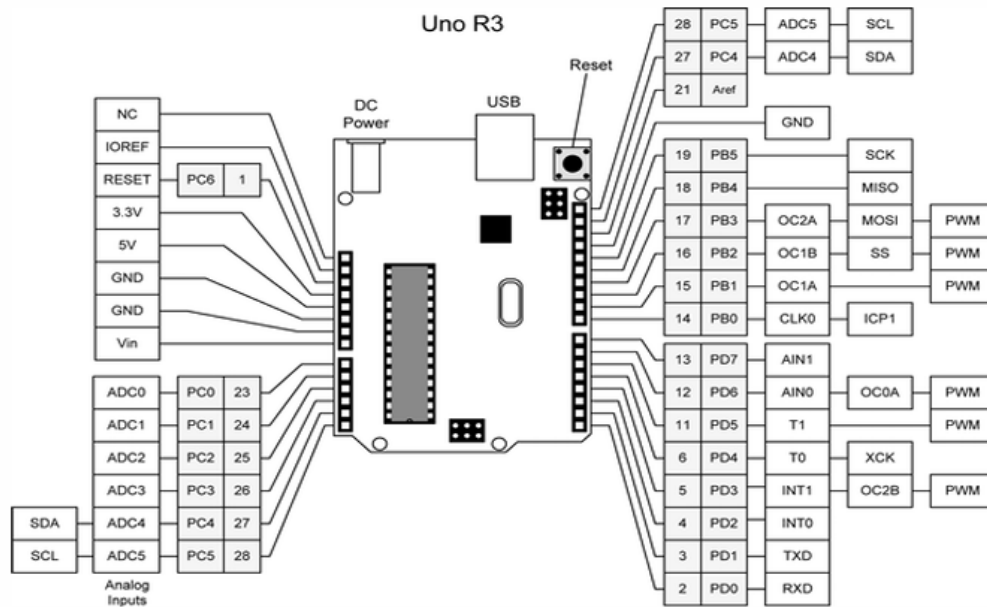
2.3.2 Input/Output Arduino

Pin input dan output arduino uno berjumlah 14 pin dan dapat dioperasikan menggunakan command `pinMode()`; `digitalWrite()`; dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi pada tegangan 5V. Setiap pin dapat menerima arus maksimum sebesar 40mA serta memiliki sebuah resistor pullup sebesar 20-50 K Ω . Selain itu beberapa pin dari arduino uno juga memiliki fungsi dan fitur spesial lainnya seperti:

- a. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX), yang digunakan untuk menerima (RX) memancarkan (TX) data serial TTL (Transistor-Transistor Logic). Kedua pin ini dihubungkan menuju pin-pin yang sesuai pada chip serial AT-mega 8U2 atau 16U2 USB ke TTL.
- b. External Interrupts: 2 dan 3, pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interrupts (gangguan) pada sebuah parameter, baik itu berupa kenaikan atau penurunan yang besar, atau terhadap suatu perubahan nilai tertentu.
- c. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11, memberikan fungsi pulse width modulation sebesar 8 bit output dengan command `analogWrite()`;
- d. SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK), pin-pin ini berfungsi sebagai serial komunikasi SPI menggunakan library SPI pada software arduino IDE.
- e. LED 13, adalah sebuah led tipe SMD yang terhubung ke pin digital 13 yang apabila diberikan command HIGH LED led menyala dan apabila diberikan command LOW LED led akan mati.
- f. TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL, yaitu pin yang mendukung fitur komunikasi TWI dengan menggunakan wire library.
- g. AREF, yaitu pin referensi tegangan untuk input berupa analog, dapat dipanggil menggunakan command `analogReference()`.
- h. RESET, yaitu sebuah pin dengan fungsi untuk mereset mikrokontroler ketika terjadi error atau untuk memblok sesuatu pada mikrokontroler.

Arduino uno memiliki sejumlah fitur untuk komunikasi dengan sebuah komputer, arduino lainnya, atau bahkan kepada mikrokontroler lainnya. AT-mega 328

menyediakan fasilitas komunikasi serial UART TTL, yang terkonfigurasi pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Terdapat sebuah chip AT-mega 16U2 pada channel board serial untuk membuat sebuah port virtual lalu mengkoneksikan board arduino terhadap komputer. Untuk firmware 16U2 tidaklah dibutuhkan karena merupakan driver USB COM standar pada sistem operasi komputer.



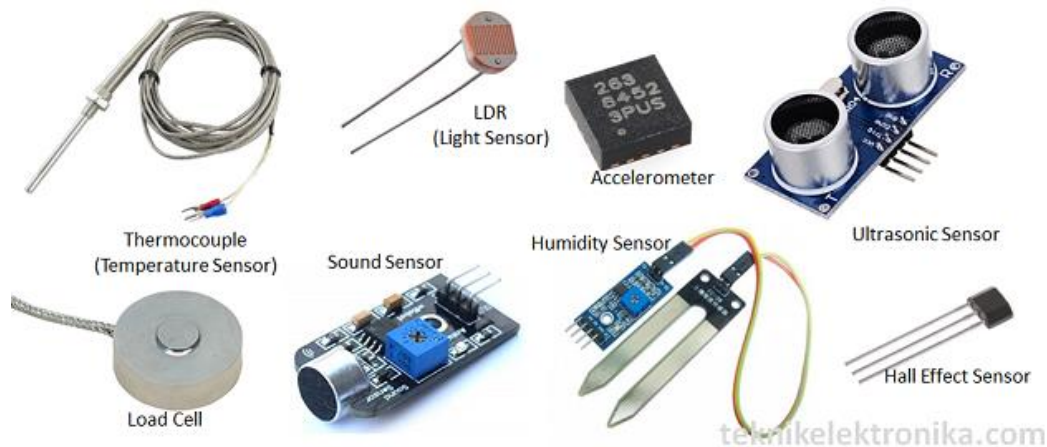
Gambar 2. 8 Konfigurasi Pin Arduino

Di dalam software arduino IDE terdapat sebuah serial monitor yang memungkinkan data tekstual terkirim ke board dan dari board arduino. Indikator berupa led TX dan RX akan menyala ketika data ditransmisikan melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB pada komputer (kecuali komunikasi serial pada pin 0 dan pin 1). Library software communication serial sangatlah diperlukan untuk menjalankan komunikasi serial pada beberapa pin digital arduino seperti jalur komunikasi I2C (TWI) dan SPI.

2.4 Sensor

Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik seperti tekanan, gaya, besaran listrik, cahaya, gerakan, kelembaban, suhu, kecepatan dan fenomena-fenomena lingkungan lainnya. Setelah mengamati terjadinya perubahan, Input yang terdeteksi tersebut akan dikonversi mejadi Output yang dapat dimengerti oleh manusia baik melalui perangkat sensor itu sendiri ataupun ditransmisikan secara elektronik melalui jaringan untuk ditampilkan atau diolah menjadi informasi yang bermanfaat bagi penggunanya.

Sensor pada dasarnya dapat digolong sebagai Transduser Input karena dapat mengubah energi fisik seperti cahaya, tekanan, gerakan, suhu atau energi fisik lainnya menjadi sinyal listrik ataupun resistansi (yang kemudian dikonversikan lagi ke tegangan atau sinyal listrik).



Gambar 2. 9 Macam – Macam Sensor
(Ratnasari & Senen, 2017)

Sensor-sensor yang digunakan pada perangkat elektronik pada dasarnya dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama yaitu :

1. Sensor Pasif dan Sensor Aktif
2. Sensor Analog dan Sensor Digital

Sensor Pasif adalah jenis sensor yang dapat menghasilkan sinyal output tanpa memerlukan pasokan listrik dari eksternal. Contohnya Termokopel (*Thermocouple*) yang menghasilkan nilai tegangan sesuai dengan panas atau suhu yang diterimanya sedangkan sensor aktif adalah jenis sensor yang membutuhkan sumber daya eksternal untuk dapat beroperasi. Sifat fisik Sensor Aktif bervariasi sehubungan dengan efek eksternal yang diberikannya. Sensor Aktif ini disebut juga dengan Sensor Pembangkit Otomatis (*Self Generating Sensors*).

Sensor Analog adalah sensor yang menghasilkan sinyal output yang kontinu atau berkelanjutan. Sinyal keluaran kontinu yang dihasilkan oleh sensor analog ini sebanding dengan pengukuran. Berbagai parameter Analog ini diantaranya adalah suhu, tegangan, tekanan, pergerakan dan lain-lainnya. Contoh Sensor Analog ini diantaranya adalah akselerometer (accelerometer), sensor kecepatan, sensor tekanan, sensor cahaya dan sensor suhu. Sedangkan sensor digital Sensor Digital adalah sensor yang menghasilkan sinyal keluaran diskrit. Sinyal diskrit akan non-kontinu dengan waktu dan dapat direpresentasikan dalam “bit”. Sebuah sensor digital biasanya terdiri dari sensor, kabel dan pemancar. Sinyal yang diukur akan diwakili dalam format digital. Output digital dapat dalam bentuk Logika 1 atau logika 0 (ON atau OFF). Sinyal fisik yang diterimanya akan dikonversi menjadi sinyal digital di dalam sensor itu sendiri tanpa komponen eksternal. Kabel digunakan untuk transmisi jarak jauh. Contoh Sensor Digital ini diantaranya adalah akselerometer digital (digital accelerometer), sensor kecepatan digital, sensor tekanan digital, sensor cahaya digital dan sensor suhu digital.

2.4.1 Sensor Ultra Sonic

Sensor ultrasonik adalah jenis sensor yang dapat mengubah besaran fisis dari bunyi menjadi listrik atau sebaliknya. Prinsip kerja sensor ini adalah pemantulan gelombang suara; itu menghasilkan gelombang suara dan kemudian menangkapnya kembali dengan waktu yang berbeda. Perbedaan antara waktu yang dipancarkan dan

diterima kembali sebanding dengan jarak objek yang memantulkannya (García Reyes, 2013).

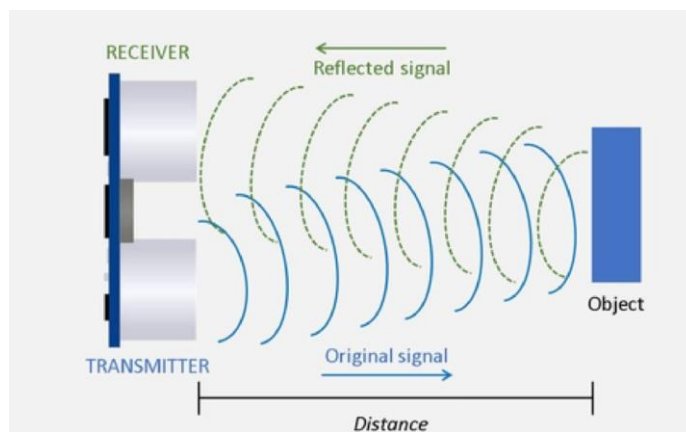
Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Safii et al., 2022) dengan judul Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Telegram Bot Berbasis NODEMCU ESP8266, bahwa sensor ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur jarak permukaan air dengan cara transmiter memancarkan gelombang ke permukaan air sehingga gelombang tersebut terpantul dan receiver akan menangkap kembali gelombang yang dipantulkan. Setelah gelombang pantul mencapai penerima, sinyalnya akan diproses untuk menghitung jarak benda. Perancangan alat ini menggunakan sensor ultrasonik untuk membantu proses mendeteksi ketinggian air sawah. Adapun alasan menggunakan sensor ultrasonik ini dari pada water level sensor yaitu karena sensor ini mampu mendeteksi objek lebih jauh sampai 400 cm (4m). Sedangkan water level sensor hanya mampu mendeteksi ketinggian air maksimal 7 cm dari permukaan air. Jenis sensor yang digunakan pada rancang bangun alat ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04.



Gambar 2. 10 Sensor Ultrasonik

Prinsip kerja sensor ultrasonik adalah bahwa sensor tersebut dapat menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu melalui pantulan gelombang bunyi. Karena menggunakan gelombang ultrasonik untuk beroperasi, sensor ini disebut sebagai sensor ultrasonik. Gelombang bunyi yang sangat tinggi dengan frekuensi 20 kHz disebut gelombang ultrasonik yang tidak dapat didengar oleh manusia. Sensor ultrasonik bermanfaat dalam hampir semua bidang. Sebuah alat yang disebut

piezoelektrik menghasilkan gelombang ultrasonik pada sensor ultrasonik dengan frekuensi tertentu. Ketika sensor diberi tegangan listrik, piezoelektriknya akan mengeluarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sekitar 40 kHz. Saat sebuah osilator diterapkan pada objek tersebut, gelombang ini akan ditransmisikan. Alat ini biasanya menembakkan gelombang ultrasonik ke area tertentu. Saat gelombang menyentuh permukaan atau area target, maka target akan memantulkan gelombang. Sensor akan menangkap gelombang pantulan dari target dan kemudian menghitung waktu yang dibutuhkan untuk mengirim dan menerima gelombang.



Gambar 2. 11 Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Secara lebih khusus, fungsi sensor ultrasonik dimulai dengan memancarkan sinyal atau gelombang ultrasonik dengan frekuensi dan waktu tertentu. Sinyal ini memiliki frekuensi di atas 20 kHz, dan jarak frekuensi yang biasa digunakan untuk benda adalah 40 kHz. Sinyal yang dipancarkan dapat merambat dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Jika gelombang atau sinyal menumbur suatu benda, benda tersebut akan memantulkan sinyal tersebut. Setelah gelombang pantulan tiba di perangkat penerima, sinyal tersebut diproses untuk menghitung jarak objek dari perangkat tersebut. (Widharma, 2020).

Menurut (Perdana & Wellem, 2023) Sensor ultrasonik terdiri dari beberapa komponen penting yang berfungsi sebagai komponen utama. Beberapa komponen utama tersebut adalah piezoelektrik, transmitter, dan penerima.

Berikut merupakan gambar dari bagian-bagian sensor ultrasonik :



Gambar 2. 12 Bagian Sensor Ultrasonik

Berikut ini merupakan penjelasan bagian-bagian sensor ultrasonik tersebut: 1. Pin VCC sebagai pin masukan tegangan. 2. Pin GND sebagai grounding. 3. Pin trigger untuk trigger keluarnya sinyal. 4. Pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda. 5. Piezoelektrik berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang menghasilkan gelombang elektronik maupun sebaliknya. 6. Transmitter berfungsi untuk memancarkan gelombang ultrasonik yang dihasilkan oleh piezoelektrik ke objek yang ingin diukur jaraknya. 7. Receiver berfungsi untuk menerima pantulan gelombang ultrasonik dari objek.

2.5 Motor Servo MG966R

Menurut (Alfarisi, 2020) motor servo merupakan motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena internal gearnya. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo

diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Motor servo tampak seperti gambar berikut ini.



Gambar 2. 13 Motor Servo MG966R

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Lebih dalam dapat digambarkan bahwa sebuah motor servo memiliki:

- 3 jalur kabel : power, ground, dan control
- Sinyal control mengendalikan posisi
- Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.
- Konstruksi didalamnya meliputi internal gear, potensiometer, dan feedback control.

Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM). Lebar pulsa sinyal yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90° . Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan

tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka motor servo akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya (rating torsi servo). Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya (Hilal & Manan, 2015).

2.6 Power Suply Arduino

Arduino uno untuk supply daya dapat melalui koneksi jalur USB atau dengan sebuah power supply eksternal, sumber daya tersebut dapat dipilih secara otomatis oleh board arduino.



Gambar 2. 14 Adaptor PS Arduino

Supply eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat langsung dihubungkan dengan memasukkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke port power jack dari board arduino. Apabila menggunakan catu daya berupa battery maka dapat langsung menyambungkan ke port arduino pin ground (GND) dan pin power (Vin).

Board arduino uno beroperasi pada catu daya eksternal 6-12 V. Jika supply yang diberikan kurang dari 5 V maka dapat dipastikan arduino uno menjadi tidak stabil, dan apabila menggunakan catu daya lebih dari 12 V, dapat memungkinkan IC voltage regulator menjadi kelebihan panas dan dapat membahayakan board arduino itu sendiri. Range catu daya yang direkomendasikan adalah antara 6-12 Volt DC. Berikut adalah konfigurasi pin daya arduino uno R3:

- a. Pin Vin, yaitu port input arduino yang digunakan untuk mensuplai daya ke board arduino baik itu menggunakan sumber eksternal seperti baterai atau USB.
- b. Pin 5V, pin output ini merupakan tegangan 5 volt yang diatur dari regulator pada board arduino. Board arduino juga dapat disuplai dengan salah satu suplai DC power jack (7-12V), USB connector (5V), atau pin Vin dari board. Memberikan suplai tegangan pada pin 5V atau 3,3V sangat tidak dianjurkan karena akan merusak board arduino.
- c. Pin 3,3V merupakan sebuah suplai tegangan 3,3V yang dihasilkan oleh IC voltage regulator untuk keperluan tertentu. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50mA.

GND, merupakan pin ground dari board arduino uno

2.7 Internet of Things

Internet of Things, atau IoT, adalah teknologi internet masa depan yang menjanjikan. Internet of Things (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan sensor, aktuator, dan objek sehari-hari yang digunakan dalam perawatan kesehatan, transportasi, dan militer. Segala sesuatu di sekitar kita terhubung dengan internet melalui IoT (Sarhan, 2018: 40).

(Mudjanarko, 2017 :151) berpendapat bahwa definisi yang berbeda dari Internet of Things (IoT) adalah konsep atau skenario di mana suatu objek dapat mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi antara manusia atau komputer.

Internet, sistem elektromekanis mikro (MEMS), dan teknologi nirkabel semuanya bersatu untuk membentuk Internet of Things. Dalam konteks Internet of

Things, "benda" dapat merujuk ke subjek seperti orang dengan monitor untuk implan jantungnya, hewan ternak dengan transponder biochip, atau mobil dengan sensor bawaan untuk memberi tahu pengemudi saat tekanan ban rendah. Komunikasi mesin-ke-mesin (M2M) di bidang manufaktur, listrik, minyak, dan gas adalah area di mana IoT saat ini paling erat terkait. Sistem "pintar" sering digunakan untuk merujuk pada produk yang memiliki kemampuan komunikasi M2M. (contoh: smart grid sensor, smart meter, dan smart label).

IoT telah dikembangkan selama beberapa dekade, terlepas dari kenyataan bahwa ide tersebut baru populer pada tahun 1999. Mesin Coke di Universitas Carnegie Mellon pada awal 1980-an adalah alat IoT pertama. Pemrogram tidak perlu pergi ke mesin untuk memeriksa status, memeriksa apakah minuman dingin sedang menunggu mereka, atau terhubung ke mesin melalui Internet. Dalam presentasi yang diberikan pada tahun 1999 oleh Kevin Ashton, salah satu pendiri dan direktur eksekutif Auto-ID Center di MIT, istilah IoT (Internet of Things) pertama kali digunakan.

Merek terkenal LG mengumumkan pada tahun 2000 akan mengembangkan dan merilis teknologi IoT, khususnya smart wardrobe. Lemari pintar ini dapat menentukan apakah stok makanan perlu diisi ulang. Melalui Program Savi, pada tahun 2003, FRID yang disebutkan sebelumnya mulai menonjol di era perkembangan teknologi Amerika. Walmart, peritel terbesar di dunia, mulai menggunakan RFID di semua tokonya di seluruh dunia pada tahun yang sama. Pada tahun 2005, media terkenal seperti The Guardian dan Boston Globe mulai mengutip berbagai artikel ilmiah dan proses pengembangan IoT, yang menyebabkan peningkatan popularitas IoT. Untuk memasarkan penggunaan IP dalam jaringan untuk "Smart Objects", yang juga bertujuan untuk mengaktifkan IoT itu sendiri, sejumlah bisnis sepakat untuk meluncurkan IPSO (IPSO). (Zainab, et al., 2015: 38).

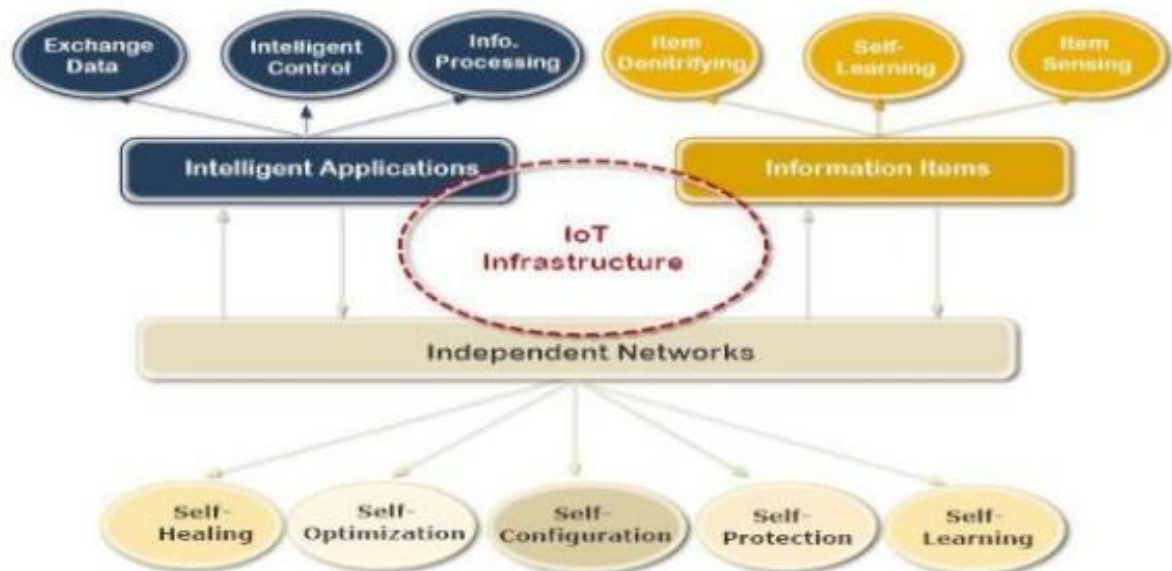
2.7.1 Desain dan Arsitektur IoT

Sistem IoT yang baik dibangun di atas dasar desain arsitektur yang baik. Di lingkungan IoT, skalabilitas, perutean, jaringan, dan masalah lainnya semuanya dapat

diselesaikan dengan arsitektur yang baik. Huansheng (dalam Zainab, et al., 2015: 38) Biasanya, pendekatan arsitektur IoT berdasarkan tiga dimensi utama adalah :

- a) Item informasi : termasuk semua item yang terhubung ke lingkungan IoT mungkin merasakan item, mengidentifikasi item dan item kontrol.
- b) Jaringan independen : yang mencakup beberapa fitur seperti konfigurasi diri, perlindungan diri, adaptasi diri, dan optimalisasi diri;
- c) Aplikasi cerdas : yang memiliki perilaku cerdas melalui Internet secara umum. Perilaku cerdas memungkinkan kontrol cerdas, pertukaran metode data melalui item jaringan, pemrosesan data, semua aplikasi yang terkait dengan IoT dapat diklasifikasikan menurut dimensi ini.

Ketika dimensi-dimensi ini bersatu, ruang baru yang disebut infrastruktur IoT dibuat. Ruang ini berfungsi sebagai sistem pendukung untuk hal-hal tertentu dan dapat memberikan berbagai layanan seperti identifikasi barang, identifikasi lokasi, dan perlindungan data. Tiga dimensi IoT dan koneksinya digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 15 Diagram 3 dimensi IoT
(Sarhan, 2018: 40).

2.7.1 Cara Kerja Internet of Things

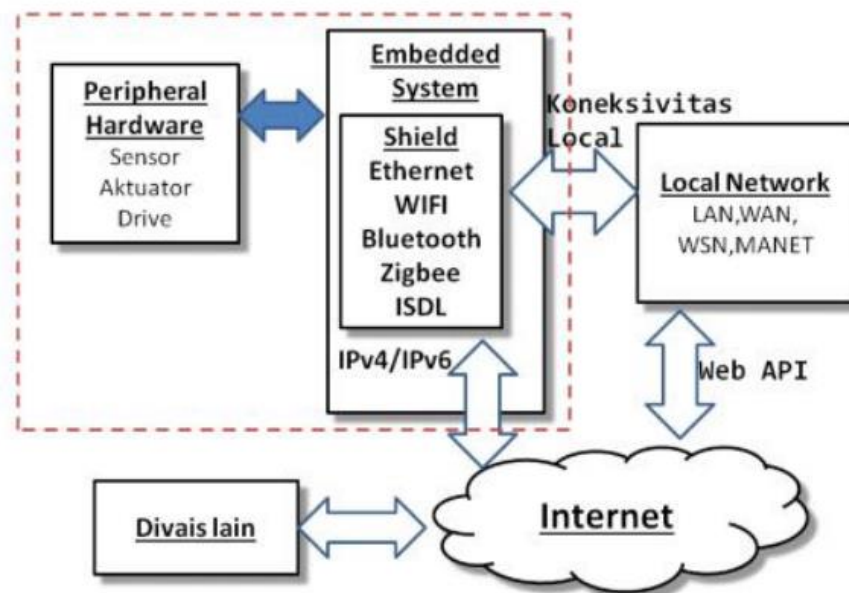
Internet of Things bekerja dengan menggunakan argumen pemrograman. Setiap argumen perintah dapat menciptakan interaksi antar mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tidak dibatasi oleh jarak yang jauh. Internet sekarang menjadi penghubung antara dua interaksi antar mesin. Di Internet of Things, manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas mesin langsung. Komponen fundamental IoT adalah :

1. Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan membuat hampir semua mesin yang ada menjadi "pintar". Hasilnya, teknologi berbasis AI dapat meningkatkan Internet of Things dalam segala hal. Data, algoritme untuk kecerdasan buatan, dan jaringan yang tersedia digunakan untuk mengembangkan teknologi yang ada. Contoh sederhana termasuk meningkatkan atau mengembangkan lemari es dan freezer sehingga mereka dapat memesan secara otomatis ke supermarket ketika stok susu dan sereal hampir habis.
2. Konektivitas IoT memungkinkan pembuatan jaringan baru serta jaringan khusus IoT. Jaringan tidak lagi hanya bergantung pada penyedia utamanya. Jaringan tidak perlu luas dan mahal; itu dapat diakses dalam skala yang jauh lebih kecil dengan biaya lebih rendah. Jaringan kecil antar sistem perangkat dapat dibuat oleh IoT.
3. Sensor adalah yang membedakan Internet of Things dari mesin berteknologi tinggi lainnya. Sensor ini mampu mendefinisikan instrumen, yang mengubah perangkat IoT pasif menjadi sistem aktif yang dapat dimasukkan ke dalam kehidupan sehari-hari dan menyimpang dari standar jaringan.

4. Internet of Things (IoT) memperkenalkan model baru untuk keterlibatan aktif dengan konten, produk, dan layanan.
5. Perangkat berukuran kecil. Perangkat kecil yang dibuat khusus digunakan di Internet of Things untuk kecepatan, skalabilitas, dan kemampuan beradaptasi yang tinggi.

2.7.2 Arsitektur Dasar IoT

Embedded System merupakan mikrokontroler berbasis RISC, seperti Intel MCS-96, PIC16F84, Atmel 8051, Motorola 68H11, dan sebagainya (Sulistyanto, dkk., 2015:20). Perangkat keras khusus, perangkat lunak sistem, API Web, dan protokol membentuk arsitektur Internet of Things, yang memungkinkan perangkat tersemat cerdas untuk terhubung ke internet dan mengakses data sensor atau memindahkan sistem kontrol melalui internet. (Gambar 2.12).



Gambar 2. 16 Diagram Arsitektur IoT
(Sarhan, 2018: 40).

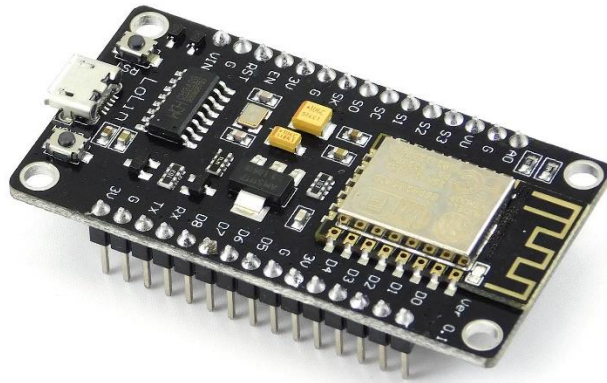
Ada berbagai metode yang digunakan perangkat untuk terhubung ke internet, seperti Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, dan sebagainya. Selain itu, perangkat mungkin tidak

langsung terhubung ke internet melainkan berada di cluster (seperti jaringan sensor) dan terhubung ke base station (internet). Alamat IP yang unik diperlukan karena perangkat ini harus ditemukan dengan cara yang unik. Karena IPv4 hanya mendukung hingga 4 miliar nomor IP, perangkat pada dasarnya adalah skema IPv6 dengan perkiraan 20 miliar divisi IoT online

2.7.3 NodeMCU

Menurut (Makasudede, 2021) Salah satu mikrokontroler yang paling umum digunakan dalam konteks Internet of Things (IoT) adalah NodeMCU ESP8266, karena komponennya sudah dilengkapi dengan wifi yang memungkinkannya terhubung ke internet. Perangkat keras NodeMCU adalah System On Chip ESP8266 yang dibuat oleh ESP8266, yang menggunakan pemrograman scripting lua. NodeMCU dapat dianalogikan sebagai board arduinonya ESP8266. NodeMCU ESP8266 adalah paket board kecil yang memiliki banyak fitur seperti mikrokontroler, seperti kemampuan untuk mengakses wifi, dan chip komunikasi USB to serial. Karena itu, satu-satunya hal yang diperlukan untuk menjalankannya adalah mengekstensi kabel data USB yang sama dengan kabel data HP android.

NodeMCU merupakan sebuah open source platform IoT dan pengembangan kit yang menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat prototype produk IoT atau bisa dengan memakai sketch dengan adruino IDE. Pengembangan kit ini didasarkan pada modul ESP8266, yang mengintegrasikan GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), IIC, 1-Wire dan ADC (Analog to Digital Converter) semua dalam satu board. GPIO NodeMCU ESP8266 seperti Gambar 2.1. NodeMCU berukuran panjang 4.83cm, lebar 2.54cm, dan berat 7 gram. Board ini sudah dilengkapi dengan fitur WiFi dan Firmwarena yang bersifat opensource.



Gambar 2. 17 NodemCU

Spesifikasi yang dimiliki oleh NodeMCU sebagai berikut :

1. Board ini berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (Single on Chip) dengan onboard USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11b/g/n.
2. 2 tantalum capacitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
3. 3v LDO regulator.
4. Blue led sebagai indikator.
5. CP2102 usb to UART bridge.
6. Tombol reset, port usb, dan tombol flash.
7. Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX
8. 3 pin ground.
9. S3 dan S2 sebagai pin GPIO
10. S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc
11. S0 MISO (Master Input Slave Input) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
12. SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu selama 5 bulan terhitung dari tanggal 2 April 2025 sampai 2 September 2025. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), merancang program alat monitoring dalam penelitian ini, pengambilan data, terakhir kesimpulan dan saran.

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke-				
		1	2	3	4	5
1.	Kajian literatur					
2.	Penyusunan proposal penelitian					
3.	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3					
4.	Seminar proposal penelitian					
4.	Perencanaan Alat					
5	Rancang Bangun dan Pengujian Alat					
6.	Seminar hasil penelitian					
7.	Sidang akhir					

Penelitian dilaksanakan pada Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan

3.2 Bahan dan Alat

Untuk melakukan penelitian ini, bahan dan alat yang digunakan adalah :

1. Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler Arduino memiliki 54 pin input / output digital. (dimana 14 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Mega ini sudah berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler, cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai.

2. Modul IoT

Modul IoT ESP8266 disebut sebagai System On Chip (SOC) yang memiliki kemampuan untuk terhubung dengan jaringan TCP/IP via Wi-Fi selain kemampuan layaknya mikrokontroler sebagai sebuah “otak” dan pengendali di dalam dunia elektronika embedded.

3. Sensor Ultrasonic

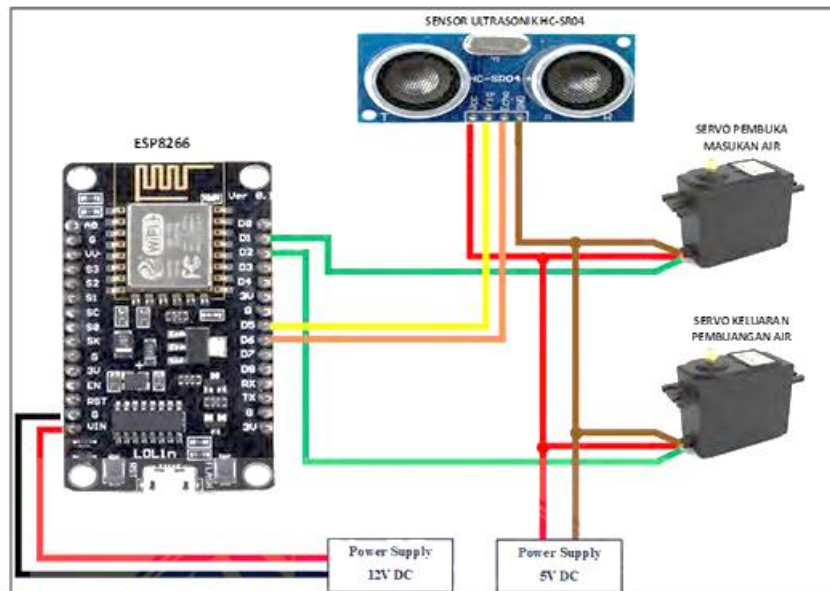
Sensor ultrasonik adalah jenis sensor yang dapat mengubah besaran fisis dari bunyi menjadi listrik atau sebaliknya. Prinsip kerja sensor ini adalah pemantulan gelombang suara; itu menghasilkan gelombang suara dan kemudian menangkapnya kembali dengan waktu yang berbeda. Perbedaan antara waktu yang dipancarkan dan diterima kembali sebanding dengan jarak objek yang memantulkannya. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi objek yaitu air.

4. Motor Servo

Motor servo digunakan untuk membuka dan menutup pintu secara otomatis ketika debit air telah mencukupi sesuai dengan apa yang diprogram.

3.3 Rancangan Alat

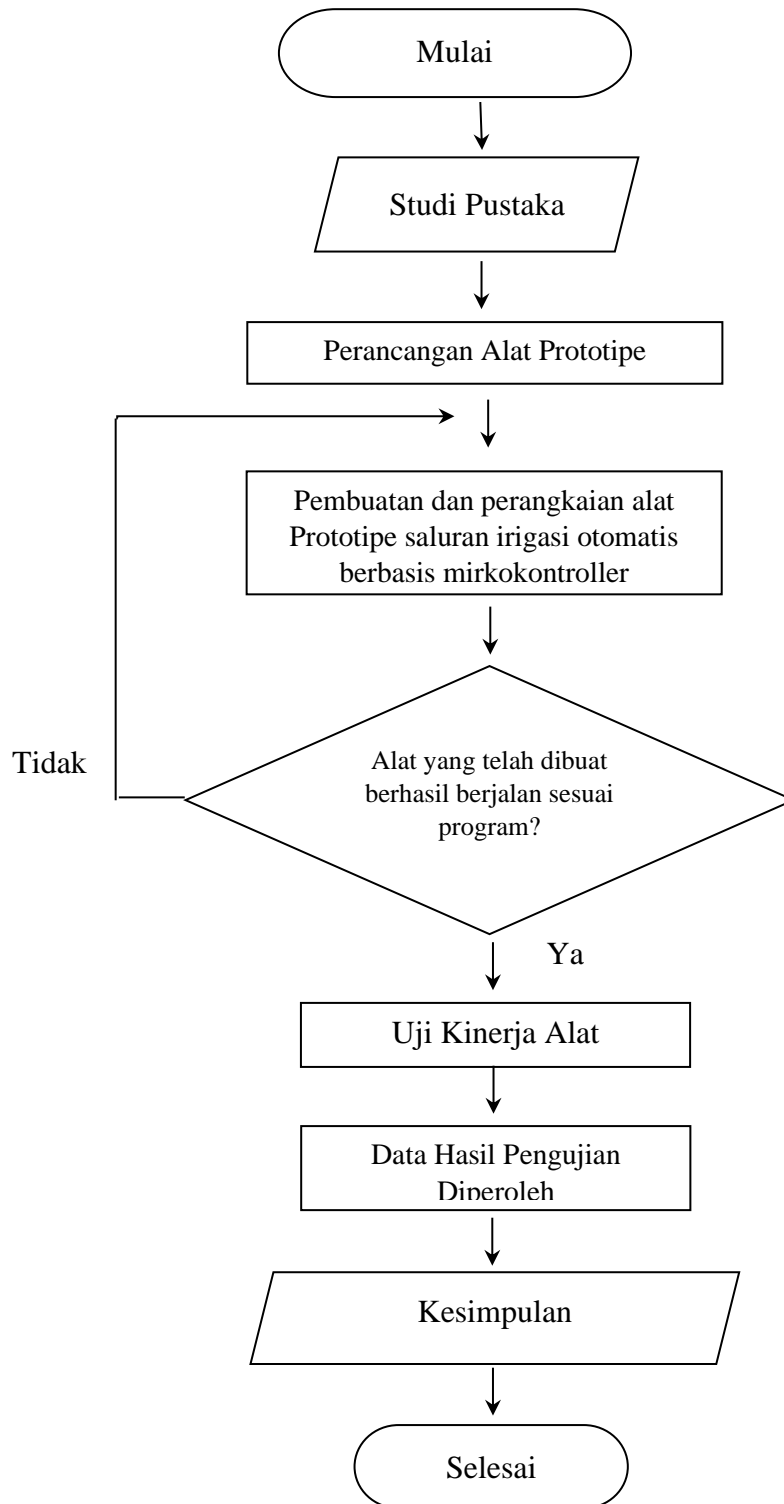
Adapun rancangan ataupun gambaran rangkaian alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Rangkaian Alat

Dari gambar rangkaian diatas terdapat beberapa komponen, arduino merupakan sebagai komponen utama yang bekerja menjadi otak dari alat tersebut. Kemudian terdapat sensor ultrasonic dan debit air untuk mendeteksi kecepatan air yang mengalir pada saluran irigasi. Ketika debit air terdeteksi maka motor akan bekerja untuk membuka pintu secara otomatis dan mengalirkan aliran air kesaluran irigasi sawah. Kemudian hasil bacaan akan dikirim melalui jaringan IoT agar dapat dikontrol melalui jarak jauh.

3.4 Flowchart Penelitian



Gambar 3. 2 Flowchart

Dapat dilihat pada flowchart penelitian merupakan gambaran prosedur penelitian dari awal hingga akhir.

1. Studi literatur merupakan proses pencarian dan mempelajari literatur terkait dengan penelitian ini. Adapun studi literatur difokuskan pada mikrokontroller, penggunaan sensor, program arduino serta monitoring dengan menggunakan IoT
2. Selanjutnya adalah perancangan alat, pada tahap ini dilakukan perancangan rangkaian terlebih dahulu yang akan menjadi acuan pada saat pembuatan alat
3. Setelah perancangan dilakukan selanjutnya adalah menyiapkan alat dan bahan sesuai dengan yang ada pada rangkaian alat.
4. Setelah alat semua tersedia maka selanjutnya adalah proses membuat alat yang harus sesuai dengan gambar rangkaian alat yang telah dibuat sebelumnya.
5. Ketika alat sudah dirangkai maka program akan diinput, dimana program dibuat agar alat dapat membuka pintu saluran irigasi sawah berdasarkan hasil bacaan yang ada pada sensor sesuai dengan program yang telah dibuat.
6. Langkah terakhir adalah melakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat apakah alat ini cukup efektif digunakan dan efisien digunakan pada mesin kopi.

3.5 Metode Pengujian Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengaplikasikan prototipe sistem ke motor. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan baik atau tidak bila diterapkan di. Data yang didapatkan akan dibandingkan dengan data pengukuran manual. Dari perbandingan data akan diketahui sejauh mana tingkat akurasi alat yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan alat yang telah dirancang dengan rangkaian motor induksi tiga fasa. Adapun pengujiannya antara lain :

1. Melihat tingkat akurasi dari sensor yang telah dimasukkan dan melihat tingkat efektifitas
2. Menguji sensitifitas sensor yang telah dipasang

3.6 Metode Analisis Data

Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Analisis data ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil dari pengukuran sensor, dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan hasil pengukuran yang dilakukan secara manual ataupun dengan alat ukur yang sudah terstandarisasi. Jika selisih antara hasil pengukuran sensor dengan alat ukur kecil, maka sensor dapat dikatakan berjalan dengan baik

BAB 4

PERANCANGAN DAN ANALISIS

4.1 Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah prototype pintu saluran irigasi sawah otomatis yang mampu mengatur aliran air secara mandiri berdasarkan nilai debit air yang terukur. Sistem dirancang dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) sehingga data debit air dapat dipantau secara realtime dan sistem dapat bekerja secara otomatis tanpa intervensi langsung dari pengguna. Perancangan dilakukan dengan mempertimbangkan aspek fungsional, keandalan sistem, serta kemudahan dalam proses monitoring dan pengendalian.

Secara umum, sistem perancangan alat terdiri dari tiga bagian utama, yaitu perangkat input, perangkat pemrosesan, dan perangkat output. Perangkat input berupa dua sensor debit air yang berfungsi untuk membaca besarnya aliran air pada masing-masing saluran irigasi. Data dari sensor debit tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler berbasis IoT sebagai pusat kendali sistem. Mikrokontroler tidak hanya mengolah data sensor, tetapi juga bertugas mengirimkan data debit air ke server melalui protokol MQTT serta menerima perintah atau konfigurasi jika diperlukan.

Perangkat output pada sistem ini berupa dua motor servo yang masing-masing terhubung dengan pintu irigasi pada setiap saluran. Motor servo dirancang untuk membuka dan menutup pintu irigasi sesuai dengan hasil pengolahan data debit air. Logika kontrol ditentukan berdasarkan batasan nilai debit air yang telah ditetapkan, sehingga pintu irigasi dapat berada pada kondisi terbuka penuh, setengah terbuka, atau tertutup. Dengan desain ini, sistem mampu mengatur distribusi air secara otomatis dan efisien sesuai dengan kondisi aliran air yang terjadi.

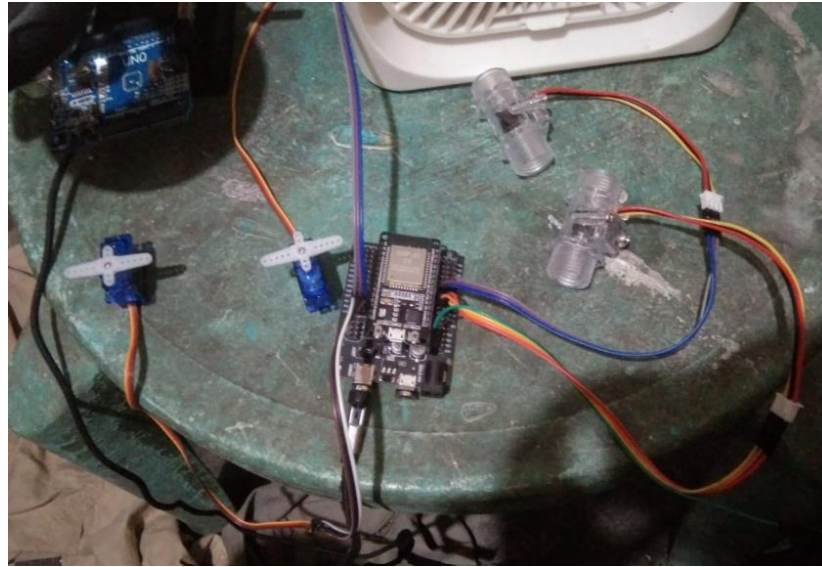
Selain perancangan sistem elektronik, perancangan mekanik juga dilakukan pada bagian saluran irigasi menggunakan bahan akrilik. Akrilik dipilih karena memiliki sifat transparan, ringan, dan mudah dibentuk, sehingga memudahkan

proses perakitan serta pengamatan aliran air selama pengujian. Saluran irigasi dirancang sedemikian rupa agar sensor debit dapat bekerja secara optimal dan motor servo dapat menggerakkan pintu irigasi dengan stabil. Integrasi antara sistem elektronik dan mekanik ini diharapkan dapat menghasilkan prototype yang berfungsi dengan baik dan merepresentasikan sistem irigasi otomatis yang sesungguhnya.

1. Persiapan Alat dan Bahan

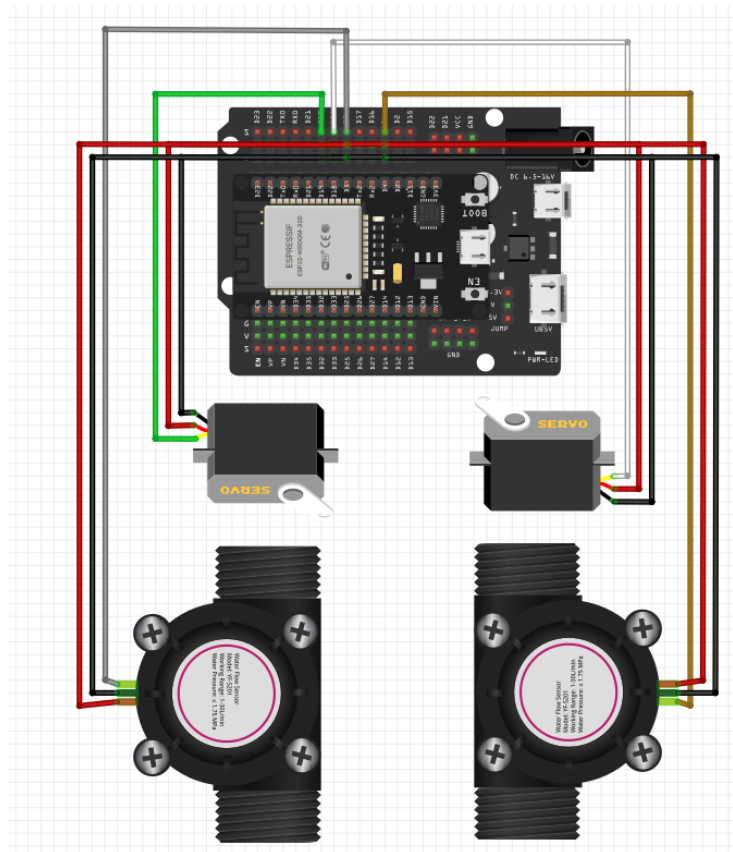
Tahap persiapan alat dan bahan dilakukan untuk memastikan seluruh komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan prototype pintu saluran irigasi otomatis tersedia dan dapat berfungsi dengan baik. Peralatan yang digunakan meliputi laptop sebagai media pemrograman dan monitoring sistem, solder dan timah untuk penyambungan rangkaian elektronik, multimeter untuk pengukuran tegangan dan kontinuitas, serta peralatan mekanik seperti obeng, bor, dan cutter untuk pembuatan rangka mekanik saluran irigasi.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari mikrokontroler berbasis IoT (seperti ESP8266 atau ESP32), dua buah sensor debit air, dua buah motor servo sebagai aktuator pintu irigasi, serta modul pendukung seperti power supply, kabel jumper, dan breadboard atau PCB. Selain itu, digunakan bahan akrilik sebagai media pembuatan prototype saluran irigasi karena sifatnya yang ringan, transparan, dan mudah dibentuk. Seluruh komponen diperiksa terlebih dahulu untuk memastikan kondisi dalam keadaan baik sebelum dilakukan proses perangkaian.



Gambar 4. 1 Perangkaian dan Pembuatan Alat

Perangkaian alat dimulai dengan menghubungkan sensor debit air ke mikrokontroler sesuai dengan konfigurasi pin yang telah dirancang. Setiap sensor debit dihubungkan ke satu pin input digital pada mikrokontroler untuk membaca pulsa aliran air. Motor servo dihubungkan ke pin output PWM mikrokontroler yang berfungsi untuk mengatur sudut bukaan pintu irigasi. Selain itu, rangkaian juga dilengkapi dengan catu daya yang sesuai untuk memastikan suplai tegangan stabil bagi seluruh komponen.



Gambar 4. 2 Rangkaian Alat

Gambar 4.2 rangkaian menunjukkan sistem prototype pintu saluran irigasi otomatis yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, dua sensor debit air, dan dua motor servo sebagai aktuator pembuka dan penutup pintu irigasi. Seluruh komponen dihubungkan secara terpusat pada ESP32 yang berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus perangkat komunikasi IoT menggunakan protokol MQTT.

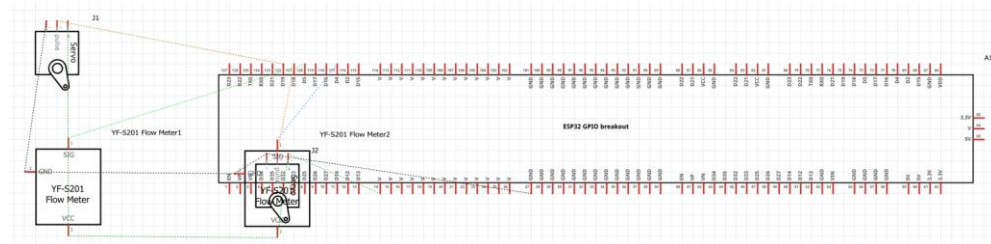
ESP32 mendapatkan catu daya melalui port USB dan mendistribusikan tegangan 5V dan GND ke seluruh komponen. Jalur kabel merah pada rangkaian menunjukkan jalur tegangan VCC (5V), sedangkan kabel hitam menunjukkan jalur ground (GND). Semua komponen dihubungkan ke ground yang sama untuk memastikan kestabilan sistem dan menghindari gangguan pembacaan sinyal.

Dua buah sensor debit air dipasang pada masing-masing saluran irigasi dan dihubungkan ke ESP32 melalui tiga pin, yaitu VCC, GND, dan pin sinyal.

Pin sinyal dari masing-masing sensor debit air terhubung ke pin input digital ESP32 yang berfungsi untuk membaca pulsa keluaran sensor. Pulsa ini kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk menghitung nilai debit air dalam satuan liter per detik (L/det). Sensor debit air 1 dan sensor debit air 2 bekerja secara independen sehingga memungkinkan pengukuran debit pada dua saluran irigasi yang berbeda secara bersamaan.

Motor servo berfungsi sebagai aktuator mekanik untuk membuka dan menutup pintu saluran irigasi. Setiap motor servo dihubungkan ke ESP32 melalui tiga jalur utama, yaitu VCC (5V), GND, dan pin kontrol sinyal PWM. Pin kontrol servo terhubung ke pin output PWM ESP32, sehingga sudut putar servo dapat diatur secara presisi berdasarkan nilai debit air yang terdeteksi oleh sensor. Perubahan sudut servo ini merepresentasikan kondisi pintu irigasi, seperti terbuka penuh, setengah terbuka, atau tertutup.

Secara keseluruhan, rangkaian ini menunjukkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator dalam satu sistem IoT. Data debit air yang diperoleh dari sensor diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan ke dashboard monitoring melalui protokol MQTT, sekaligus digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk menggerakkan motor servo. Dengan konfigurasi rangkaian seperti ini, sistem mampu melakukan monitoring dan pengendalian pintu irigasi secara otomatis dan realtime.



Gambar 4. 3 Skematik Alat

Gambar 4.3 skematik menunjukkan rancangan sistem pintu saluran irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan ESP32 sebagai pusat pengendali utama. ESP32 berfungsi untuk membaca data dari sensor debit air, mengolah data tersebut, mengendalikan motor servo, serta mengirimkan informasi ke sistem monitoring melalui komunikasi IoT menggunakan protokol MQTT.

Pada bagian input, sistem menggunakan dua buah sensor debit air tipe YF-S201 yang dipasang pada dua saluran irigasi yang berbeda. Masing-masing sensor memiliki tiga pin utama, yaitu VCC, GND, dan SIG (signal). Pin VCC dari sensor dihubungkan ke sumber tegangan 5V pada ESP32, sedangkan pin GND dihubungkan ke ground sistem. Pin SIG dari sensor debit air pertama dan kedua masing-masing dihubungkan ke pin GPIO ESP32 yang berfungsi sebagai input digital untuk membaca pulsa keluaran sensor. Pulsa tersebut kemudian diproses oleh ESP32 untuk menghitung nilai debit air dalam satuan liter per detik.

Pada bagian output, sistem menggunakan motor servo sebagai aktuator pembuka dan penutup pintu saluran irigasi. Motor servo terhubung ke ESP32 melalui tiga jalur utama, yaitu VCC (5V), GND, dan pin sinyal PWM. Pin sinyal servo dihubungkan ke salah satu pin GPIO ESP32 yang mendukung fungsi PWM, sehingga sudut putar servo dapat dikendalikan secara presisi sesuai dengan nilai debit air yang terdeteksi oleh sensor. Perubahan sudut servo merepresentasikan kondisi pintu irigasi, seperti terbuka penuh, setengah terbuka, atau tertutup.

Seluruh komponen pada skematik dihubungkan dengan sistem ground yang sama untuk menjaga kestabilan sinyal dan menghindari gangguan pembacaan data. ESP32 mendapatkan catu daya utama melalui port USB atau sumber daya eksternal, kemudian mendistribusikan tegangan ke sensor debit air dan motor servo. Selain itu, pada skematik juga ditunjukkan breakout pin GPIO ESP32 yang memudahkan proses pemetaan pin input dan output sesuai dengan kebutuhan sistem.

Secara keseluruhan, skematik ini menggambarkan integrasi antara sensor debit air sebagai perangkat input, ESP32 sebagai unit pemrosesan dan komunikasi IoT, serta motor servo sebagai aktuator mekanik. Dengan rancangan skematik tersebut, sistem mampu melakukan pengukuran debit air secara realtime, mengendalikan pintu irigasi secara otomatis, serta mengirimkan data hasil pengukuran ke platform monitoring berbasis IoT.

Setelah perangkaian elektronik selesai, seluruh komponen dipasang pada dudukan yang telah disiapkan. Sensor debit ditempatkan pada bagian saluran masuk air, sedangkan motor servo dipasang pada bagian pintu irigasi agar dapat menggerakkan pintu secara presisi. Penataan kabel dilakukan dengan rapi untuk menghindari gangguan mekanis maupun gangguan sinyal. Pada tahap ini juga dilakukan pengecekan ulang koneksi rangkaian untuk memastikan tidak terjadi kesalahan sambungan yang dapat menyebabkan kerusakan komponen.

2. Pembuatan Akrilik Saluran Irigasi

Pembuatan saluran irigasi prototype dilakukan menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan tertentu agar cukup kuat menahan aliran air. Akrilik dipotong sesuai dengan desain saluran irigasi yang telah direncanakan, meliputi bagian dasar, dinding saluran, serta pintu irigasi. Proses pemotongan dilakukan menggunakan alat potong akrilik atau mesin laser cutting agar hasil potongan rapi dan presisi.

Setelah proses pemotongan selesai, bagian-bagian akrilik dirangkai dan direkatkan menggunakan lem khusus akrilik sehingga membentuk saluran irigasi yang kedap air. Pintu irigasi dipasang dengan sistem engsel yang terhubung langsung dengan motor servo, sehingga pergerakan servo dapat membuka dan menutup pintu sesuai dengan perintah mikrokontroler. Transparansi akrilik memudahkan proses pengamatan aliran air dan pergerakan pintu selama proses pengujian.



Gambar 4. 4 Pembuatan Akrilik Alat

3. Pembuatan Program Alat

Tahap pembuatan program dilakukan dengan menuliskan kode program pada mikrokontroler menggunakan software Arduino IDE atau platform pemrograman sejenis. Program dibuat untuk membaca data pulsa dari sensor debit air, mengonversinya menjadi nilai debit, serta mengirimkan data tersebut ke broker MQTT melalui jaringan internet. Selain itu, program juga mengatur logika kontrol motor servo berdasarkan nilai debit air yang terukur. Pada program tersebut, ditentukan batasan debit air untuk kondisi rendah, normal, dan tinggi. Berdasarkan kondisi tersebut, mikrokontroler akan mengatur sudut bukaan motor servo secara otomatis. Program juga dilengkapi dengan fitur koneksi WiFi, pengaturan topik MQTT untuk publish dan subscribe data, serta mekanisme penanganan jika terjadi gangguan koneksi. Setelah program selesai ditulis, dilakukan proses kompilasi dan unggah program ke mikrokontroler.



Gambar 4. 5 Pemrograman Alat

Adapun program yang dibuat adalah sebagai berikut :

```

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <PubSubClient.h>
/*
=====
=
* ===== WIFI CONFIG =====
*
=====
= */
const char* ssid = "internett";
const char* password = "wifi1234";
/*
=====
=
* ===== MQTT CONFIG =====
*
=====
= */
const char* mqtt_server = "g6e2c031.ala.asia-southeast1.emqxsl.com";
const int  mqtt_port = 8883;
const char* mqtt_user = "flowmeter";
const char* mqtt_pass = "flowmeter";

/* ===== CA CERT ===== */
const char* ca_cert = R"EOF(
-----BEGIN CERTIFICATE-----
MIIDjjCCAnagAwIBAgIQAzrx5qcRqaC7KGSxHQn65TANBgkqhkiG9w0BAQsFADBh
MQswCQYDVQQGEwJVUzEVMBMGA1UEChMMMRGlnaUNlenQgSW5jMRkwFwYDV
QQLExB3

```

```

d3cuZGlnaWNlcnQuY29tMSAwHgYDVQOQDExdEaWdpQ2VydCBHbG9iYWwgUm9vd
CBH
MjAeFw0xMzA4MDExMjAwMDBaFw0zODAxMTUxMjAwMDBaMGExCzAJBgNVBA
YTAIVT
MRUwEwYDVQKKEwxEaWdpQ2VydCBJbmMxGTAXBgNVBAsTEHd3dy5kaWdpY2V
ydC5j
b20xIDAeBgNVBAMTF0RpZ2lDZXJ0IEdsb2JhbCBSb290IEcyMIIBIjANBgkqhkiG
9w0BAQEFAAOCAQ8AMIIBCgKCAQEAAuzfNNNx7a8myaJCtSnX/RrohCgiN9RIUyfuI
2/Ou8jqJkTx65qsGGmvPrC3oXgkkRLpimn7Wo6h+4FR1IAWsULecYxpsMNzaHmx
1x7e/dfgy5SDN67sH0NO3Xss0r0upS/kqbitOtSZpLYl6ZtrAGCSYP9PIUkY92eQ
q2EGnI/yuum06ZIya7XzV+hdG82MHauVBjVJ8zUtlunJbd134/tJS7SsVQepj5Wz
tCO7TG1F8PapsUwtP1MVYwnSlcUfIKdzXOS0xZKBgyMUNGPHgm+F6HmIcr9g+
UQ
vIOICsRnKPZzFBQ9RnbDhxSJITRNrw9FDKZJobq7nMWxM4MphQIDAQABo0IwQD
AP
BgNVHRMBAf8EBTADAQH/MA4GA1UdDwEB/wQEAwIBhjAdBgNVHQ4EFgQUTiJ
UIBiV
5uNu5g/6+rkS7QYXjzkWDOYJKoZihvcNAQELBQADggEBAGBnKJRvDkhj6zHd6mcY
IY9PMWLSn/pvtsrF9+wX3N3KjITOYFnQoQj8kVnNeyIv/iPsGEMNKSuIEyExtv4
NeF22d+mQrvHRAiGfzZ0JFrabA0UWTW98kndth/Jsw1HKj2ZL7tcu7XUIOGZX1NG
Fdtom/DzMNU+MeKNhJ7jitraIj41E6Vf8PlwUHBHQRFXGU7Aj64GxJUTFy8bJZ91
8rGOMAfvE7FBcf6IKshPECBV1/MURexGRPTqh5Uykw7+U0b6LJ3/iyK5S9kJRaTe
pLiaWN0bfVKfjllDiIGknibVb63dDcY3fe0Dkhvld1927jyNxFlWW6LZZm6zNTfl
MrY=
-----END CERTIFICATE-----
)EOF";
/*
=====
=
* ===== FLOW METER =====
*
=====
= */
#define FLOW1_PIN 4
#define FLOW2_PIN 5
volatile unsigned long flowPulse1 = 0;
volatile unsigned long flowPulse2 = 0;
// Umum untuk YF-S201 / sejenis
const float PULSE_PER_LITER = 450.0;
// Flow data
float flowRate1 = 0, flowRate2 = 0;
float totalLiters1 = 0, totalLiters2 = 0;
// ISR (HARUS RINGAN)
void IRAM_ATTR isrFlow1() { flowPulse1++; }
void IRAM_ATTR isrFlow2() { flowPulse2++; }
/*
=====
=
* ===== SERVO CONTROL =====
*
=====
= */
#define SERVO1_PIN 18
#define SERVO2_PIN 19
#define SERVO_FREQ 50
#define SERVO_RES 16
bool servoOpen1 = false;
bool servoOpen2 = false;

```

```

// Konversi sudut ke duty LEDC
uint32_t angleToDuty(int angle) {
  angle = constrain(angle, 0, 180);
  float pulse_us = 500.0 + (angle / 180.0) * 1900.0;
  return (pulse_us / 20000.0) * ((1 << SERVO_RES) - 1);
}
/*
=====
=
* ===== MQTT OBJECT =====
*
=====
= */
WiFiClientSecure espClient;
PubSubClient client(espClient);
/*
=====
=
* ===== MQTT CALLBACK =====
*
=====
= */
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  String msg;
  for (uint8_t i = 0; i < length; i++) msg += (char)payload[i];
  msg.trim();
  /* ---- SERVO MANUAL ---- */
  if (String(topic) == "flow/servo/1") {
    int angle = msg.toInt();
    ledcWrite(SERVO1_PIN, angleToDuty(angle));
    servoOpen1 = (angle > 0);
    return;
  }

  if (String(topic) == "flow/servo/2") {
    int angle = msg.toInt();
    ledcWrite(SERVO2_PIN, angleToDuty(angle));
    servoOpen2 = (angle > 0);
    return;
  }
  /* ---- RESET TOTAL ---- */
  if (String(topic) == "flow/RESET") {
    noInterrupts();
    if (msg == "1") {
      totalLiters1 = 0;
      flowPulse1 = 0;
      Serial.println("RESET TOTAL LITER 1");
    }
    else if (msg == "2") {
      totalLiters2 = 0;
      flowPulse2 = 0;
      Serial.println("RESET TOTAL LITER 2");
    }
  }
  interrupts();
}
}

```

```

/*
=====
=
* ===== WIFI FUNCTION =====
*
=====
= */
void setupWiFi() {
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
}
/*
=====
=
* ===== MQTT FUNCTION =====
*
=====
= */
void reconnectMQTT() {
  while (!client.connected()) {
    String cid = "ESP32_FLOW_" + String((uint32_t)ESP.getEfuseMac(), HEX);
    if (client.connect(cid.c_str(), mqtt_user, mqtt_pass)) {
      client.subscribe("flow/servo/1");
      client.subscribe("flow/servo/2");
      client.subscribe("flow/RESET");
    } else {
      delay(2000);
    }
  }
}
/*
=====
=
* ===== SYSTEM TIMING =====
*
=====
= */
unsigned long lastPublish = 0;
const unsigned long publishInterval = 2000;
/*
=====
=
* ===== SETUP =====
*
=====
= */
void setup() {
  Serial.begin(115200);

  /* --- FLOW SENSOR SETUP --- */
  pinMode(FLOW1_PIN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(FLOW2_PIN, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(FLOW1_PIN), isrFlow1, RISING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(FLOW2_PIN), isrFlow2, RISING);
  /* --- SERVO SETUP (LEDC) --- */

```

```

ledcAttach(SERVO1_PIN, SERVO_FREQ, SERVO_RES);
ledcAttach(SERVO2_PIN, SERVO_FREQ, SERVO_RES);
// DEFAULT POSITION
ledcWrite(SERVO1_PIN, angleToDuty(180)); // ?? Servo 1 default OPEN
servoOpen1 = true;
ledcWrite(SERVO2_PIN, angleToDuty(0)); // Servo 2 default CLOSED
servoOpen2 = false;
/* --- WIFI & MQTT --- */
setupWiFi();
espClient.setCACert(ca_cert);
client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
client.setCallback(callback);
lastPublish = millis();
}
/*
=====
=
* ===== MAIN LOOP =====
*
=====
= */
void loop() {
if (!client.connected()) reconnectMQTT();
client.loop();
unsigned long now = millis();
if (now - lastPublish >= publishInterval) {
unsigned long dt = now - lastPublish;
lastPublish = now;
/* --- AMANKAN DATA ISR --- */
noInterrupts();
unsigned long p1 = flowPulse1;
unsigned long p2 = flowPulse2;
flowPulse1 = 0;
flowPulse2 = 0;
interrupts();
/* --- HITUNG FLOW & TOTAL --- */
flowRate1 = (p1 / PULSE_PER_LITER) * (60000.0 / dt);
flowRate2 = (p2 / PULSE_PER_LITER) * (60000.0 / dt);
totalLiters1 += (p1 / PULSE_PER_LITER);
totalLiters2 += (p2 / PULSE_PER_LITER);
/* --- AUTO SERVO --- */
if (totalLiters1 >= 1.0 && !servoOpen1) {
ledcWrite(SERVO1_PIN, angleToDuty(90));
servoOpen1 = true;
}
if (totalLiters2 >= 1.0 && !servoOpen2) {
ledcWrite(SERVO2_PIN, angleToDuty(90));
servoOpen2 = true;
}

/* --- MQTT PUBLISH --- */
char payload[250];
sprintf(payload, sizeof(payload),
"{n"
" \"flow1\": %.3f\n"
" \"total1\": %.3f\n"
" \"flow2\": %.3f\n"

```

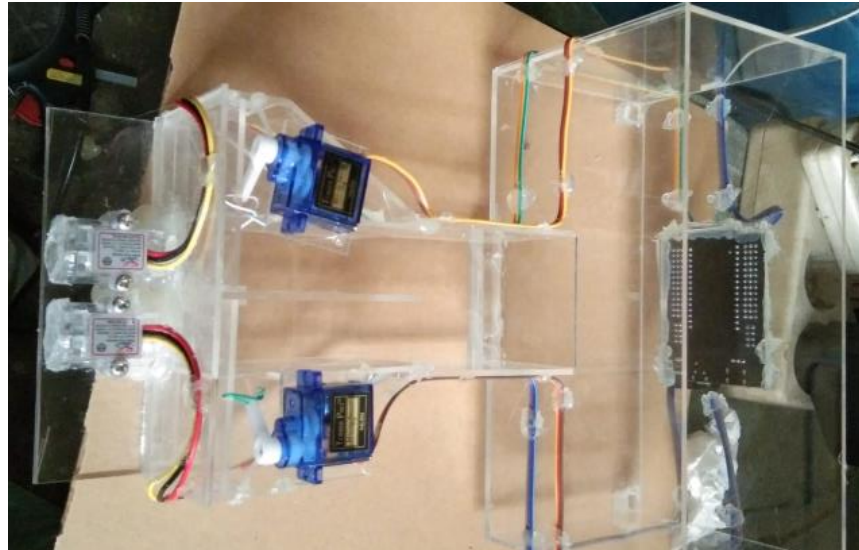
```

    " \"total2\": %.3f\n"
    "}",
    flowRate1, totalLiters1, flowRate2, totalLiters2);
    client.publish("flow/data", payload);
    Serial.println(payload);
  }
}

```

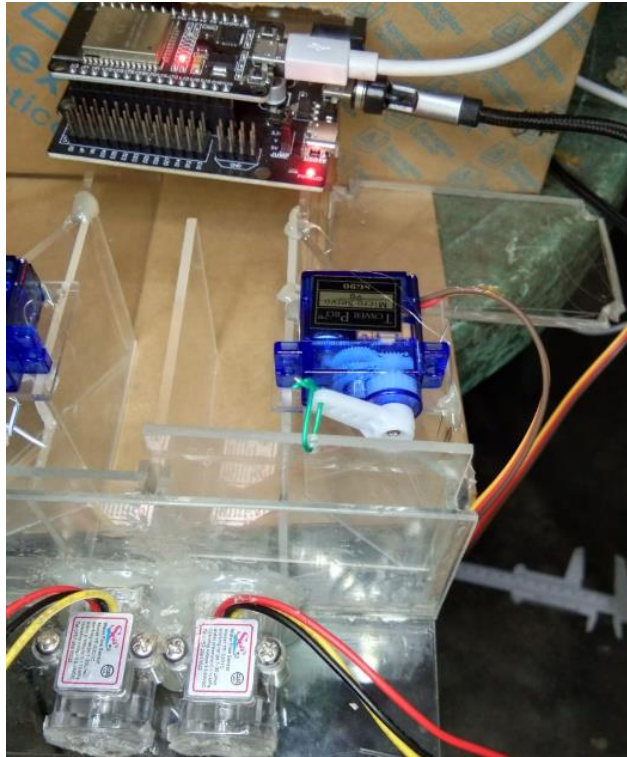
4. Testing Alat

Tahap pengujian alat dilakukan setelah seluruh proses perangkaian dan pemrograman selesai. Pengujian diawali dengan memastikan mikrokontroler dapat terhubung ke jaringan WiFi dan broker MQTT dengan baik. Selanjutnya, dilakukan pengujian pembacaan sensor debit air dengan mengalirkan air pada saluran irigasi dan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual.



Gambar 4. 6 Keseluruhan Alat

Pengujian juga dilakukan untuk melihat respon motor servo terhadap perubahan debit air pada masing-masing saluran irigasi. Selain itu, dilakukan pengujian komunikasi data melalui MQTT untuk mengetahui delay pengiriman data serta kestabilan sistem dalam jangka waktu tertentu. Hasil dari seluruh pengujian dicatat dan dianalisis untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan, termasuk akurasi sensor, waktu respon sistem, dan keandalan prototype pintu saluran irigasi otomatis.



Gambar 4. 7 Testing Alat

4.2 Pengujian Sistem

Sistem pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja prototype pintu saluran irigasi sawah otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan protokol MQTT. Prototype terdiri dari dua saluran irigasi yang masing-masing dilengkapi dengan satu sensor debit air dan satu motor servo sebagai aktuator pembuka dan penutup pintu air. Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang menerima data dari sensor debit, mengolah data tersebut berdasarkan logika kontrol yang telah ditentukan, serta mengirimkan informasi debit air ke server melalui jaringan internet.

Pada proses pengujian, sensor debit air dipasang pada masing-masing saluran irigasi untuk membaca besarnya aliran air yang mengalir. Data debit yang diperoleh kemudian dikirimkan oleh mikrokontroler ke broker MQTT dengan interval waktu tertentu. Selanjutnya, data tersebut ditampilkan secara realtime pada dashboard monitoring IoT sehingga pengguna dapat memantau kondisi aliran air pada kedua saluran irigasi. Pada saat yang sama, mikrokontroler melakukan pengambilan

keputusan untuk mengatur sudut bukaan motor servo berdasarkan nilai debit air yang terukur, sehingga pintu irigasi dapat terbuka atau tertutup secara otomatis.

Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa skenario variasi debit air untuk mensimulasikan kondisi aliran air rendah, normal, dan tinggi. Setiap perubahan debit air diamati untuk melihat respon motor servo serta waktu yang dibutuhkan sistem dalam menyesuaikan kondisi pintu irigasi. Selain itu, pengujian juga mencakup pengukuran waktu respon sistem dan delay komunikasi data melalui protokol MQTT. Hasil dari pengujian ini digunakan untuk menganalisis akurasi sensor debit air, keandalan komunikasi IoT, serta kemampuan sistem dalam mengontrol pintu irigasi secara otomatis dan stabil.

4.2.1 Kalibrasi Sensor Debit

Kalibrasi sensor debit air dilakukan untuk memastikan tingkat akurasi pembacaan sensor terhadap nilai debit air yang sebenarnya. Proses kalibrasi bertujuan untuk mengetahui besarnya kesalahan pengukuran (error) serta menyesuaikan hasil pembacaan sensor agar mendekati nilai pengukuran manual. Kalibrasi dilakukan sebelum sensor digunakan pada pengujian sistem secara keseluruhan agar data yang dihasilkan dapat digunakan secara andal sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem pengendalian pintu irigasi otomatis.

Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan nilai debit air yang dibaca oleh sensor dengan nilai debit hasil pengukuran manual. Pengukuran manual dilakukan dengan metode pengukuran volume air terhadap waktu, yaitu dengan menampung air pada wadah berukuran tertentu dan mencatat waktu aliran menggunakan stopwatch. Nilai debit manual diperoleh dari perbandingan antara volume air yang tertampung dengan waktu pengaliran. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi debit air untuk mendapatkan hasil pengukuran yang representatif. Tingkat kesalahan pengukuran sensor debit dihitung dengan menggunakan persamaan error persentase. Persamaan ini digunakan untuk mengetahui selisih antara nilai debit yang terbaca oleh sensor dengan nilai debit hasil pengukuran manual. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai error adalah sebagai berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{(\text{Debit}_{\text{manual}} - \text{Debit}_{\text{sensor}})}{\text{Debit}_{\text{manual}}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan error digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi kinerja sensor debit air. Apabila nilai error yang diperoleh masih berada dalam batas toleransi yang ditentukan, maka sensor dianggap layak digunakan. Namun, apabila nilai error terlalu besar, dilakukan penyesuaian konstanta kalibrasi pada program mikrokontroler hingga diperoleh hasil pembacaan sensor yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi sebenarnya.

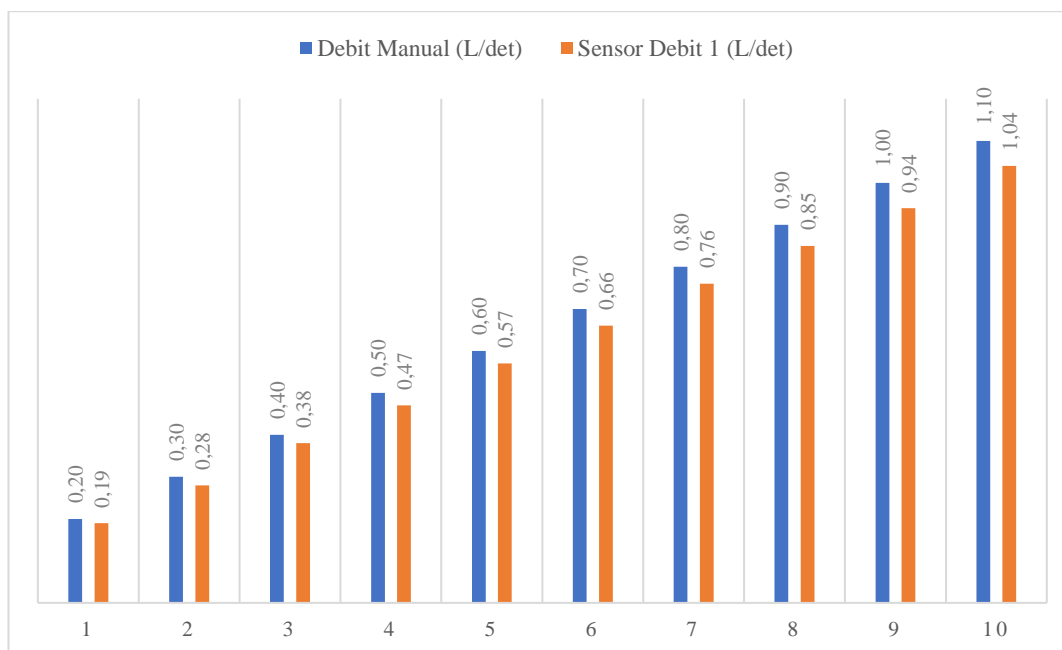
Adapun hasil pengujian sensor debit 1 dan 2 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data Sensor Debit Air 1

No	Debit Manual (L/det)	Sensor Debit 1 (L/det)	Error (%)
1	0,20	0,19	5,0
2	0,30	0,28	6,7
3	0,40	0,38	5,0
4	0,50	0,47	6,0
5	0,60	0,57	5,0
6	0,70	0,66	5,7
7	0,80	0,76	5,0
8	0,90	0,85	5,6
9	1,00	0,94	6,0
10	1,10	1,04	5,5

Tabel 1 menyajikan hasil pengujian sensor debit air 1 dengan membandingkan nilai debit hasil pengukuran manual dan nilai debit yang dibaca oleh sensor. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan variasi debit air mulai dari 0,20 L/det hingga 1,10 L/det. Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai debit yang dibaca oleh sensor debit 1 cenderung lebih kecil dibandingkan dengan nilai debit manual pada setiap pengujian. Nilai error yang diperoleh berkisar antara 5,0%

hingga 6,7%. Error terbesar terjadi pada pengujian kedua dengan debit manual sebesar 0,30 L/det, sedangkan error terkecil sebesar 5,0% terjadi pada beberapa titik pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa sensor debit air 1 memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil dan konsisten pada berbagai variasi debit air. Dengan rata-rata error yang masih berada dalam batas toleransi, sensor debit air 1 dapat dikatakan cukup akurat dan layak digunakan pada sistem pintu irigasi otomatis.



Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Debit Manual dan Sensor Debit

Gambar 4.6 menunjukkan grafik perbandingan antara debit air hasil pengukuran manual dan debit air yang dibaca oleh sensor debit 1. Sumbu horizontal menunjukkan jumlah pengujian, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai debit air dalam satuan liter per detik (L/det). Grafik memperlihatkan bahwa pola kenaikan debit air yang dibaca oleh sensor mengikuti pola kenaikan debit manual secara linier.

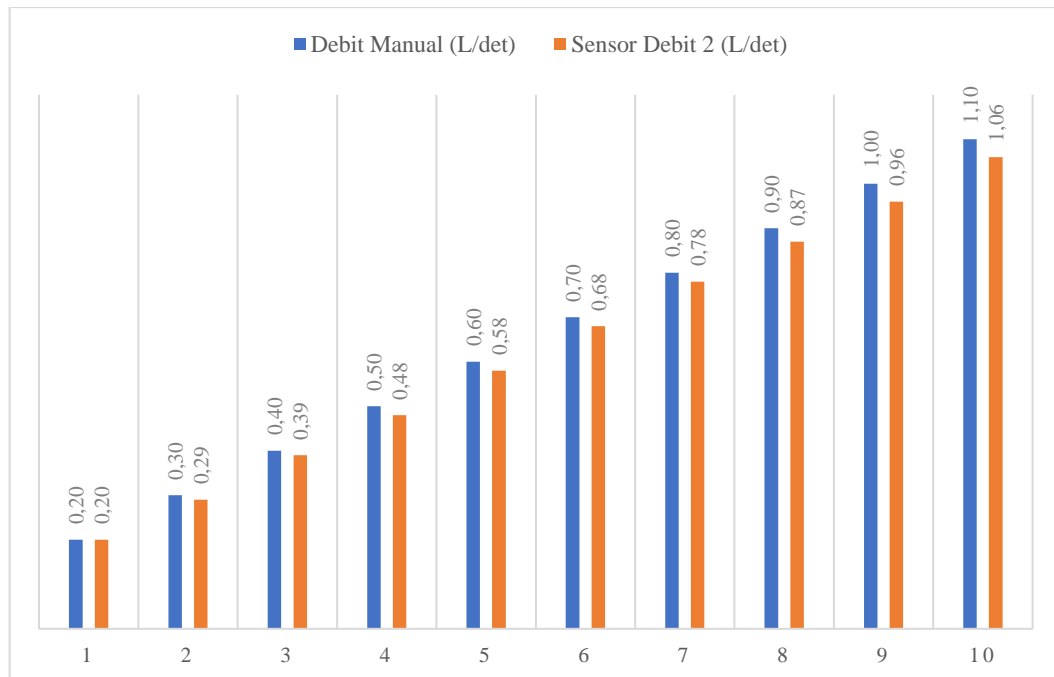
Meskipun terdapat selisih antara nilai debit manual dan nilai debit sensor, perbedaan tersebut relatif kecil dan cenderung konstan pada setiap pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa sensor debit air memiliki respon yang stabil terhadap perubahan debit air. Grafik ini juga memperkuat hasil analisis pada Tabel 1, di mana sensor debit air 1 mampu membaca perubahan debit air dengan baik dan memiliki karakteristik pembacaan yang mendekati nilai sebenarnya.

Tabel 4. 2 Data Sensor Debit Air 2

No	Debit Manual (L/det)	Sensor Debit 1 (L/det)	Error (%)
1	0,20	0,20	0,0
2	0,30	0,29	3,3
3	0,40	0,39	2,5
4	0,50	0,48	4,0
5	0,60	0,58	3,3
6	0,70	0,68	2,9
7	0,80	0,78	2,5
8	0,90	0,87	3,3
9	1,00	0,96	4,0
10	1,10	1,06	3,6

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian sensor debit air 2 dengan membandingkan nilai debit hasil pengukuran manual dan nilai debit yang dibaca oleh sensor. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan variasi debit air mulai dari 0,20 L/det hingga 1,10 L/det. Berdasarkan data yang ditampilkan, nilai debit yang dibaca oleh sensor debit air 2 memiliki kesesuaian yang cukup tinggi dengan nilai debit hasil pengukuran manual.

Nilai error yang diperoleh pada sensor debit air 2 berkisar antara 0,0% hingga 4,0%. Error terkecil terjadi pada pengujian pertama dengan debit manual sebesar 0,20 L/det, di mana sensor mampu membaca nilai debit yang sama dengan pengukuran manual. Sementara itu, error terbesar sebesar 4,0% terjadi pada beberapa titik pengujian dengan debit yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, nilai error sensor debit air 2 lebih kecil dibandingkan dengan sensor debit air 1, sehingga menunjukkan bahwa sensor debit air 2 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dan pembacaan yang lebih stabil.



Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Debit Manual dan Sensor Debit 2

Gambar 4.7 menunjukkan grafik perbandingan antara debit air hasil pengukuran manual dan debit air yang dibaca oleh sensor debit air 2. Sumbu horizontal menunjukkan jumlah pengujian, sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai debit air dalam satuan liter per detik (L/det). Grafik memperlihatkan bahwa nilai debit yang dibaca oleh sensor debit air 2 mengikuti pola kenaikan debit manual secara linier pada setiap pengujian.

Selisih antara nilai debit manual dan nilai debit sensor terlihat relatif kecil dan cenderung konstan pada berbagai variasi debit air. Hal ini menunjukkan bahwa sensor debit air 2 memiliki respon yang baik terhadap perubahan debit air serta mampu memberikan pembacaan yang mendekati nilai sebenarnya. Grafik ini memperkuat hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2, di mana sensor debit air 2 memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan layak digunakan sebagai bagian dari sistem pintu irigasi otomatis berbasis IoT.

4.1.1. Air dan Sudut Servo

Pengambilan data hubungan antara debit air dan sudut servo dilakukan untuk mengetahui respon motor servo sebagai aktuator terhadap perubahan nilai

debit air yang terukur oleh sensor. Data ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem kontrol pintu irigasi otomatis telah bekerja sesuai dengan logika yang telah dirancang, di mana setiap nilai debit air akan menghasilkan perubahan sudut servo tertentu. Dengan adanya data ini, dapat dianalisis kesesuaian antara nilai debit air dengan kondisi bukaan pintu irigasi.

Sebelum pengambilan data dilakukan, terlebih dahulu ditentukan batasan nilai debit air yang digunakan sebagai acuan dalam pengendalian motor servo. Nilai debit air diklasifikasikan ke dalam tiga kondisi, yaitu debit rendah, debit normal, dan debit tinggi. Pada kondisi debit rendah, motor servo dirancang untuk membuka pintu irigasi secara penuh, sedangkan pada kondisi debit normal pintu irigasi berada pada posisi setengah terbuka. Sementara itu, pada kondisi debit tinggi, motor servo akan menutup pintu irigasi untuk membatasi aliran air yang berlebihan.

Pengambilan data dilakukan dengan mengalirkan air pada saluran irigasi secara bertahap untuk menghasilkan variasi nilai debit air. Setiap perubahan debit air diamati untuk melihat perubahan sudut servo yang dihasilkan oleh sistem. Nilai debit air yang terbaca oleh sensor dan sudut servo yang dihasilkan kemudian dicatat sebagai data pengujian. Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menganalisis kinerja sistem dalam menghubungkan pembacaan sensor debit air dengan pergerakan motor servo pada sistem pintu irigasi otomatis.

Adapun tabel pengambilan data air dan sudut servo adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Data Hubungan Air dan Sudut Servo

Debit Air	Sudut Servo	Kondisi
< 0.30 L/det	90°	Terbuka penuh
0.30 – 0.60 L/det	45°	Setengah
> 0.60 L/det	0°	Tertutup

Tabel 2 hubungan debit air dan sudut servo menampilkan data hasil pengujian yang menunjukkan keterkaitan antara nilai debit air yang terbaca oleh sensor dengan sudut bukaan motor servo pada sistem pintu irigasi otomatis. Setiap baris pada tabel merepresentasikan kondisi pengujian pada waktu tertentu, di mana

nilai debit air yang terukur akan menentukan posisi sudut servo sebagai aktuator pintu irigasi.

Pada tabel tersebut, ketika nilai debit air berada di bawah batas minimum yang telah ditentukan, sudut servo tercatat sebesar 90° , yang menunjukkan bahwa pintu irigasi berada pada kondisi terbuka penuh. Selanjutnya, pada nilai debit air yang berada dalam rentang normal, sudut servo berubah menjadi 45° yang menandakan pintu irigasi dalam kondisi setengah terbuka. Ketika nilai debit air meningkat dan melebihi batas maksimum, sudut servo tercatat sebesar 0° , yang menunjukkan bahwa pintu irigasi tertutup untuk mengurangi aliran air.

Data pada tabel juga menunjukkan bahwa perubahan sudut servo terjadi secara konsisten mengikuti perubahan nilai debit air. Tidak ditemukan kondisi di mana sudut servo tidak sesuai dengan nilai debit yang terukur. Hal ini menandakan bahwa sistem kontrol yang diterapkan mampu bekerja dengan baik dalam menghubungkan data sensor debit air dengan pergerakan motor servo, sehingga sistem pintu irigasi otomatis dapat beroperasi secara stabil dan sesuai dengan perancangan.

4.2.2 Respon Servo Terhadap Debit Sensor

Pengujian respon servo terhadap debit sensor dilakukan untuk mengetahui kemampuan motor servo dalam merespon perubahan nilai debit air yang terukur oleh sensor pada sistem pintu irigasi otomatis. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa motor servo sebagai aktuator mampu bekerja sesuai dengan logika pengendalian yang telah dirancang, sehingga bukaan pintu irigasi dapat diatur secara otomatis berdasarkan kondisi aliran air.

Sebelum pengambilan data dilakukan, terlebih dahulu ditentukan batasan nilai debit air yang digunakan sebagai acuan dalam pengendalian motor servo. Nilai debit air diklasifikasikan ke dalam beberapa kondisi, yaitu debit rendah, debit normal, dan debit tinggi. Pada kondisi debit rendah, motor servo dirancang untuk membuka pintu irigasi secara penuh. Pada kondisi debit normal, motor servo akan mengatur pintu irigasi pada posisi setengah terbuka. Sementara itu, pada kondisi debit tinggi, motor servo akan menutup pintu irigasi untuk membatasi aliran air yang berlebihan.

Pengambilan data dilakukan dengan memberikan variasi debit air pada saluran irigasi secara bertahap. Setiap perubahan debit air diamati untuk melihat perubahan sudut motor servo yang dihasilkan oleh sistem. Nilai debit air yang terbaca oleh sensor serta sudut bukaan servo kemudian dicatat sebagai data pengujian. Data hasil pengujian tersebut digunakan untuk menganalisis kesesuaian antara nilai debit sensor dan respon motor servo pada sistem pintu irigasi otomatis berbasis IoT.

Adapun hasil pengambilan data Respon Servo terhadap Debit Sensor adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Respon Servo terhadap Debit Sensor

Waktu (menit)	Debit S1 (L/det)	Servo 1 (°)	Debit S2 (L/det)	Servo 2 (°)
1	0.25	90	0.28	90
2	0.35	45	0.32	45
3	0.55	45	0.50	45
4	0.65	0	0.60	45
5	0.75	0	0.70	0
6	0.60	45	0.55	45
7	0.40	45	0.35	45
8	0.28	90	0.30	45
9	0.20	90	0.25	90
10	0.50	45	0.45	45

Tabel Respon Servo Terhadap Debit Sensor menyajikan hasil pengujian yang menunjukkan hubungan antara nilai debit air yang terbaca oleh sensor dengan sudut bukaan motor servo pada sistem pintu irigasi otomatis. Tabel ini memuat data debit air dari masing-masing sensor serta sudut servo yang dihasilkan sebagai respon sistem terhadap perubahan aliran air pada setiap kondisi pengujian.

Berdasarkan data pada tabel, terlihat bahwa setiap perubahan nilai debit air direspon oleh motor servo dengan perubahan sudut yang sesuai dengan logika pengendalian yang telah ditetapkan. Ketika nilai debit air berada pada kondisi rendah, sudut servo tercatat sebesar 90° yang menandakan pintu irigasi dalam

kondisi terbuka penuh. Pada saat nilai debit air berada dalam rentang normal, sudut servo berada pada posisi 45° sehingga pintu irigasi berada pada kondisi setengah terbuka. Sementara itu, ketika nilai debit air meningkat dan melebihi batas maksimum, sudut servo berubah menjadi 0° yang menunjukkan pintu irigasi tertutup.

Data pada tabel juga menunjukkan bahwa motor servo pada masing-masing saluran irigasi bekerja secara independen sesuai dengan nilai debit sensor masing-masing. Tidak ditemukan respon servo yang tidak sesuai dengan kondisi debit air yang terukur. Hal ini menandakan bahwa sistem kontrol mampu menghubungkan pembacaan sensor debit air dengan pergerakan motor servo secara konsisten dan stabil, sehingga sistem pintu irigasi otomatis dapat berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan.

4.2.3 Data Waktu Respon Sistem

Pengambilan data waktu respon sistem dilakukan untuk mengetahui kecepatan sistem dalam merespon perubahan kondisi debit air yang terdeteksi oleh sensor. Waktu respon sistem didefinisikan sebagai selang waktu yang dibutuhkan sejak sensor membaca perubahan debit air hingga motor servo melakukan pergerakan untuk menyesuaikan bukaan pintu irigasi. Parameter ini penting untuk memastikan bahwa sistem pintu irigasi otomatis mampu bekerja secara cepat dan efektif dalam mengatur aliran air.

Sebelum pengambilan data dilakukan, sistem dipastikan berada dalam kondisi normal dan seluruh komponen berfungsi dengan baik, termasuk sensor debit air, mikrokontroler, motor servo, serta koneksi jaringan IoT menggunakan protokol MQTT. Pengujian dilakukan pada kondisi debit air yang bervariasi untuk mensimulasikan perubahan aliran air yang terjadi pada saluran irigasi. Setiap perubahan debit air diberikan secara bertahap agar respon sistem dapat diamati dengan jelas.

Pengambilan data waktu respon dilakukan dengan mencatat waktu saat terjadi perubahan debit air hingga motor servo mulai bergerak menyesuaikan posisi bukaan pintu irigasi. Proses pengukuran waktu dilakukan menggunakan stopwatch atau pencatatan waktu sistem pada mikrokontroler. Data hasil pengukuran waktu

respon sistem selanjutnya dicatat dan disajikan dalam bentuk tabel untuk dianalisis lebih lanjut guna mengetahui rata-rata waktu respon serta kestabilan sistem dalam merespon perubahan debit air.

Adapun tabel Data Waktu Respon Sistem adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Waktu Respon Sistem

Percobaan	Sensor 1 (detik)	Sensor 2 (detik)
1	2.1	2.3
2	2.0	2.2
3	2.2	2.4
4	2.1	2.3
5	2.0	2.1

Tabel 4.5 Data Waktu Respon Sistem menyajikan hasil pengukuran waktu yang dibutuhkan oleh sistem pintu irigasi otomatis dalam merespon perubahan nilai debit air yang terdeteksi oleh sensor. Waktu respon yang dimaksud adalah selang waktu sejak sensor mendeteksi perubahan debit air hingga motor servo mulai bergerak untuk menyesuaikan bukaan pintu irigasi. Tabel ini menampilkan data waktu respon untuk masing-masing sensor dan motor servo pada beberapa kali pengujian.

Berdasarkan data yang ditampilkan pada tabel, waktu respon sistem berada pada rentang waktu yang relatif konsisten pada setiap pengujian. Motor servo pada saluran irigasi pertama dan kedua menunjukkan waktu respon yang tidak berbeda secara signifikan, meskipun terdapat sedikit variasi yang dipengaruhi oleh kondisi aliran air dan komunikasi sistem. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu merespon perubahan debit air dengan cepat dan stabil.

Data pada tabel juga menunjukkan bahwa rata-rata waktu respon sistem masih berada dalam batas yang dapat ditoleransi untuk aplikasi irigasi sawah. Dengan waktu respon yang relatif singkat, sistem mampu menyesuaikan bukaan pintu irigasi tanpa mengalami keterlambatan yang berarti. Hal ini menandakan bahwa integrasi antara sensor debit air, mikrokontroler, komunikasi IoT, dan motor servo telah bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan sistem.

4.2.4 Delay Komunikasi IoT MQTT

Pengambilan data delay komunikasi MQTT dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem komunikasi data pada prototype pintu irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Delay komunikasi didefinisikan sebagai selang waktu yang dibutuhkan sejak data debit air dikirimkan (publish) oleh mikrokontroler ke broker MQTT hingga data tersebut diterima (subscribe) dan ditampilkan pada dashboard monitoring. Parameter ini penting untuk memastikan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dan pengendalian secara realtime.

Sebelum pengambilan data dilakukan, sistem komunikasi MQTT dipastikan telah terhubung dengan baik, meliputi koneksi jaringan internet, konfigurasi broker MQTT, serta pengaturan topik publish dan subscribe. Pengujian dilakukan pada kondisi jaringan yang stabil agar hasil pengukuran delay dapat merepresentasikan kinerja komunikasi sistem secara optimal. Data debit air dikirimkan secara periodik dengan interval waktu tertentu untuk mensimulasikan kondisi pengiriman data pada sistem irigasi otomatis.

Pengambilan data delay komunikasi dilakukan dengan mencatat waktu saat data dikirimkan oleh mikrokontroler dan waktu saat data diterima pada dashboard IoT. Selisih antara kedua waktu tersebut dicatat sebagai nilai delay komunikasi MQTT. Data hasil pengukuran delay selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel untuk dianalisis lebih lanjut, guna mengetahui rata-rata delay serta kestabilan komunikasi data pada sistem pintu irigasi otomatis berbasis IoT.

Tabel 4. 6 Data Delay Komunikasi IoT MQTT

Pengujian	Delay Sensor 1 (detik)	Delay Sensor 2 (detik)
1	1.5	1.6
2	1.6	1.8
3	1.4	1.7
4	1.5	1.6
5	1.6	1.7

Tabel 4.6 menyajikan data hasil pengujian delay komunikasi pada sistem IoT menggunakan protokol MQTT. Delay komunikasi yang diukur merupakan selisih waktu antara proses pengiriman data debit air dari mikrokontroler ke broker MQTT (publish) dan proses penerimaan data pada dashboard monitoring (subscribe). Pengujian dilakukan sebanyak lima kali untuk masing-masing sensor guna mengetahui kestabilan komunikasi data pada sistem.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai delay komunikasi MQTT untuk sensor debit air 1 berada pada rentang 1,4 detik hingga 1,6 detik, dengan rata-rata delay sebesar 1,52 detik. Sementara itu, sensor debit air 2 memiliki nilai delay komunikasi pada rentang 1,6 detik hingga 1,8 detik, dengan rata-rata delay sebesar 1,68 detik. Perbedaan nilai delay antara kedua sensor relatif kecil dan masih berada dalam batas yang wajar.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa komunikasi data menggunakan protokol MQTT mampu bekerja secara stabil dan mendekati realtime. Dengan delay komunikasi rata-rata di bawah 2 detik, sistem masih sangat layak digunakan untuk aplikasi monitoring dan pengendalian pintu irigasi otomatis. Tidak ditemukan kehilangan data selama proses pengujian, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem IoT MQTT yang dirancang memiliki performa komunikasi yang baik dan dapat diandalkan dalam mendukung kinerja sistem secara keseluruhan.

4.3 Pembahasan

Pembahasan ini menguraikan hasil analisis kinerja prototype pintu saluran irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan protokol MQTT. Analisis dilakukan berdasarkan data hasil pengujian yang meliputi akurasi sensor debit air, respon motor servo terhadap perubahan debit air, waktu respon sistem, serta delay komunikasi data MQTT. Seluruh hasil pengujian dianalisis secara terintegrasi untuk mengetahui kesesuaian kinerja sistem dengan perancangan yang telah ditetapkan.

Berdasarkan hasil pengujian akurasi sensor debit air, sensor debit air 1 menunjukkan nilai error pengukuran yang berada pada rentang 5,0% hingga 6,7%, dengan nilai rata-rata error sebesar 5,55%. Sementara itu, sensor debit air 2

memiliki nilai error yang lebih kecil, yaitu berada pada rentang 0,0% hingga 4,0%, dengan rata-rata error sebesar 2,94%. Perbedaan nilai error antara kedua sensor dipengaruhi oleh faktor posisi pemasangan sensor dan kondisi aliran air pada masing-masing saluran. Meskipun demikian, kedua sensor masih menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik dan layak digunakan sebagai input utama dalam sistem pengendalian pintu irigasi otomatis.

Analisis respon motor servo terhadap perubahan debit air menunjukkan bahwa sistem kontrol mampu bekerja sesuai dengan logika yang telah dirancang. Pada kondisi debit air rendah (kurang dari 0,30 L/det), motor servo berada pada sudut 90° yang menandakan pintu irigasi terbuka penuh. Pada kondisi debit air normal (0,30–0,60 L/det), motor servo berada pada sudut 45° sehingga pintu irigasi berada pada kondisi setengah terbuka. Sementara itu, pada kondisi debit air tinggi (lebih dari 0,60 L/det), motor servo bergerak ke sudut 0° yang menunjukkan pintu irigasi tertutup. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan sudut servo terjadi secara konsisten mengikuti perubahan nilai debit air tanpa adanya kesalahan respon.

Waktu respon sistem dianalisis berdasarkan selang waktu antara perubahan debit air yang terdeteksi oleh sensor hingga motor servo mulai bergerak menyesuaikan posisi pintu irigasi. Berdasarkan data pengujian, waktu respon sistem untuk sensor debit air 1 berada pada rentang 2,0 hingga 2,2 detik dengan rata-rata waktu respon sebesar 2,08 detik. Sementara itu, sensor debit air 2 memiliki waktu respon pada rentang 2,1 hingga 2,4 detik dengan rata-rata sebesar 2,26 detik. Nilai waktu respon tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu merespon perubahan debit air dengan cukup cepat dan masih sesuai untuk kebutuhan aplikasi irigasi sawah.

Analisis delay komunikasi data IoT menggunakan protokol MQTT menunjukkan bahwa sistem komunikasi mampu bekerja secara stabil dan hampir realtime. Berdasarkan hasil pengujian, nilai delay komunikasi MQTT untuk sensor debit air 1 berada pada rentang 1,4 hingga 1,6 detik dengan rata-rata 1,52 detik, sedangkan sensor debit air 2 memiliki delay pada rentang 1,6 hingga 1,8 detik dengan rata-rata 1,68 detik. Tidak ditemukan kehilangan data selama proses pengujian, sehingga komunikasi data antara mikrokontroler dan dashboard monitoring dapat dikatakan andal dan stabil.

Berdasarkan seluruh hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototype pintu saluran irigasi otomatis berbasis IoT MQTT mampu bekerja sesuai dengan perancangan. Sensor debit air memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan nilai error rata-rata di bawah 6%, motor servo mampu merespon perubahan debit air secara konsisten sesuai logika kontrol, waktu respon sistem berada pada kisaran 2 detik, serta komunikasi data MQTT memiliki delay rata-rata di bawah 2 detik. Dengan demikian, sistem ini layak digunakan sebagai prototype pengendalian pintu irigasi otomatis yang efektif dan efisien.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan pada prototype pintu irigasi sawah otomatis berbasis Internet of Things (IoT), diperoleh berbagai data yang menggambarkan kinerja sistem secara menyeluruh. Pengujian mencakup aspek akurasi sensor debit air, respon motor servo terhadap perubahan debit air, waktu respon sistem, serta delay komunikasi data menggunakan protokol MQTT. Seluruh pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian dan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap komponen utama dalam sistem, baik sensor, mikrokontroler, aktuator, maupun sistem komunikasi IoT, telah terintegrasi dan berfungsi dengan baik. Data yang diperoleh dari setiap pengujian dianalisis untuk menilai tingkat keandalan, kestabilan, dan efektivitas sistem dalam mengatur aliran air pada saluran irigasi sawah. Selain itu, pengujian juga memberikan gambaran mengenai keterbatasan sistem, khususnya terkait ketergantungan terhadap kualitas jaringan internet dalam proses monitoring dan kontrol jarak jauh.

Berdasarkan analisis terhadap data-data tersebut, selanjutnya dapat dirumuskan kesimpulan penelitian yang merangkum pencapaian tujuan penelitian, kinerja sistem yang telah dibangun, serta efektivitas prototype dalam mendukung pengelolaan irigasi sawah secara otomatis. Kesimpulan ini disusun berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32, dua sensor debit air YF-S201, dan dua motor servo sebagai aktuator. Berdasarkan hasil pengujian sensor debit air, sensor debit

air 1 memiliki nilai error pengukuran pada rentang 5,0%–6,7% dengan rata-rata error sebesar 5,55%, sedangkan sensor debit air 2 memiliki nilai error yang lebih kecil yaitu pada rentang 0,0%–4,0% dengan rata-rata 2,94%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu membaca perubahan debit air secara konsisten dan cukup akurat untuk dijadikan dasar pengambilan keputusan dalam sistem pengendalian pintu irigasi otomatis. Selain itu, motor servo mampu bergerak sesuai logika kontrol, yaitu membuka penuh pada debit rendah ($< 0,30$ L/det), membuka sebagian pada debit normal (0,30–0,60 L/det), dan menutup pada debit tinggi ($> 0,60$ L/det).

2. Sistem pengairan sawah berbasis IoT yang dirancang dapat melakukan monitoring dan kontrol secara jarak jauh melalui smartphone selama mikrokontroler dan perangkat pengguna terhubung pada jaringan internet yang stabil. Berdasarkan hasil pengujian delay komunikasi menggunakan protokol MQTT, sensor debit air 1 memiliki delay komunikasi pada rentang 1,4–1,6 detik dengan rata-rata 1,52 detik, sedangkan sensor debit air 2 memiliki delay pada rentang 1,6–1,8 detik dengan rata-rata 1,68 detik. Nilai delay tersebut menunjukkan bahwa komunikasi data berjalan hampir realtime dan tidak mengalami kehilangan data selama pengujian. Dengan demikian, sistem monitoring dan kontrol pintu irigasi dapat berjalan dengan baik selama kondisi jaringan internet dalam keadaan normal dan stabil.
3. Berdasarkan hasil pengujian kinerja sistem secara keseluruhan, prototipe alat pintu irigasi sawah otomatis dapat dikatakan efektif dalam mengatur aliran air sesuai dengan kondisi debit yang terdeteksi. Waktu respon sistem dari pendeteksian debit air hingga pergerakan motor servo berada pada rentang 2,0–2,4 detik, dengan rata-rata waktu respon sebesar 2,17 detik, yang masih sangat sesuai untuk aplikasi irigasi sawah. Kombinasi antara akurasi sensor yang cukup baik, respon servo yang konsisten, serta komunikasi IoT yang stabil menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi ketergantungan pada pengoperasian manual dan berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan air irigasi. Oleh karena itu, prototipe

ini dinilai efektif dan layak dikembangkan lebih lanjut untuk skala implementasi yang lebih besar.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan sensor debit air dengan tingkat presisi yang lebih tinggi atau menambahkan metode kalibrasi otomatis secara berkala. Hal ini bertujuan untuk menurunkan nilai error pengukuran yang pada penelitian ini masih berada pada kisaran 0,0%–6,7%, sehingga sistem dapat menghasilkan pembacaan debit air yang lebih akurat dan stabil dalam jangka waktu penggunaan yang panjang.
2. Disarankan untuk mengoptimalkan sistem komunikasi IoT dengan menerapkan pengaturan Quality of Service (QoS) pada protokol MQTT atau menggunakan jaringan yang lebih stabil. Dengan demikian, delay komunikasi yang pada penelitian ini berada pada rentang 1,4–1,8 detik dapat diperkecil, sehingga proses monitoring dan pengendalian pintu irigasi dapat dilakukan secara lebih realtime dan responsif..
3. Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat diterapkan pada skala irigasi yang lebih besar dengan menambah jumlah sensor dan aktuator. Selain itu, fitur tambahan seperti penyimpanan data historis, notifikasi otomatis, serta integrasi dengan sensor pendukung lainnya (misalnya sensor ketinggian air atau kelembaban tanah) dapat meningkatkan efektivitas sistem dalam pengelolaan irigasi sawah secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfarisi, M. S. (2020). Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Otomatis Organik Anorganik Dan Logam Berbasis Arduino. 5(1), 1–7.
- Chamim, A.N. 2020. Penggunaan Microcontroller sebagai Pendeteksi Posisi dengan Menggunakan Sinyal GSM. *Jurnal Informatika* 4(1): 430-439.
- Evalina, N., Pasaribu, F. I., H, A. A., & Sary, A. (2022). Penggunaan Arduino Uno Untuk Mengatur Temperatur Pada Oven. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 122–128. <https://doi.org/10.30596/rele.v4i2.9559>
- García Reyes, L. E. (2013). Sensor Ultrasonic. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Gres Amole Yulianus, E., Pangaribuan, P., & Wibowo, A. S. (2020). Rancang Bangun Prototipe Sistem Otomatisasi Irigasi Pada Empat Petak Lahan Sawah. 7(2), 3010–3016.
- Hasri Awal. (2019). Perancangan Prototype Smart Home Dengan Konsep Internet of Thing (IoT) Berbasis Web Server. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 26, 65–79. <https://doi.org/10.35134/jmi.v26i2.53>
- Hilal, A., & Manan, S. (2015). Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak Cctv Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang Icu. *Gema Teknologi*, 17(2), 95–99. <https://doi.org/10.14710/gt.v17i2.8924>
- Ir Djoko Purwanto, S., & Rudy Dikairono, Me. (2016). Final Project-Te 141599 Development of Remotely Control for Vacuum Cleaner Service Robot Based on Internet of Things Adrie Sentosa Nrp 2212 100 078.
- Jhon Hardy Purba1. (2011). 10(3), 145–155.
- Karismawati, A., Sukmono, A., & Sasmito, B. (2019). Analisis Perbandingan Identifikasi Kekeringan Lahan Sawah Metode Drought Index Dan Vegetation Index Pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kabupaten Kendal, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(4), 21–30.
- Loka, W. P., Sumadja, W. A., & Resmi. (2017). sistem monitoring pintu irigasi sawah otomatis berbasis internet of things (IOT). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 21(2), 1689–1699.

[https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance Notebook 2.6 Smoke.pdf](https://www.oecd.org/dac/accountable-effective-institutions/Governance%20Notebook%202.6%20Smoke.pdf)

- Makasudede, Y. (2021). Bab 2 tinjauan pustaka. 8–45.
- Pasaribu, F. I., Evalina, N., & Nasution, E. S. (2024). Disain Alat Monitoring Real-Time Dari Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Internet of Things. *RELE (Rekayasa Elektrikal ...)*, 6(2), 128–134.
- Perdana, J. P., & Wellem, T. (2023). Perancangan Dan Implementasi Sistem Kontrol Untuk Tempat Sampah Otomatis Menggunakan Arduino Dan Sensor Ultrasonik. *IT-Explore: Jurnal Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 2(2), <https://doi.org/10.24246/itexplore.v2i2.2023.pp104-117>
- Safii, M., Rosita, I., Jamal, J., Pamungkas, W. H., Atma, Y. D., Idris, N. Bin, & Daffa, A. (2022). Monitoring Ketinggian Permukaan Air Menggunakan Telegram Bot Berbasis NODEMCU ESP8266. *Metik Jurnal*, 6(2), 123–132. <https://doi.org/10.47002/metik.v6i2.384>
- Selvia Laurin, M., & Rahman, H. (2015). Implementasi Prototype Sistem Kendali Kunci Pintu Dengan Smartphone Android Berbasis Microcontroller Avr Atmega 328 Dan Fuzzy Logic. *Jurnal PROSISKO*, 2(1), 27–33. www.kajianpustaka.com
- Setiawan, P., & Anggraeni, E. Y. (2018). Purwarupa Sistem Pengairan Sawah Otomatis Dengan Arduino Berbasis Artificial Intelegent. *Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan* <https://doi.org/10.36448/jsit.v9i2.1086> *Telematika*, 9(2).
- Simamora, B. apriko. (2022). Rancang bangun monitoring gagal fasa pada listrik 3 fasa berbasis IoT.
- Widharma, I. G. S. (2020). Sensor Ultrasonik dalam Water Level Controller. *Politeknik Negeri Bali 2020*, 1(1), 1–11.
- Widiastuti, F. (2017). Lahan Sawah Sebagai Pendukung Ketahanan Pangan serta Strategi Pencapaian Kemandirian Pangan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(3), 17–30.
- Tedy Rismawan, A. , F. T. (2016). Prototype Sistem Kontrol Pintu Air Otomatis Pada Saluran Irigasi Lahan Pertanian Padi Daerah Aliran Sungai (Das) Air

Asin. *Coding Jurnal Komputer Dan Aplikasi*, 4(2), 35–46.
<https://doi.org/10.26418/coding.v4i2.14711>

Area, U. M. (2023). *SKRIPSI OLEH : DEWI RAMADHANI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area Oleh :*

Ayyasy, F. D., & Umar, S. T. (2021). *Rancang Bangun Prototipe Pintu Irigasi Sawah Otomatis Berbasis Arduino*.
http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/93674%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/93674/3/REVISI_NASPUP_FALLAH_DHIYA_%28UPLOAD_PERPUS_fix%29%281%29.pdf

Fitriyah, N. Q., Rizki, D., & Putra, D. (2025). *JAGUNG MENGGUNAKAN SENSOR KELEMBAPAN*. 13(2), 1098–1104.

Suhardi, S. (2020). Rancang Bangun Prototipe Saluran Irigasi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 8(1), 58–70.
<https://doi.org/10.29303/jrpb.v8i1.169>



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jl. Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN

NAMA : MUHAMMAD WAHYU MIRZA
NPM : 2107220054
JUDUL : RANCANG BANGUN PROTOTYPE SALURAN IRIGASI SAWAH
OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PENDISTRIBUSIAN
DEBIT AIR BERBASIS MIKROKONTROLLER

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	19/5-'25	Ass. Bab I & Penyempurnaan	h
2	9/6-'25	Ass. Bab I & Bab II Penyempurnaan Terdiri pada bab	h
3.	23/6-'25	Ass. Bab III	h
4.	30/6-'25	Ass. Bab III & Revisi	h
5.	24/7-'25	Ass. Bab I s.d III & Penyempurnaan	h

Dosen Pembimbing

Ir. Abdul Azis Hutasuhut, MM



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jl. Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN

NAMA : MUHAMMAD WAHYU MIRZA
NPM : 2107220054
JUDUL : RANCANG BANGUN PROTOTYPE PINTU SALURAN IRIGASI
SAWAH OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR
PENDISTRIBUSIAN DEBIT AIR BERBASIS MIKROKONTROLLER

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	10/9 - '25	Ass. ke-1 Skripsi	
2	17/10 - '25	Ass. Bab II & III penyempurnaan	
3	24/10 - '25	Ass. Bab III & Evaluasi	
4	07/11 - '25	Ass. Bab IV & bab IV	
5	15/11 - '25	Ass. Bab IV	
6	24/11 - '25	Ass & Evaluasi Bab IV	
7	01/12 - '25	Ass. Ulang & penyempurnaan bab IV	
8	20/12 - '25	Ass. Bab IV & V	
9.	02/2 - '26	Ass. & Evaluasi serta Ass. Semula	

Dosen Pembimbing

Ir. Abdul Azis Hutasuht, MM.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

LEMBAR ASISTENSI BIMBINGAN

NAMA : MUHAMMAD WAHYU MIRZA
NPM : 2107220054
JUDUL : RANCANG BANGUN PROTOTYPE PINTU SALURAN IRIGASI SAWAH OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR PENDISTRIBUSIAN DEBIT AIR BERBASIS MIKROKONTROLLER

No.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	05/3-'26	Evaluasi hasil skripsi	
2.	25/3-'26	As. ulang Bab 1, 2 & 3	
3.	11/4-'26	Evaluasi & fee mengikuti sidang skripsi	

Dosen Pembimbing

Ir. Abdul Azis Hutasuhut, MM.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama Lengkap	: Muhammad Wahyu Mirza
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 8 Juli 2002
Usia	: 24 Tahun
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Status Perkawinan	: Belum Menikah
Kewarganegaraan	: Indonesia
Tinggi / Berat Badan	: 175 cm / 65 kg
Alamat	: JL.Bunga Wijaya Kesuma 23 No.7 Medan
Nomor HP	: +62 821-8131-0773
Email	: wahyumirza87@gmail.com
Riwayat Pendidikan	
SD	: SD Muhammadiyah 03 (2008 – 2014)
SMP	: SMP Muhammadiyah 03 (2014 – 2017)
SMA / MA	: SMK Telkom 01 Medan (2017 – 2020)
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (2021 – 2026)