

PROPOSAL SKRIPSI

**MONITORING ALAT HITUNG TETESAN INFUS
DENGAN ESP32**

DISUSUN OLEH

AIDIL AZHAR

NPM. 2109020137



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN**

2025

**MONITORING ALAT HITUNG
TETESAN INFUS DENGAN ESP32**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi pada
Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara**

AIDILAZHAR

NPM. 2109020137

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI FAKULTAS ILMU
KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : MONITORING ALAT HITUNG
TETESAN INFUS DENGAN ESP32
Nama Mahasiswa : AIDIL AZHAR
NPM : 2109020137
Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui Komisi Pembimbing



Amrullah, S.Kom. , M.Kom
NIDN. 0125118604

Ketua Program Studi



Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom
NIDN.0117019301

Dekan



Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom
NIDN.0128099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

MONITORING ALAT HITUNG TETESAN INFUS DENGAN ESP32

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 28 Februari 2025

Yang membuat pernyataan



Aidil Azhar

NPM.210920137

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aidil Azhar
NPM : 2109020137
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

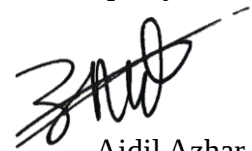
Monitoring Alat Hitung Tetesan Infus Dengan ESP32

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya

Medan, 28 Februari 2025

Yang membuat pernyataan



Aidil Azhar

NPM.2109020137

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Aidil Azhar
Tempat,Tanggal Lahir	: Medan, 26 November 2003
Alamat Rumah	: Dusun II desa lalang tunggal
Telepon/Faks/HP	083898981213
E-mail	: aidilazhar247@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: SD Negeri 101729	TAMAT: 2016
SMP	: MTsN Kisaran	TAMAT: 2019
SMA	: SMK Muhammadiyah 10 Kisaran	TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah SWT atas rahmat-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Komputer pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moril maupun materil kepada Penulis. Dan Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan hingga masa penyusunan skripsi, sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, Penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.KOM Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU
3. Bapak Halim Maulana, S.T., M.Kom. selaku Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU dan Selaku Dosen Penguji Saya
4. Bapak Dr. Lutfi Basit, S.Sos., M.I.Kom selaku Wakil Dekan II Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU

5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi
6. Bapak Mhd. Basri , S.Si., M.Kom, selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi
7. Bapak Amrullah, S.kom., M.Kom selaku Dosen Pembimbing saya yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulisan menempuh studi serta yang selalu mengingatkan penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini
8. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat saya ucapkat satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini

Medan, 28 Februari 2025

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Aidil Azhar', with a long horizontal line extending from the end of the signature.

Aidil Azhar

MONITORING ALAT HITUNG TETESAN INFUS DENGAN ESP32

ABSTRAK

Teknologi Internet of Things (IoT) telah menjadi solusi inovatif dalam berbagai sektor, termasuk bidang kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring alat hitung tetesan infus berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem ini menggabungkan sensor optocoupler untuk menghitung tetesan infus per menit (TPM) dan sensor load cell melalui modul HX711 untuk mendeteksi volume cairan infus secara real-time. Data dari sensor ditampilkan secara lokal melalui LCD 16x2 dan dikirim secara nirkabel ke platform Blynk melalui koneksi Wi-Fi, memungkinkan tenaga medis untuk memantau kondisi infus dari jarak jauh. Untuk mendukung pengambilan keputusan cerdas, metode logika fuzzy diterapkan untuk mengklasifikasikan laju infus ke dalam empat kategori: “Mati”, “Pelan”, “Sedang”, dan “Kencang”, berdasarkan input dari TPM dan volume infus. Sistem juga dilengkapi dengan buzzer sebagai alarm peringatan apabila infus berhenti atau hampir habis. Penggunaan ESP32 dalam sistem ini memberikan keunggulan dalam efisiensi daya, fleksibilitas koneksi, serta kemampuan pemrosesan data secara simultan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara akurat dan stabil dalam mendeteksi kondisi infus serta mengirimkan notifikasi secara real-time. Keunggulan lainnya adalah desain yang modular dan biaya produksi yang relatif rendah, sehingga sistem ini dapat dijadikan prototipe awal untuk pengembangan alat infus pintar di masa depan. Namun demikian, masih terdapat beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan terhadap koneksi Wi-Fi dan pengujian yang terbatas pada satu jenis cairan infus. Dengan demikian, penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam sistem monitoring kesehatan berbasis IoT yang lebih adaptif dan handal.

Kata kunci: Internet of Things, ESP32, Infus, Fuzzy Logic, Blynk, Monitoring

MONITORING SYSTEM FOR INTRAVENOUS DRIP COUNTER BASED ON INTERNET OF THINGS (IoT) USING ESP32

The Internet of Things (IoT) has emerged as an innovative solution in various fields, including healthcare. This research aims to design and implement an IoT-based monitoring system for intravenous (IV) drip counting using the ESP32 microcontroller. The system integrates an optocoupler sensor to count drips per minute and a load cell with the HX711 module to detect infusion fluid volume in real-time. The sensor data is displayed on a 16x2 LCD and transmitted wirelessly to the Blynk platform via Wi-Fi, allowing medical staff to monitor IV conditions remotely. To enhance intelligent decision-making, fuzzy logic is applied to classify the infusion rate into four categories: “Off”, “Slow”, “Moderate”, and “Fast”, based on input from drip rate and fluid volume. The system also features a buzzer alarm that activates when the infusion stops or nears depletion. The ESP32 provides advantages such as low power consumption, flexible connectivity, and efficient real-time processing, making it highly suitable for this application. Test results demonstrate that the system operates accurately and reliably in detecting IV conditions and sending notifications in real-time. Additional advantages include a modular design and relatively low production cost, making the system a promising prototype for the development of smart infusion monitoring devices. Nevertheless, limitations such as reliance on stable Wi-Fi and restricted testing conditions remain. Therefore, this study paves the way for further development of adaptive and reliable IoT-based healthcare monitoring systems.

Keywords: Internet of Things, ESP32, Infusion, Fuzzy Logic, Blynk, Monitoring

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	ii
LEMBARAN PENGESAHAN	iii
PENYATAAN ORISINALITAS	iv
PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
RIWAYAT HIDUP	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Infus dan Sistem Pemantauan Infus	8
2.2 Internet of Thing (IoT) Dalam Kesehatan	10
2.3 Mikrokontroler ESP32	11
2.4 Loadcel 1kg & Amplifier HX711	13
2.5 LCD 16x2 (Liquid Crystal Display).....	16
2.6 Sensor Optocoupler.....	19
2.7 Motor Servo SG90.....	21
2.8 Buzzer	23
2.9 Arduino IDE.....	25
2.9.1 Langkah Langkah memulai project di Arduino IDE	27
2.10 Bahasa Pemrograman C/C++	29
2.10.1 Mengapa Harus Menggunakan Bahasa Pemrograman C/C++	31

2.10.2 Contoh Kode Sederhana Penggunaan Bahasa C/C++	32
2.11 Blynk.....	33
2.11.1 Perbandingan Blynk dengan Platform IoT Lainnya	36
2.12 Fuzzy.....	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Metode Penelitian.....	41
3.2 Tahapan Penelitian	42
3.3 Perancangan Sistem	44
3.3.1 Wiring atau Skematik Alat Pada Sistem	44
3.3.2 Flowchart Sistem.....	46
3.3.3 Arsitektur Sistem	47
3.4 Pengujian dan Evaluasi	48
3.4.1 Metode Pengujian	48
3.4.2 Evaluasi Sistem	49
3.5 Model Pembuatan Himpunan Fuzzy.....	49
3.6 Penentuan kebutuhan tetesan berdasarkan penyakit	51
3.7 Waktu Penelitian	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Hasil Penelitian.....	54
4.2 Hasil Perancangan Alat	54
4.3 Pengujian Alat Keseluruhan.....	55
4.3.1 Pengujian Fungsional Komponen.....	55
4.3.2 Pengujian Respon Fuzzy Logic dan Notifikasi	55
4.3.3 Pengujian Platform Blynk	56
4.4 Implementasi Coding	59
4.5 Kelebihan.....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	66

DAFAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Motor Servo SG90	34
Tabel 2.2 Perbandingan Blynk	36
Tabel 3.1 Variabel Input	49
Tabel 3.2 Variabel Output	49
Tabel 3.3 Fungsi Keanggotaan	50
Tabel 3.4 Kebutuhan Pasien Berdasarkan Penyakit	51
Tabel 3.5 Waktu Penelitian	53
Tabel 4.1 Pengujian Alat Keseluruhan	55
Tabel 4.2 Pengujian Respon Fuzzy	55
Tabel 4.3 Library dan Konstanta	59
Tabel 4.4 Pin dan Variabel	60
Tabel 4.5 Interrupt dan Setup	60
Tabel 4.6 Fungsi Loop()	60
Tabel 4.7 Alarm dan Notifikasi	61
Tabel 4.8 Fungsi Blynk_Write()	61
Tabel 4.9 Output ke Blynk	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Infus	10
Gambar 2.2 ESP32 & Pin Out.....	13
Gambar 2.3 Loadcell 1kg & Amplifier HX711.....	16
Gambar 2.4 LCD I2C 16x2	19
Gambar 2.5 Sensor Optocoupler	21
Gambar 2.6 Motor Servo SG90.....	23
Gambar 2.7 Buzzer.....	25
Gambar 2.8 Tampilan Sketch Pada Arduino IDE	27
Gambar 2.9 Aplikasi Blynk.....	35
Gambar 3.1 Diagram Metode Penelitian	41
Gambar 3.2 Wiring Atau Skematik Sistem	45
Gambar 3.3 Flowchart Sistem	46
Gambar 3.4 Himpunan Fuzzy berdasarkan penyakit.....	54
Gambar 4.1 Alat Keseluruhan	54
Gambar 4.2 Pengujian respons fuzzy logic dan notifikasi	56
Gambar 4.3 Infus Mati	57
Gambar 4.4 Infus Pelan	57
Gambar 4.5 Infus Sedang	58
Gambar 4.6 Infus Cepat.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Infus merupakan salah satu prosedur medis yang berfungsi untuk menyalurkan cairan, obat-obatan, atau nutrisi langsung ke dalam sistem peredaran darah pasien melalui pembuluh vena. Metode ini banyak digunakan di berbagai fasilitas layanan kesehatan, terutama bagi pasien yang memerlukan pengaturan cairan tubuh secara teratur dan berkelanjutan, seperti pasien pascaoperasi, penderita dehidrasi, atau individu dengan kondisi medis tertentu yang membutuhkan terapi intravena (Suryanto et al., 2020). Pemberian infus memiliki peran penting dalam praktik klinis karena memungkinkan tenaga medis mengatur dosis serta laju aliran cairan sesuai dengan kebutuhan fisiologis dan kondisi klinis pasien.

satu aspek terpenting dari terapi infus adalah pengaturan laju infus, yaitu kecepatan di mana cairan diberikan kepada pasien, yang diukur dalam tetes per menit (TPM). Peraturan ini harus dilaksanakan dengan cermat untuk memastikan bahwa dosis cairan yang diberikan kepada pasien sesuai dengan kebutuhan fisiologis mereka. Pengelolaan yang tidak tepat terhadap laju infus dapat mengakibatkan konsekuensi serius, seperti kelebihan cairan yang mengarah pada hipervolemi, atau kekurangan cairan yang dapat menyebabkan hipovolemia (Putra dan Wijaya, 2021). Oleh karena itu, proses penetapan laju infusi yang tepat sangat penting untuk menjaga stabilitas kondisi pasien dan memastikan efektivitas terapi intravena yang diberikan. (Putra dan Wijaya, 2021).

Pada Di sebagian besar fasilitas kesehatan, proses perhitungan laju infus masih dilakukan secara manual oleh tenaga medis. Meskipun metode ini mudah dan tidak memerlukan peralatan tambahan, ia memiliki beberapa kelemahan yang signifikan. Salah satu adalah tingginya kemungkinan terjadinya kesalahan manusia dalam proses pengukuran, khususnya ketika tenaga medis harus merawat beberapa pasien sekaligus. Selain itu, metode

manual menyulitkan untuk menjaga laju infusi yang stabil dalam waktu lama, terutama pada pasien dengan kebutuhan cairan yang sensitif. Satu batasan yang sering dijumpai adalah kurangnya kemampuan untuk melakukan pemantauan secara terus-menerus, terutama di rumah sakit atau klinik yang mempunyai tenaga medis terbatas (Santoso dan Lestari, 2023). Oleh karena itu, kesalahan dalam perhitungan dan pemantauan laju infus dapat berdampak buruk pada kondisi pasien. Kesalahan ini dapat menyebabkan hipervolemia akibat konsumsi cairan yang berlebihan atau hipovolemia disebabkan oleh asupan cairan yang tidak cukup (Rahman et al. , 2022). Kondisi-kondisi ini dapat mengurangi efektivitas terapi intravena dan membahayakan stabilitas fisiologis pasien jika tidak segera diperbaiki.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, penerapan Internet of Things (IoT) telah merambah berbagai bidang, termasuk sektor kesehatan yang menuntut sistem pemantauan dan pengendalian yang presisi serta efisien. Salah satu penerapannya adalah pada sistem pemantauan infus otomatis, yang memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara real-time tanpa ketergantungan penuh pada observasi manual. Dalam konteks ini, mikrokontroler ESP32 menjadi salah satu perangkat yang ideal untuk digunakan karena telah dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, yang mendukung proses transmisi data secara cepat dan nirkabel (Saputra & Hidayat, 2022). Dengan mengintegrasikan berbagai sensor, seperti sensor optocoupler untuk mendeteksi tetesan cairan dan sensor beban (load cell) untuk mengukur volume infus yang tersisa, sistem ini mampu menghitung laju tetesan infus secara otomatis. Data hasil pengukuran tersebut kemudian Data hasil pembacaan sensor kemudian ditransmisikan ke perangkat seluler atau platform berbasis web melalui koneksi internet, sehingga memungkinkan tenaga medis untuk memantau kondisi infus secara jarak jauh dengan tingkat akurasi dan efisiensi yang lebih tinggi (Halim et al., 2023). Pendekatan berbasis IoT ini tidak hanya meningkatkan efektivitas dalam proses pemantauan,

tetapi juga membantu mengurangi potensi kesalahan manusia serta mempercepat tindakan korektif ketika terjadi kondisi infus yang tidak normal.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang serta mengimplementasikan sistem pemantauan infus berbasis mikrokontroler ESP32 yang mampu menghitung jumlah tetesan infus secara akurat dan menampilkan hasil pemantauan secara real-time. Melalui integrasi antara sensor dan teknologi konektivitas nirkabel, sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi serta ketepatan dalam proses penghitungan laju infus, sekaligus meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan manusia dalam pemberian cairan kepada pasien. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas layanan kesehatan, khususnya dalam aspek otomatisasi dan keberlanjutan pemantauan terapi infus di lingkungan medis.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini secara komprehensif akan membahas perancangan, implementasi, serta pengujian sistem pemantauan infus berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam proses pemantauan pemberian cairan infus kepada pasien. Melalui pendekatan ini, diharapkan sistem dapat berkontribusi terhadap peningkatan mutu pelayanan kesehatan, baik di rumah sakit maupun di berbagai fasilitas medis lainnya, dengan menyediakan mekanisme pemantauan yang lebih akurat, otomatis, dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan versi penyempurnaan kalimat Anda agar lebih formal dan sesuai gaya akademik untuk bagian Rumusan Masalah dalam skripsi:

1. Rancanglah sistem pemantauan penghitung tetesan infus yang berbasis ESP32,

yang mampu menghitung tetesan infus dengan tepat dan menampilkan data secara langsung.

2. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem pemantauan infus untuk meningkatkan efisiensi serta akurasi proses pemantauan pasien secara terus-menerus.
3. Taksir keakuratan sistem pemantauan infus berbasis ESP32 dibandingkan dengan metode manual yang saat ini digunakan di fasilitas kesehatan.
4. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau pengaruh penerapan sistem pemantauan infus berbasis mikrokontroler ESP32 terhadap peningkatan efisiensi kerja tenaga medis serta keselamatan pasien selama proses terapi infus. Sistem yang dikembangkan berfungsi untuk menghitung jumlah tetesan infus secara akurat dan menampilkan data pemantauan secara real-time melalui platform digital. Selain itu, penelitian ini juga membandingkan tingkat akurasi sistem otomatis dengan metode manual yang umumnya digunakan di fasilitas kesehatan. Tujuan utamanya adalah untuk mengevaluasi sejauh mana sistem berbasis ESP32 dapat meningkatkan ketepatan perhitungan tetesan infus serta memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional dan keselamatan pasien dalam praktik medis sehari-hari.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan dengan batasan-batasan tertentu guna menjaga fokus dan konsistensi arah penelitian. Pembatasan ini bertujuan untuk memastikan ruang lingkup penelitian tetap terarah serta hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem pemantauan jumlah tetesan cairan infus secara real-time menggunakan

mikrokontroler ESP32, tanpa mencakup mekanisme pengendalian otomatis terhadap laju aliran infus.

2. Data hasil pemantauan dikirim dan ditampilkan melalui platform Internet of Things (IoT) berbasis web atau aplikasi seluler, sehingga memudahkan tenaga medis untuk melakukan pemantauan jarak jauh terhadap kondisi infus pasien.
3. Pengujian sistem dilakukan di lingkungan laboratorium dengan kondisi dan parameter yang terkontrol, oleh karena itu, hasil pengujian mungkin belum sepenuhnya mewakili variasi kondisi nyata yang terjadi di lingkungan klinis atau rumah sakit.
4. Sensor yang digunakan dalam sistem ini hanya berfungsi untuk mendeteksi jumlah tetesan cairan infus (IV drop) dan tidak mempertimbangkan variabel fisiologis lain seperti suhu tubuh, tekanan darah, maupun tingkat hidrasi pasien.
5. Sistem ini diuji menggunakan satu jenis cairan infus standar dan belum dilakukan pengujian terhadap berbagai jenis cairan infus lainnya yang memiliki perbedaan viskositas atau karakteristik fisik yang dapat memengaruhi akurasi pengukuran.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan panduan yang terstruktur dalam proses pengembangan dan penerapan sistem pemantauan infus tetes berbasis mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi serta akurasi dalam proses pemantauan cairan infus di lingkungan medis. Secara khusus, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem pemantauan infus berbasis mikrokontroller ESP32 yang mampu secara otomatis mendeteksi dan menghitung jumlah tetesan infus dengan tingkat akurasi yang tinggi.

2. Mengembangkan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat mengirimkan serta menampilkan data hasil pemantauan cairan infus secara real-time melalui platform berbasis web maupun aplikasi mobile.
3. Menganalisis tingkat akurasi sistem dalam menghitung laju infus dengan melakukan perbandingan terhadap metode manual yang umumnya digunakan oleh tenaga medis di fasilitas kesehatan.
4. Menilai efektivitas penerapan sistem pemantauan infus otomatis dalam konteks praktik medis, untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat membantu mengurangi beban kerja tenaga medis serta meningkatkan efisiensi proses pemantauan pasien.
5. Mengidentifikasi berbagai hambatan teknis maupun nonteknis yang muncul selama proses perancangan dan implementasi sistem, guna memberikan rekomendasi perbaikan dan arah pengembangan lebih lanjut di masa yang akan datang.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini, baik dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi embedded system maupun dalam penerapannya pada dunia medis, adalah sebagai berikut:

1. Memberikan solusi lebih efisien dan akurat, dalam proses pemantauan laju tetesan infus, sehingga dapat mengurangi potensi kesalahan manusia (human error) yang sering terjadi pada metode perhitungan manual.
2. Meningkatkan tingkat keselamatan pasien dengan memastikan bahwa cairan infus diberikan sesuai dengan dosis, volume, dan laju tetesan yang telah ditentukan, sehingga mendukung efektivitas terapi intravena.

3. Menjadi acuan dan referensi ilmiah bagi pengembangan sistem monitoring kesehatan berbasis Internet of Things (IoT), khususnya dalam bidang pemantauan cairan infus dan perangkat medis cerdas lainnya.

Menyediakan dasar penelitian untuk pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi sistem dengan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) guna melakukan analisis data infus secara prediktif dan mendukung pengambilan keputusan medis yang lebih cepat dan tepat

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Infus dan Sistem Pemantauan Infus

Infus merupakan salah satu prosedur medis yang paling umum diterapkan dalam pelayanan kesehatan, baik di rumah sakit, klinik, maupun fasilitas rawat jalan. Terapi infus adalah proses pemberian cairan, obat-obatan, elektrolit, atau nutrisi secara langsung ke dalam sistem peredaran darah pasien melalui pembuluh vena, dengan memanfaatkan gaya gravitasi atau bantuan tekanan mekanis sebagai penggerak aliran (Suryanto et al., 2020). Metode ini berperan penting dalam penanganan pasien yang mengalami dehidrasi berat, ketidakseimbangan elektrolit, defisiensi nutrisi, ataupun kondisi medis yang membutuhkan pengaturan dosis obat secara presisi. Dalam konteks pelayanan klinis, infus menjadi salah satu komponen utama dalam manajemen perawatan pasien, baik pada situasi darurat maupun selama masa perawatan jangka panjang di ruang rawat inap.

Salah satu aspek krusial dalam proses terapi infus adalah pengaturan laju infus. Laju infus yang terlalu cepat dapat menyebabkan kelebihan cairan, yang berpotensi membebani jantung dan paru-paru, terutama pada pasien lanjut usia atau mereka yang memiliki kondisi kardiovaskular tertentu. Sebaliknya, laju infus yang terlalu lambat dapat menyebabkan inefisiensi terapi atau bahkan kekurangan cairan yang dibutuhkan tubuh. Oleh karena itu, akurasi dan konsistensi dalam pengaturan laju infus sangat penting untuk memastikan pasien menerima terapi sesuai kebutuhan fisiologisnya (Putra & Wijaya, 2021).

Namun, pada kenyataannya, di banyak fasilitas pelayanan kesehatan, sistem pemantauan infus masih dilakukan secara manual oleh perawat atau tenaga medis.

Pemantauan dilakukan dengan menghitung jumlah tetesan per menit menggunakan jam tangan dan pengamatan visual langsung. Metode ini rentan terhadap kesalahan manusia, kelelahan fisik, dan inkonsistensi antar tenaga medis. Selain itu, metode manual menyulitkan pemantauan pasien dalam jumlah besar secara terus-menerus, terutama di bangsal rawat inap yang padat atau dalam situasi darurat (Santoso & Lestari, 2023).

Dalam konteks ini, teknologi pemantauan infus berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi modern untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keandalan pemantauan terapi infus. Sistem ini memungkinkan pengukuran laju infus otomatis menggunakan sensor optocoupler dan pengukuran volume cairan menggunakan sensor sel beban. Data tersebut kemudian diproses oleh mikrokontroler seperti ESP32, ditampilkan secara lokal di LCD, dan ditransmisikan secara real-time ke dasbor IoT seperti Blynk. Hal ini memungkinkan tenaga kesehatan untuk memperoleh informasi yang cepat, akurat, dan berkelanjutan tentang status infus pasien tanpa perlu pemantauan manual.

Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuannya memberikan notifikasi otomatis, baik melalui buzzer maupun aplikasi seluler, ketika terjadi kondisi abnormal, seperti infus berhenti, level cairan rendah, atau laju infus melebihi ambang batas. Teknologi ini secara signifikan mengurangi risiko keterlambatan intervensi medis dan meningkatkan keselamatan pasien, terutama dalam situasi dengan keterbatasan tenaga medis.

Penerapan teknologi ini sejalan dengan tren transformasi digital di bidang kesehatan, yang dikenal sebagai e-Health di mana integrasi sensor, mikrokontroler, dan layanan cloud membentuk fondasi sistem kesehatan cerdas. Sistem pemantauan infus otomatis berbasis IoT ini juga membuka peluang signifikan untuk aplikasi

yang lebih luas pada sistem pemantauan pasien, seperti pemantauan cairan oral, pemantauan tekanan darah, dan bahkan deteksi dini syok hipovolemik.

Dengan demikian, penelitian dan pengembangan sistem pemantauan infus otomatis ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam modernisasi layanan kesehatan, khususnya di Indonesia, yang masih menghadapi tantangan dalam pemerataan fasilitas dan tenaga medis di berbagai daerah.



Gambar 2.1 Infus

2.2. Internet of Things (IoT) dalam Sistem Kesehatan

Internet of Things (IoT) merupakan suatu paradigma teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet guna bertukar data secara otomatis dan real-time. Dalam konteks pelayanan kesehatan, penerapan IoT telah berkembang pesat karena mampu meningkatkan efisiensi serta kualitas layanan medis, terutama dalam sistem pemantauan pasien jarak jauh (Santoso & Lestari, 2023). Melalui teknologi ini, tenaga medis dapat memperoleh informasi kondisi pasien secara langsung tanpa perlu melakukan pemeriksaan manual secara berulang.

Pada sistem pemantauan infus, IoT berperan penting dalam mengintegrasikan sensor pendeteksi tetesan dengan platform berbasis web maupun aplikasi seluler.

Dengan bantuan mikrokontroler ESP32, data terkait laju aliran cairan infus dapat dikirimkan secara otomatis kepada petugas medis, sehingga memungkinkan dilakukannya deteksi dini terhadap ketidaksesuaian atau gangguan pada proses pemberian cairan intravena. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 dalam sistem pemantauan infus berbasis IoT mampu menghasilkan data waktu nyata dengan tingkat akurasi yang tinggi serta meningkatkan efektivitas kerja tenaga medis dalam memantau kondisi pasien (Widodo & Prasetyo, 2023).

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem pemantauan infus memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan efisiensi waktu dan pengurangan potensi kesalahan manusia dalam proses perawatan medis. Melalui sistem otomatisasi berbasis IoT, tenaga medis tidak perlu lagi melakukan pengawasan manual secara terus-menerus terhadap laju infus, sehingga dapat mengalokasikan waktu dan perhatian untuk pasien lain yang memerlukan tindakan langsung. Selain itu, sistem ini juga meningkatkan akurasi pemantauan karena data yang diterima bersifat real-time dan terintegrasi secara digital. Di masa mendatang, pengembangan sistem berbasis IoT dapat diperluas dengan menambahkan fitur-fitur cerdas, seperti alarm peringatan otomatis ketika cairan infus hampir habis atau terjadi gangguan pada aliran cairan, guna memperkuat aspek keselamatan pasien (Ardiansyah et al., 2024)

2.3. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan salah satu jenis mikrokontroler generasi modern yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dilengkapi dengan kemampuan komunikasi nirkabel melalui Wi-Fi 802.11 b/g/n serta Bluetooth v4.2 BLE (Bluetooth Low Energy). Kombinasi kedua fitur komunikasi ini menjadikan ESP32 sebagai

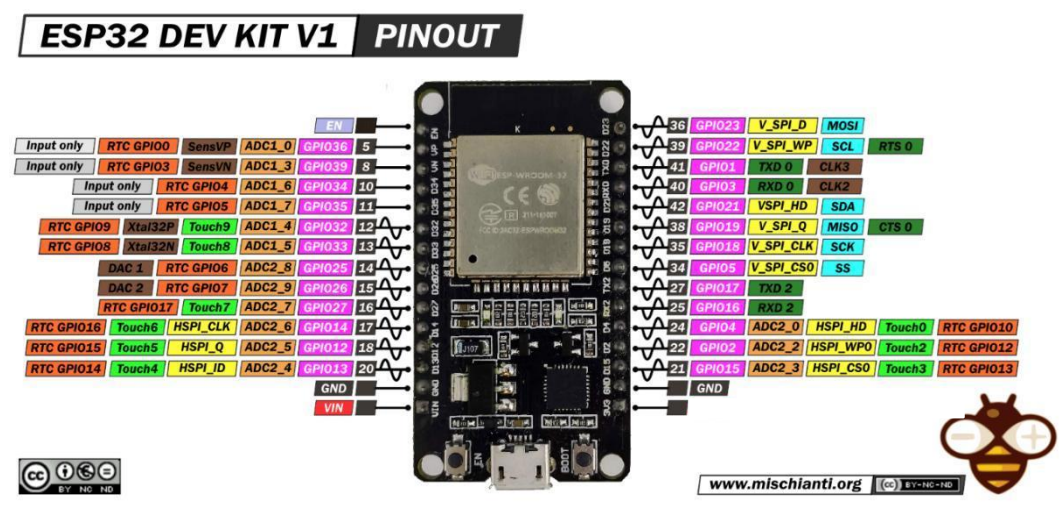
platform yang sangat ideal untuk penerapan teknologi Internet of Things (IoT), termasuk dalam pengembangan sistem pemantauan infus di sektor medis. Mikrokontroler ini tidak hanya menawarkan kinerja pemrosesan yang tinggi dan efisiensi daya yang baik, tetapi juga memiliki fleksibilitas tinggi dalam integrasi berbagai sensor dan aktuator, sehingga mampu mendukung implementasi sistem pemantauan yang akurat, stabil, dan hemat energi (Setiawan & Haryanto, 2023).

Menurut Wagyana (2019), ESP32 adalah mikrokontroler SoC (System on Chip) yang terintegrasi dengan prosesor dual-core Xtensa LX6 32-bit, memori SRAM hingga 520 KB, dan mendukung frekuensi hingga 240 MHz. Dengan tersedianya 30 hingga 36 pin GPIO (General Purpose Input Output), pengguna dapat dengan mudah menghubungkan berbagai sensor dan perangkat tambahan. ESP32 juga memiliki fitur tambahan seperti ADC (Analog to Digital Converter), DAC (Digital to Analog Converter), SPI, I2C, PWM, dan UART yang sangat diperlukan dalam aplikasi kontrol dan pemantauan.

Board ESP32 tersedia dalam berbagai varian, tetapi versi dengan 30 GPIO sering dipilih karena memiliki dua pin GND, yang memfasilitasi koneksi ground untuk sensor dan modul tambahan. Selain itu, setiap pin diberi label di bagian atas papan, sehingga memudahkan identifikasi selama pengembangan sistem. ESP32 juga dilengkapi antarmuka USB ke UART, yang memungkinkan pemrograman mudah menggunakan perangkat lunak seperti Arduino IDE atau PlatformIO (Nugroho & Saputra, 2023).

Dalam konteks sistem pemantauan infus berbasis IoT, ESP32 digunakan sebagai unit pemrosesan utama, mengelola pembacaan sensor seperti optocoupler dan sel beban HX711, serta mengirimkan data ke platform pemantauan seperti Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Mikrokontroler ini juga mampu menangani logika

fuzzy secara lokal, sehingga sistem dapat tetap beroperasi meskipun koneksi internet terputus sementara. Fleksibilitas dan kemampuan multitugas ESP32 memungkinkan perangkat beroperasi secara real-time, efisien, dan akurat dalam situasi medis kritis (Hidayat & Lestari, 2023).



Gambar 2.2 Esp32 & Pinout

2.4. Loadcell 1kg & Amplifier HX711

Dalam sistem monitoring infus berbasis Internet of Things (IoT), pengukuran volume cairan infus secara akurat menjadi salah satu aspek krusial untuk menjaga keselamatan pasien. Untuk tujuan ini, digunakan Load Cell 1 kg yang dikombinasikan dengan modul HX711 sebagai penguat sinyal dan konverter analog-ke-digital. Kombinasi ini memungkinkan sistem mendeteksi perubahan massa cairan dalam kantong infus dan mengubahnya menjadi data digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler ESP32 (Fauzan & Sari, 2023).

Loadcell adalah sensor gaya yang bekerja berdasarkan prinsip pengukur regangan. Ketika beban diberikan pada elemen logam (biasanya batang aluminium atau baja) di dalam sel beban, elemen tersebut mengalami deformasi elastis.

Perubahan ini menyebabkan perubahan resistansi pada pengukur regangan yang tertanam. Perubahan resistansi ini kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang sangat kecil (biasanya dalam orde milivolt), yang merepresentasikan berat atau gaya yang diberikan. Dalam sistem digital, sinyal ini terlalu lemah untuk dibaca langsung oleh mikrokontroler, sehingga memerlukan modul penguat sinyal seperti HX711.

Struktur standar Loadcell umumnya terdiri dari empat kabel: dua untuk eksitasi (biasanya merah dan hitam) dan dua untuk keluaran sinyal (biasanya hijau dan putih). Sel beban dapat dikategorikan sebagai transduser elektromekanis, perangkat yang mengubah besaran mekanis (dalam hal ini, gaya atau berat) menjadi sinyal listrik yang dapat diproses secara elektronik.

Modul HX711 merupakan konverter analog-ke-digital (ADC) 24-bit dengan presisi tinggi yang dirancang oleh AVIA Semiconductor khusus untuk aplikasi pengukuran beban dan berat. Modul ini bekerja dengan memperkuat sinyal keluaran dari Load Cell agar dapat dibaca secara akurat oleh mikrokontroler, kemudian mengubahnya menjadi data digital. HX711 memiliki penguatan internal 128 atau 64, tergantung pada konfigurasi, dan mendukung pembacaan sinyal dari jembatan Wheatstone, yang merupakan struktur umum pada Load Cell. Keunggulan utama HX711 meliputi struktur rangkaian yang sederhana, hasil pembacaan yang stabil, sensitivitas tinggi, serta kemampuan untuk mendeteksi perubahan berat dengan cepat dan akurat.

Dalam implementasinya pada sistem infus, Load Cell diposisikan di bawah kantong infus atau di bagian gantungan infus untuk mendeteksi perubahan massa akibat cairan yang berkurang seiring waktu. Dengan melakukan kalibrasi awal, sistem mampu menerjemahkan perubahan berat menjadi estimasi volume cairan

(dalam mililiter). Volume ini akan ditampilkan secara lokal melalui LCD 16x2 dan dikirimkan secara real-time ke dashboard Blynk, sehingga dapat dipantau oleh tenaga medis dari jarak jauh.

Mikrokontroler ESP32 akan membaca data digital dari HX711 menggunakan komunikasi serial digital (melalui pin DT dan SCK). Data berat yang diperoleh ini kemudian diproses lebih lanjut untuk pengambilan keputusan berbasis logika fuzzy, misalnya apakah cairan sudah hampir habis, apakah tetesan masih berjalan sesuai laju yang diinginkan, atau apakah sistem perlu memberikan peringatan buzzer.

Salah satu keuntungan utama dari penggunaan Load Cell dalam sistem ini adalah non-invasif, artinya tidak ada kontak langsung dengan cairan infus sehingga menjaga sterilitas alat. Selain itu, sensor ini mampu mengukur volume tanpa bergantung pada jenis cairan, karena prinsip pengukuran didasarkan pada berat fisik, bukan sifat optis atau kimia dari cairan tersebut. Oleh karena itu, sensor ini sangat fleksibel dan dapat diadaptasi untuk berbagai jenis cairan infus dengan hanya menyesuaikan konversi berat ke volume berdasarkan densitas masing-masing cairan.

Dengan semua kelebihan tersebut, penggunaan Load Cell dan HX711 menjadi pilihan yang ideal dalam sistem monitoring medis seperti infus. Kombinasi antara presisi tinggi, integrasi mudah dengan ESP32, dan dukungan perangkat lunak melalui Arduino IDE menjadikan sensor ini sebagai komponen inti yang mendukung keakuratan dan keandalan sistem secara keseluruhan.

Spesifikasinya adalah seperti berikut ini.

- a. Differential input voltage: ± 40 mV (Full-scale differential input voltage ± 40 mV)
- b. Data accuracy: 24-bit (menggunakan ADC 24-bit)
- c. Refresh frequency: 80 Hz

- d. Operating voltage: 5 V DC
- e. Operating current: <10 mA
- f. Ukuran: 38 mm × 21 mm × 10 mm



Gambar 2.3 Loadcell 1kg & Amplifier HX711

2.5. LCD 16x2 (Liquid Crystal Display)

LCD 16x2 I2C merupakan salah satu modul tampilan yang umum digunakan dalam sistem berbasis mikrokontroler untuk menampilkan data dan informasi secara real-time. Modul ini memiliki dua baris tampilan dengan masing-masing kapasitas 16 karakter, sehingga total dapat menampilkan hingga 32 karakter. Keunggulan utama dari LCD jenis ini adalah kemampuannya berkomunikasi menggunakan antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit), yang memungkinkan penggunaan hanya dua jalur komunikasi data, yaitu SDA (Serial Data) dan SCL (Serial Clock). Hal ini membuat koneksi ke mikrokontroler menjadi lebih sederhana dan efisien dibandingkan dengan LCD paralel konvensional. Dalam konteks

penelitian ini, LCD 16x2 I2C dimanfaatkan untuk menampilkan data utama seperti jumlah tetesan infus per menit (TPM), volume cairan infus yang tersisa, serta status sistem berdasarkan hasil klasifikasi logika fuzzy, sehingga memudahkan tenaga medis dalam melakukan pemantauan secara langsung terhadap kondisi infus pasien (Mahardika & Susanto, 2023).

LCD (Liquid Crystal Display) sendiri merupakan teknologi tampilan yang bekerja dengan memanipulasi orientasi kristal cair untuk mengatur cahaya yang melewatinya. Teknologi ini merupakan pengganti dari CRT (Cathode Ray Tube) yang lebih besar, berat, dan boros energi. Salah satu keunggulan utama dari LCD adalah konsumsi dayanya yang rendah, ukuran fisik yang ramping, dan bobot yang ringan, menjadikannya ideal untuk digunakan pada perangkat portable dan sistem embedded seperti ESP32.

Modul LCD yang digunakan dalam sistem ini dilengkapi dengan antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit), yang memungkinkan penggunaan hanya dua jalur komunikasi data: SDA (Jalur Data Serial) dan SCL (Jalur Jam Serial). Ini adalah peningkatan yang berarti dibandingkan dengan LCD paralel standar yang memerlukan hingga 8 pin data dan 3 pin kontrol tambahan. Dengan menggunakan I2C, jumlah pin yang digunakan pada ESP32 menjadi lebih efisien, sehingga pin yang tersisa dapat digunakan untuk sensor-sensor seperti optocoupler, load cell, motor servo, dan buzzer. Ini sangat menguntungkan dalam mengembangkan sistem pemantauan infus yang kompleks dan harus tetap ringkas (Prasetya dan Wijaya, 2023).

Pada dasarnya, komunikasi I2C bersifat serial dan sinkron, di mana satu master (dalam hal ini ESP32) dapat berkomunikasi dengan beberapa slave (termasuk LCD) hanya dengan dua kabel. Selain efisiensi pin, keuntungan lainnya

dari I2C adalah kemampuannya untuk melakukan addressing terhadap berbagai perangkat melalui alamat I2C unik, serta kemudahan integrasi dengan berbagai pustaka (library) Arduino seperti LiquidCrystal_I2C.h. Secara fisik, LCD I2C 16x2 memiliki 4 pin utama, yaitu:

1. GND , untuk ground atau referensi tegangan.
2. VCC , biasanya +5V untuk catu daya.
3. SDA , data serial.
4. SCL , clock serial.

Penggunaan LCD dalam sistem monitoring infus sangat penting karena memungkinkan tenaga medis melihat informasi langsung dari perangkat tanpa harus membuka aplikasi mobile atau dashboard web. Ini sangat membantu dalam kondisi darurat atau ketika jaringan internet tidak stabil. Tampilan dapat dikonfigurasi untuk menampilkan data secara bergantian (scroll), atau menetapkan sesuai dengan status sistem terakhir. Selain itu, dengan menggunakan logika fuzzy, tampilan LCD dapat disesuaikan untuk menampilkan status seperti "Infus Mati", "Laju Pelan", "Sedang", atau "Kencang" secara real-time.

Dari sisi teknis, LCD bekerja dalam mode 4-bit, di mana hanya 4 dari 8 bit data digunakan untuk mengurangi jumlah kabel data yang diperlukan. Modul I2C akan mengkonversi perintah-paralel menjadi sinyal serial, sehingga programmer cukup memberikan instruksi karakter yang akan ditampilkan melalui library yang telah tersedia dalam Arduino IDE. Dalam praktiknya, LCD juga memungkinkan penyesuaian kecerahan backlight serta kontras tampilan melalui potensiometer atau perintah I2C.

Sebagai tambahan, kemunculan teknologi baru seperti OLED (Organic Light Emitting Diode) 16x2 yang menggantikan kristal cair dengan LED mikro telah

menawarkan resolusi dan ketajaman yang lebih tinggi. Namun, untuk keperluan sistem monitoring infus ini, LCD 16x2 masih menjadi pilihan utama karena harganya yang lebih ekonomis, ketersediaan luas, dan kemudahan integrasi dengan sistem berbasis mikrokontroler seperti ESP32.

Dengan semua keunggulan tersebut, LCD I2C 16x2 terbukti sebagai perangkat tampilan yang andal, hemat daya, mudah digunakan, dan sangat sesuai untuk sistem monitoring infus yang memerlukan feedback visual langsung kepada pengguna.



Gambar 2.4 Lcd I2C 16 x 2

2.6. Sensor Optocoupler

Sensor optokopler, atau yang dikenal juga dengan istilah opto-isolator, merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk mentransfer sinyal listrik antara dua bagian rangkaian menggunakan media cahaya tanpa adanya koneksi listrik langsung. Prinsip kerja ini memungkinkan terciptanya isolasi galvanik, yaitu pemisahan jalur listrik antara bagian input dan output. Tujuan utama dari isolasi ini adalah untuk mencegah gangguan sinyal, mengurangi interferensi elektromagnetik, serta melindungi rangkaian dari potensi kerusakan akibat lonjakan tegangan yang

tidak diinginkan (Hidayat & Wibowo, 2022).

Secara struktur, optokopler terdiri atas LED inframerah sebagai sumber cahaya (pemancar) dan fototransistor sebagai penerima, yang dikemas dalam satu modul tertutup. Saat arus listrik diberikan pada sisi input, LED akan memancarkan cahaya inframerah yang diarahkan ke fototransistor. Jika cahaya tersebut mencapai penerima tanpa hambatan, maka arus pada sisi keluaran akan mengalir dan menghasilkan sinyal logika tertentu. Sebaliknya, ketika cahaya terhalang oleh suatu objek, arus keluaran akan terputus atau berubah nilainya, dan perubahan tersebut akan diterjemahkan oleh mikrokontroler sebagai sinyal logika digital yang menunjukkan adanya peristiwa tertentu, misalnya tetesan infus (Firmansyah & Sari, 2023).

Dalam sistem monitoring infus berbasis ESP32, sensor optocoupler berfungsi untuk mendeteksi setiap tetesan cairan infus secara real-time. Sensor ini ditempatkan sedemikian rupa sehingga setiap tetesan infus akan melewati jalur cahaya yang dipancarkan oleh LED. Ketika tetesan cairan melintas, ia akan menghalangi sebagian cahaya yang diterima oleh fototransistor. Gangguan cahaya ini ditangkap sebagai interupsi logika yang kemudian dikonversi menjadi sinyal digital dan dihitung sebagai satu tetesan infus. Dengan menghitung jumlah interupsi dalam satu menit, sistem dapat menentukan laju tetesan infus (TPM) secara akurat. Keunggulan dari penggunaan optocoupler dalam konteks ini adalah responsnya yang cepat, daya rendah, serta ketahanannya terhadap gangguan elektromagnetik (EMI). Selain itu, sensor ini tidak bersentuhan langsung dengan cairan infus, sehingga aman digunakan dalam lingkungan medis dan tidak mengganggu sterilitas alat. Penggunaan optocoupler juga memudahkan dalam proses kalibrasi, karena perubahan cahaya dapat disesuaikan dengan tingkat

sensitivitas yang diinginkan oleh sistem.

Lebih lanjut, data dari sensor optocoupler ini dikombinasikan dengan data volume dari sensor load cell untuk memberikan informasi lengkap tentang status infus. Informasi ini kemudian dikirim ke platform IoT seperti Blynk, dan juga digunakan dalam pengambilan keputusan berbasis fuzzy logic untuk menentukan apakah sistem perlu memberikan notifikasi atau mengaktifkan alarm buzzer. Penggunaan optocoupler dalam sistem ini menawarkan beberapa keunggulan, antara lain:

1. Isolasi yang efektif antara rangkaian sensor dan mikrokontroler, sehingga mengurangi risiko gangguan listrik.
2. Ketahanan terhadap interferensi atau noise, sehingga sinyal yang diterima lebih stabil dan akurat.
3. Akurasi tinggi dalam mendeteksi perubahan intensitas cahaya, khususnya yang dihasilkan oleh tetesan infus.



Gambar 2.5 Sensor Optocoupler

2.7. Motor Servo SG90

Sebuah motor servo digunakan dalam sistem ini untuk secara otomatis mengendalikan mekanisme penjepit infus, sehingga memungkinkan pengaturan aliran cairan yang lebih presisi dibandingkan dengan metode manual. Ketepatan

dalam mengatur aliran infus sangat penting, terutama dalam konteks medis di mana dosis cairan yang masuk ke dalam tubuh pasien harus dikendalikan secara konsisten dan terukur. Motor ini berfungsi dengan sistem kontrol umpan balik tertutup, yang memungkinkan penyesuaian posisi yang dinamis berdasarkan perintah yang diterima dari mikrokontroler (Rahman dan Putri, 2023).

Motor servo merupakan jenis aktuator putar yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu motor DC, sistem gear pengurang kecepatan, rangkaian kontrol elektronik, dan potensiometer sebagai sensor posisi. Gearbox berfungsi memperlambat putaran poros motor sekaligus meningkatkan torsi, yang sangat diperlukan dalam aplikasi yang memerlukan gaya tekan tertentu seperti penjepitan aliran infus. Potensiometer berperan untuk mendeteksi posisi sudut poros motor secara kontinu. Ketika posisi poros belum mencapai target yang ditentukan, rangkaian kontrol akan mengirim sinyal perbaikan agar posisi dapat disesuaikan hingga mencapai tingkat akurasi yang diinginkan.

Dalam implementasi sistem ini, digunakan motor servo SG90, yaitu salah satu tipe micro servo yang ringan, hemat daya, dan cukup kuat untuk aplikasi kendali mekanik skala kecil seperti penjepit infus. Motor servo SG90 memiliki sudut putar maksimum 180 derajat dan dapat dikendalikan dengan sinyal PWM (Pulse Width Modulation) dari ESP32. Karena sifatnya yang responsif terhadap perubahan sinyal input, SG90 sangat cocok untuk digunakan dalam sistem yang membutuhkan reaksi cepat terhadap perubahan kondisi infus berdasarkan hasil pemantauan sensor.

Motor servo juga umum diaplikasikan dalam berbagai bidang lain, seperti sistem robotika, lengan otomatis, kontrol kamera, hingga ventilator medis darurat. Dalam konteks sistem monitoring infus ini, motor servo tidak hanya berperan sebagai aktuator mekanik, tetapi juga menjadi elemen vital dalam menjaga

konsistensi terapi cairan kepada pasien. Integrasi antara motor servo dan sistem logika fuzzy memungkinkan pengambilan keputusan yang cerdas dan real-time, sehingga alat dapat secara otomatis menyesuaikan laju infus sesuai kondisi aktual yang terpantau oleh sistem dengan spesifikasi sebagai berikut

Tabel 2.1 Spesifikasi Motor Servo SG90

Spesifikasi	Keterangan
Tipe Motor	Servo Motor SG90
Tegangan Operasi	4.8V - 6V
Sudut Rotasi	0° hingga 180°
Torsi Maksimum	1.8 kg/cm pada Tegangan 6V
Kecepatan Rotasi	0.1 detik per 60° pada tegangan 4.8V
Sinyal Kontrol	PWM (Pulse Width Modulation)
Konektor	3-pin (VCC, GND, Signal)
Bobot	9 gram



Gambar 2.6 Motor Servo SG90

2.8. Buzzer

Buzzers berfungsi sebagai alarm peringatan dalam sistem pemantauan infus untuk memberikan sinyal suara saat terjadi kondisi abnormal, seperti laju infusi yang tidak tepat atau volume cairan yang rendah (Samsudin dan Prasetya, 2023). Komponen ini memiliki peran penting dalam sistem pemantauan medis karena memungkinkan pemberitahuan segera kepada tenaga medis, sehingga mereka tidak perlu terus-menerus mengawasi layar atau perangkat aplikasi.

Secara teknis, buzzer adalah sebuah aktuator suara yang mengubah sinyal listrik menjadi getaran akustik. Komponen ini terdiri dari kumparan elektromagnetik dan diafragma logam atau plastik. Saat arus listrik mengalir melalui kumparan, terbentuk medan magnet yang menarik atau mendorong diafragma secara berulang, menciptakan getaran udara yang kemudian terdengar sebagai suara. Prinsip kerjanya mirip dengan loudspeaker, namun dalam versi yang lebih sederhana dan ringkas.

Terdapat dua jenis buzzer yang umum digunakan, yaitu buzzer aktif dan buzzer pasif. Buzzer aktif memiliki rangkaian osilator internal yang memungkinkan menghasilkan bunyi hanya dengan diberi tegangan DC. Sedangkan buzzer pasif membutuhkan sinyal gelombang (seperti PWM) dari mikrokontroler untuk menghasilkan suara. Dalam sistem ini, buzzer aktif lebih banyak digunakan karena pengoperasiannya yang lebih mudah dan tidak memerlukan pengolahan sinyal tambahan dari mikrokontroler.

Dalam aplikasi pemantauan infus, buzzer dikendalikan secara otomatis oleh mikrokontroler ESP32 berdasarkan hasil logika fuzzy. Misalnya, ketika sistem mendeteksi bahwa tetesan infus berhenti (status "Mati") atau volume infus berada di bawah ambang batas tertentu, maka buzzer akan diaktifkan sebagai tanda peringatan. Aktivasi buzzer dapat berlangsung dalam pola berulang (pulse) agar menarik perhatian dengan cepat.

Penggunaan buzzer dalam sistem ini tidak hanya meningkatkan efektivitas pemantauan, tetapi juga mendukung prinsip safety critical system dalam dunia medis. Artinya, sistem harus mampu merespons kondisi darurat secara cepat dan memberikan sinyal yang dapat dengan mudah diterima oleh pengguna—baik secara visual melalui LED indikator maupun secara auditori melalui buzzer (Susanto &

Wijaya, 2023).



Gambar 2.7 Buzzer

2.9. Arduino IDE

Arduino IDE digunakan sebagai platform pemrograman utama dalam pengembangan sistem pemantauan infus berbasis ESP32. Perangkat lunak ini menyediakan lingkungan pemrograman terpadu (Integrated Development Environment) yang sederhana, ringan, dan mudah digunakan bahkan oleh pemula. Arduino IDE memungkinkan pengguna untuk menulis, menyunting, mengunggah, serta memantau program (sketch) yang dijalankan pada board mikrokontroler seperti Arduino Uno, ESP8266, dan ESP32 (Junaidi & Rahman, 2023).

Arduino IDE dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java, dan didukung oleh pustaka (library) dalam bahasa C dan C++ (wiring), yang dirancang khusus untuk mempermudah akses ke pin digital dan analog. Antarmuka yang sederhana namun fungsional memungkinkan pengguna untuk dengan cepat memahami struktur program, yang umumnya terdiri dari dua fungsi utama, yaitu `setup()` untuk inisialisasi dan `loop()` untuk menjalankan logika program secara berulang.

Lebih lanjut, Arduino IDE memiliki fitur serial monitor yang sangat penting dalam proses debugging sistem IoT. Dengan fitur ini, pengguna dapat memantau nilai pembacaan sensor seperti optocoupler atau load cell secara real-time, serta

memastikan komunikasi antara mikrokontroler dan platform seperti Blynk berjalan lancar. Hal ini sangat penting dalam sistem monitoring medis seperti infus, di mana keakuratan data dan kecepatan respon sangat menentukan keberhasilan sistem (Setiawan & Haryanto, 2023).

Selain itu, Arduino IDE juga mendukung Board Manager, yang memungkinkan pengguna menambahkan berbagai jenis board termasuk ESP32 hanya dengan menambahkan URL repositori dan menginstalnya. Dengan adanya fitur ini, Arduino IDE menjadi sangat fleksibel dan dapat digunakan dalam berbagai proyek embedded system, mulai dari monitoring lingkungan hingga aplikasi medis seperti sistem infus otomatis berbasis IoT.

Dalam pengembangan sistem infus ini, Arduino IDE digunakan untuk mengintegrasikan berbagai komponen seperti sensor optocoupler, modul HX711 untuk load cell, LCD I2C, serta aktuator seperti motor servo dan buzzer. Library seperti LiquidCrystal_I2C, HX711.h, Servo.h, dan BlynkSimpleEsp32.h diimpor untuk mempermudah integrasi dan mempercepat proses pengembangan sistem.

Arduino IDE juga mendukung pengujian simulasi rangkaian serta dokumentasi kode yang baik. Kode program dapat disusun secara modular dengan fungsi-fungsi khusus untuk kalibrasi sensor, pembacaan data, pengolahan logika fuzzy, serta pengiriman data ke dashboard Blynk. Dengan kemampuannya ini, Arduino IDE tidak hanya sekadar alat untuk menulis kode, tetapi juga menjadi pusat dari proses rekayasa dan iterasi sistem IoT medis yang kompleks dan dinamis.



Gambar 2.8 Tampilan Sketch Pada Arduino IDE

2.9.1. Langkah-langkah memulai project di Arduino IDE

Arduino IDE berperan sebagai platform pemrograman utama untuk mikrokontroler ESP32, yang digunakan dalam proses pengembangan, pengujian, serta debugging kode pada sistem pemantauan infus. Melalui Arduino IDE, peneliti atau pengembang dapat menulis, mengompilasi, dan mengunggah program secara langsung ke mikrokontroler, sekaligus memantau hasil eksekusi program secara real-time. Fasilitas ini memudahkan proses iterasi pengembangan sistem, terutama dalam tahap kalibrasi sensor dan verifikasi komunikasi data antar komponen. Dengan demikian, Arduino IDE menjadi alat yang esensial dalam memastikan stabilitas dan akurasi sistem pemantauan infus berbasis ESP32 (Junaidi & Rahman, 2023).

1. Instalasi Arduino IDE

Langkah pertama dalam memulai proyek menggunakan Arduino adalah melakukan instalasi Arduino Integrated Development Environment (IDE). Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai lingkungan pengembangan terintegrasi yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, serta mengunggah program ke mikrokontroler, seperti Arduino Uno, ESP32, dan jenis mikrokontroler lainnya. Melalui platform ini, pengguna dapat

merancang serta menguji kode secara langsung, sehingga mempermudah proses pengembangan dan pengujian sistem berbasis mikrokontroler secara efisien (Nugroho & Saputra, 2023).

1. memulai proyek dengan Arduino IDE adalah mengunduh perangkat lunak tersebut dari situs resmi Arduino di <https://www.arduino.cc> Pengguna perlu memilih versi yang sesuai dengan sistem operasi yang digunakan, baik Windows, macOS, maupun Linux. Setelah proses pengunduhan selesai, lakukan instalasi sesuai petunjuk, lalu buka Arduino IDE untuk mulai menulis, mengunggah, dan menguji kode pada mikrokontroler yang digunakan (Nugroho & Saputra, 2023)
2. Langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 ke dalam Arduino IDE. Agar perangkat ESP32 dapat dikenali dan berfungsi dengan baik di lingkungan pengembangan, pengguna perlu menambahkan Board ESP32 melalui fitur Board Manager pada Arduino IDE. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat lunak dapat mengenali spesifikasi, konfigurasi, serta pustaka (library) yang diperlukan oleh ESP32. Dengan demikian, kode program yang telah dibuat dapat diunggah dan dijalankan secara langsung pada mikrokontroler tersebut tanpa kendala kompatibilitas (Nugroho & Saputra, 2023).

Langkah-langkahnya:

1. Untuk menambahkan Papan ESP32 ke dalam Arduino IDE, langkah pertama adalah membuka Arduino IDE dan mengakses menu File → Preferensi. Pada kolom URL Manajer Papan Tambahan, masukkan URL berikut: https://raw.githubusercontent.com/espressif/arduino-esp32/gh-pages/package_esp32_index.json. Setelah itu, klik OK, kemudian buka menu Alat → Papan → Manajer Papan dan selesaikan instalasi ESP32. Dengan langkah ini, IDE Arduino akan dapat mengenali ESP32, sehingga

mikrokontroler siap digunakan untuk pengembangan dan pengujian kode (Nugroho dan Saputra, 2023).

2.10. Bahasa Pemrograman C/C++

Bahasa pemrograman C merupakan salah satu bahasa yang paling fundamental dalam sejarah pengembangan perangkat lunak, terutama di bidang pemrograman sistem. Dikembangkan oleh Dennis M. Ritchie pada awal 1970-an di Bell Labs, bahasa ini menjadi basis bagi berbagai sistem operasi modern, termasuk UNIX dan turunannya. Menurut Kernighan dan Ritchie (1988), bahasa C merupakan bahasa pemrograman sistem yang sederhana namun kuat, memungkinkan pengendalian langsung terhadap perangkat keras sambil secara bersamaan mendorong penggunaan sumber daya yang efisien. Ini menggabungkan kemampuan bahasa tingkat rendah dengan struktur bahasa tingkat tinggi, memberikan kepada programmer fleksibilitas untuk mengelola sumber daya sistem secara langsung, seperti memori dan pengolah. Keunggulan lain dari C adalah dukungannya terhadap pengelolaan memori secara manual, penggunaan pointer, dan struktur data yang kompleks seperti linked list atau pohon biner, yang sangat penting dalam pengembangan sistem tertanam. Dalam konteks penelitian ini, di mana ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama, bahasa C merupakan pilihan yang tepat. Melalui platform Arduino IDE, program ditulis menggunakan C/C++ untuk mengendalikan input/output dari sensor seperti optocouplers dan load cells, serta mengelola logika fuzzy dan komunikasi data ke Blynk. Arduino IDE menggunakan bagian dari bahasa C yang telah dimodifikasi agar lebih mudah digunakan pada mikrokontroler. C tidak hanya cepat dalam hal kecepatan eksekusi, tetapi juga hemat dalam penggunaan memori, yang sangat penting pada sistem

dengan sumber daya terbatas seperti ESP32.

Di sisi lain, bahasa C++ merupakan pengembangan dari bahasa C yang diciptakan oleh Bjarne Stroustrup pada awal tahun 1980-an. Bahasa ini memperkenalkan paradigma pemrograman berbasis objek (OOP), sehingga mendukung konsep modularitas, enkapsulasi, pewarisan, dan polimorfisme.

Stroustrup (2013) menyatakan bahwa C++ memungkinkan pemrograman sistem tingkat tinggi dengan memanfaatkan fleksibilitas pemrograman berorientasi objek, tanpa mengorbankan efisiensi dari bahasa C. Dengan demikian, C++ adalah bahasa yang sangat tepat untuk mengembangkan aplikasi yang memerlukan kontrol perangkat keras serta struktur program yang teratur.

Fitur OOP dalam C++ memberikan keuntungan besar dalam pengembangan perangkat lunak berskala besar dan kompleks, karena kode dapat diorganisir dalam bentuk kelas dan objek yang merepresentasikan entitas nyata secara logis. Hal ini meningkatkan readability, maintainability, dan reusability kode. Selain itu, C++ tetap mempertahankan fitur-fitur inti dari C, sehingga memungkinkan kombinasi antara pemrograman prosedural dan berorientasi objek dalam satu program.

Dalam pengembangan sistem IoT seperti alat monitoring infus ini, kombinasi bahasa C dan C++ memungkinkan pembuatan program yang tidak hanya efisien, tetapi juga modular dan mudah dikembangkan. Banyak library bawaan untuk sensor dan komunikasi pada ESP32 ditulis dalam C++, sehingga pemahaman terhadap konsep OOP menjadi nilai tambah yang signifikan bagi pengembang sistem IoT. Misalnya, library seperti BlynkSimpleEsp32.h, HX711.h, dan Servo.h adalah contoh implementasi kelas dan objek dalam C++ yang telah dioptimalkan untuk digunakan di Arduino IDE.

Secara keseluruhan, penggunaan C dan C++ dalam penelitian ini tidak hanya

memberikan fleksibilitas dalam pengembangan, tetapi juga meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Penguasaan kedua bahasa ini menjadi keterampilan wajib bagi pengembang sistem tertanam dan IoT karena keduanya mendukung pemrograman dekat dengan perangkat keras sekaligus menyediakan struktur logis yang kuat untuk pengembangan perangkat lunak yang kompleks.

2.10.1 Mengapa Harus Menggunakan Bahasa Pemrograman C/C++

Bahasa C/C++ dipilih untuk pemrograman mikrokontroler karena menawarkan kontrol langsung perangkat keras, efisiensi sumber daya, serta dukungan untuk struktur data kompleks dan pemrograman berorientasi objek.

1. Efisiensi memori dan kinerja – C++ memberikan pengelolaan memori yang lebih efisien dibandingkan dengan bahasa tingkat tinggi seperti Python, sehingga cocok untuk perangkat embedded yang memiliki sumber daya terbatas seperti ESP32 (Setiawan dan Haryanto, 2023).
2. Arduino dan ESP32 sama-sama menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan ekstensi khusus yang dirancang untuk mendukung pengembangan sistem tertanam (embedded system). Bahasa ini memberikan kemudahan dalam manipulasi bit, pengelolaan register, serta pengendalian langsung terhadap perangkat keras, sehingga sangat cocok digunakan dalam proyek-proyek yang membutuhkan akses tingkat rendah terhadap komponen elektronik. Dengan adanya dukungan ini, pengembang dapat menulis program yang efisien, cepat, dan mampu berinteraksi secara optimal dengan berbagai jenis sensor maupun aktuator (Nugroho dan Saputra, 2023).
3. Bahasa C++ yang digunakan dalam platform Arduino dan ESP32 juga mendukung pendekatan modular dan berorientasi objek (Object-Oriented Programming/OOP). Paradigma ini memungkinkan pengembang untuk

menyusun kode secara terstruktur melalui penggunaan fungsi dan kelas, sehingga setiap bagian program dapat dikembangkan, diuji, dan dimodifikasi secara terpisah tanpa memengaruhi keseluruhan sistem. Selain itu, dukungan pustaka (library) dalam C++ mempermudah integrasi berbagai sensor, modul tambahan, maupun perangkat keras lainnya tanpa perlu menulis ulang kode dari awal. Pendekatan ini tidak hanya mempercepat proses pengembangan, tetapi juga meningkatkan kemudahan pemeliharaan, efisiensi, dan skalabilitas proyek (Fauzan dan Sari, 2023).

2.10.2 Contoh Kode sederhana Penggunaan Bahasa C/C++

```
cpp                                                                    Copy Edit

void setup() {
    pinMode(2, OUTPUT);        // Atur pin 2 sebagai output
}

void loop() {
    digitalWrite(2, HIGH);     // Nyalakan LED
    delay(1000);               // Tunggu 1 detik
    digitalWrite(2, LOW);      // Matikan LED
    delay(1000);               // Tunggu 1 detik
}
```

Dalam pemrograman mikrokontroler menggunakan C/C++, terdapat dua fungsi utama yang menjadi struktur dasar program. Fungsi `setup()` dijalankan sekali saat program dimulai dan digunakan untuk melakukan inisialisasi berbagai perangkat keras, seperti sensor, aktuator, atau pin input/output. Fungsi `loop()`, di sisi lain, dijalankan secara berulang-ulang sepanjang waktu, memungkinkan mikrokontroler untuk terus memantau dan merespons perubahan kondisi pada perangkat yang terhubung.

Sebagai contoh sederhana, perintah `digitalWrite(2, HIGH)` digunakan untuk menyalakan LED yang terhubung pada pin 2, sedangkan perintah `delay(1000)` membuat program menunggu selama 1000 milidetik atau 1 detik sebelum melanjutkan eksekusi

berikutnya. Contoh ini menunjukkan struktur dasar program C/C++ untuk mikrokontroler, yang mendasari pengembangan sistem pemantauan dan kontrol berbasis ESP32 atau Arduino.

2.11. Blynk

Blynk merupakan platform Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memungkinkan pengguna menghubungkan, mengontrol, dan memantau berbagai perangkat mikrokontroler dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis mobile maupun antarmuka web. Platform ini menyediakan infrastruktur komunikasi dua arah antara perangkat keras (seperti ESP32) dengan server Blynk Cloud melalui koneksi internet, sehingga data dari sensor dapat dikirim dan divisualisasikan secara real-time. Dalam penelitian ini, Blynk berperan penting dalam menampilkan data hasil pembacaan sensor yang dikirim oleh ESP32 ke dalam berbagai bentuk visual, seperti gauge, value display, dan notification alert. Melalui mekanisme ini, tenaga medis dapat memantau laju tetesan infus pasien secara langsung tanpa harus berada di ruangan yang sama. Selain itu, sistem ini memungkinkan pemberian notifikasi otomatis ketika laju tetesan menyimpang dari batas normal, sehingga meningkatkan efisiensi kerja dan respons cepat terhadap kondisi darurat. Penerapan Blynk dalam penelitian ini menunjukkan potensi besar teknologi IoT dalam mendukung sistem pemantauan medis yang akurat, efisien, dan terintegrasi (Hafiz & Ramadhan, 2023).

Blynk memiliki keunggulan utama dalam kemudahan integrasi dengan berbagai jenis board seperti Arduino, NodeMCU, dan ESP32. Platform ini menyediakan pustaka (library) yang kompatibel dengan Arduino IDE, sehingga pengguna hanya perlu menulis kode sederhana untuk menghubungkan perangkat mereka ke server Blynk. Dalam pengembangannya, pengguna juga diberi

fleksibilitas untuk mendesain tampilan dashboard secara drag-and-drop, sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang dibuat. Hal ini sangat membantu dalam proyek sistem monitoring medis, di mana data seperti laju tetesan infus dan volume cairan harus disajikan secara jelas dan informatif.

Platform Blynk mendukung komunikasi dua arah antara mikrokontroler dan cloud server. Tidak hanya membaca data dari sensor, pengguna juga dapat mengirim perintah dari aplikasi ke perangkat—misalnya untuk mengaktifkan buzzer, mereset sistem, atau mematikan alarm dari jarak jauh. Dalam konteks sistem infus ini, Blynk dapat dikonfigurasi untuk memberikan peringatan kepada perawat atau dokter jika laju tetesan infus berada di bawah ambang batas atau volume infus hampir habis. Notifikasi bisa berupa pop-up, LED virtual, atau email alert tergantung pada widget yang digunakan di dalam dashboard.

Selain itu, Blynk tersedia dalam versi gratis dan berbayar. Untuk penelitian ini, versi gratis dari Blynk.Console sudah memadai karena menyediakan fitur dasar seperti data stream, gauge, LED virtual, dan event notification. Aplikasi ini juga mendukung sistem operasi Android dan iOS, sehingga dapat diakses oleh tenaga medis dari berbagai jenis perangkat smartphone.

Dengan kemudahan penggunaan, fleksibilitas antarmuka, serta integrasi yang kuat dengan ESP32, Blynk menjadi salah satu platform IoT paling ideal untuk proyek berbasis pemantauan jarak jauh seperti sistem monitoring infus berbasis IoT ini. Blynk memainkan peran penting dalam sistem pemantauan IoT dengan menangani beberapa tugas penting:

1. Platform ini menawarkan dasbor visual yang membantu pengguna memantau sensor dan mengontrol aktuator dengan mudah dan intuitif.
2. Blynk menyediakan dasbor visual yang memungkinkan pemantauan sensor dan

kontrol aktuator secara intuitif..

3. Blynk mendukung berbagai widget termasuk pengukur, tampilan, notifikasi, dan grafik, sehingga memudahkan visualisasi data secara real-time..
4. Platform ini memungkinkan komunikasi dua arah secara real-time antara perangkat dan pengguna, sehingga tenaga kesehatan dapat merespons perubahan kondisi pasien dengan cepat (Hafiz & Ramadhan, 2023).

Dan Ada juga langkah-langkah singkat untuk memulai proyek di aplikasi Blynk IoT, yaitu:

1. Daftarkan akun Blynk. Buat templat yang dapat diakses melalui web dan aplikasi Blynk.
2. Sertakan aliran data untuk korespondensi.
3. Gunakan Blynk Web atau Blynk IoT untuk membuat perangkat.
4. Tambahkan widget yang diperlukan ke proyek dan buat dasbor di Blynk.
5. Masukkan kode yang ingin Anda atur untuk membuat koneksi dengan Blynk.
6. Verifikasi status perangkat Blynk Web atau Blynk IoT.



Gambar 2.9 Aplikasi Blynk

2.11.1. Perbandingan Blynk dengan Platform IoT lainnya

Tabel 2.2 Perbandingan Blynk

Fitur/Aspek	Blynk	Thingier.io	Thingspeak	Adafruit IO
Kemudahan UI/UX	Memiliki antarmuka intuitif dengan sistem drag & drop yang mudah digunakan	Butuh pemahaman teknis lebih	Antarmuka sederhana, kurang interaktif	Mudah, tapi tampilan tidak se-interaktif
Mobile App	Menyediakan aplikasi seluler dengan tampilan interaktif dan fungsional tinggi	Tidak tersedia (web-based only)	Dukungan aplikasi terbatas	Tersedia
Notifikasi Real-time	Mendukung pengiriman notifikasi langsung ke perangkat pengguna	Tidak memiliki sistem notifikasi langsung	Hanya menampilkan grafik data tanpa notifikasi	Dapat mengirimkan peringatan melalui IFTT
Kompatibilitas	Kompatibel dengan berbagai mikrokontroller seperti ESP32, Arduino, dan NodeMCU	ESP32, Arduino, Raspberry Pi	ESP8266, Arduino, Matlab	ESP8266, ESP32, Arduino

Tabel 2.2 Perbandingan Blynk (lanjutan)

Fitur/Aspek	Blynk	Thingier.io	Thingspeak	Adafruit IO
Fokus Utama	Menitikberatkan pada pemantauan visual dan pengendalian perangkat secara langsung	Dirancang untuk pengelolaan dan analisis data sensor dengan efisiensi tinggi	Berfokus pada pengamatan data serta visualisasi dalam bentuk grafik	Diperuntukkan bagi kegiatan edukatif dan pengembangan proyek DIY

Dari tabel tersebut, kita dapat menyimpulkan bahwa Blynk menawarkan banyak keunggulan dibandingkan platform pesaing. Berikut beberapa keunggulan Blynk:

1. Pengguna dapat menarik dan melepas widget ke dalam aplikasi Blynk, sehingga mudah digunakan bahkan oleh pemula tanpa perlu pengetahuan pengembangan aplikasi seluler.

2. Jika terjadi situasi tertentu, seperti laju infus yang tidak normal, pemantauan dan notifikasi real-time akan segera memberikan pemberitahuan
3. Beberapa perangkat dapat dipantau dan dikontrol dari satu akun berkat kemampuan multi-perangkat
4. Mudah dipantau dari laptop atau ponsel pintar berkat dasbor web dan aplikasi seluler

2.12. Fuzzy Logic

Fuzzy Logic (logika fuzzy) merupakan salah satu pendekatan cerdas dalam sistem kontrol dan pengambilan keputusan, yang dirancang untuk meniru cara berpikir manusia dalam menghadapi informasi yang bersifat tidak pasti, tidak lengkap, atau ambigu. Konsep ini diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965, sebagai solusi terhadap keterbatasan logika biner konvensional yang hanya mengenal dua nilai mutlak, yaitu benar (1) dan salah (0). Berbeda dengan logika biner, logika fuzzy memperkenalkan derajat kebenaran dalam rentang nilai kontinu antara 0 hingga 1, yang memungkinkan sistem untuk menyatakan sesuatu tidak hanya sebagai “ya” atau “tidak”, tetapi juga sebagai “mungkin”, “sedikit”, “cukup”, atau “sangat” (Zadeh, 1965). Konsep ini sangat penting dalam lingkungan nyata yang penuh ketidakpastian, termasuk di bidang kesehatan.

Dalam dunia medis, khususnya dalam pengawasan cairan infus, kondisi yang dihadapi sangat dinamis dan tidak selalu dapat dikendalikan secara presisi. Faktor-faktor seperti posisi tubuh pasien, perubahan tekanan gravitasi, jenis cairan infus, elastisitas selang, hingga pengaruh lingkungan seperti suhu dan kelembapan dapat mempengaruhi laju tetesan cairan secara signifikan. Dalam situasi seperti ini, logika fuzzy menjadi pendekatan yang sangat tepat karena tidak membutuhkan ambang batas kaku dan dapat memberikan respons yang lebih fleksibel dan manusiawi.

Sistem fuzzy menggunakan kategori linguistik seperti "Pelan", "Sedang", "Kencang", atau "Mati" untuk menilai kondisi berdasarkan input aktual dari sensor, seperti jumlah tetesan per menit dan volume cairan yang tersisa.

Tahapan utama dalam penerapan logika fuzzy terdiri dari tiga proses: fuzzifikasi, inferensi fuzzy, dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah proses konversi nilai numerik input ke dalam nilai linguistik melalui fungsi keanggotaan (membership function). Fungsi ini dapat berbentuk segitiga, trapesium, atau gaussian, tergantung pada kebutuhan sistem. Misalnya, nilai 15 TPM (tetesan per menit) dapat memiliki keanggotaan 0.7 pada kategori "Pelan" dan 0.3 pada "Sedang". Selanjutnya, dilakukan inferensi fuzzy melalui aturan IF–THEN seperti: “Jika TPM Pelan dan Volume Tinggi, maka Status = Aman”; atau “Jika TPM Cepat dan Volume Rendah, maka Status = Bahaya”. Proses ini dapat disusun berdasarkan pengetahuan domain dari tenaga medis atau hasil pengamatan empiris. Setelah

inferensi dilakukan, sistem melakukan defuzzifikasi untuk mengubah hasil linguistik menjadi angka konkret yang digunakan sebagai dasar tindakan, misalnya untuk mengaktifkan buzzer, menggerakkan motor servo penjepit infus, atau mengirim notifikasi ke aplikasi mobile melalui platform Blynk.

Penerapan fuzzy logic dalam sistem ini memberikan keunggulan utama pada kemampuan adaptasi terhadap perubahan kondisi real-time. Dalam praktiknya, pasien bisa saja bergerak, tekanan kantong infus bisa turun drastis, atau sensor mengalami gangguan lingkungan. Sistem berbasis logika fuzzy tidak hanya mendeteksi perubahan ini, tetapi juga menginterpretasikannya secara proporsional, sehingga pengambilan keputusan tetap relevan dan tepat waktu. Hal ini penting untuk mencegah risiko seperti infus terlalu cepat (overhydration), infus tersendat (underhydration), atau keterlambatan penanganan saat infus hampir habis.

Lebih jauh, integrasi fuzzy logic dengan ESP32 dan Blynk menjadikan sistem monitoring infus ini tidak hanya adaptif tetapi juga cerdas dan terhubung. Data dari sensor diproses langsung di ESP32, kemudian hasilnya ditampilkan melalui LCD dan dikirim ke dashboard Blynk secara real-time. Dengan ini, perawat atau dokter dapat memantau kondisi infus dari jarak jauh melalui aplikasi mobile atau antarmuka web, menerima notifikasi otomatis jika ada masalah, serta dapat mengambil tindakan cepat bahkan sebelum masalah berkembang menjadi kritis.

Dalam konteks yang lebih luas, penerapan fuzzy logic seperti ini membuka pintu bagi inovasi teknologi kesehatan yang lebih maju. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengatur kecepatan infus secara otomatis, menyesuaikan dosis obat berdasarkan algoritma personalisasi, bahkan melakukan analisis prediktif terhadap kebutuhan cairan pasien berdasarkan histori data. Hal ini

menjadikan fuzzy logic bukan hanya alat bantu kontrol, tetapi sebagai inti dari sistem pengambilan keputusan cerdas berbasis IoT di bidang medis.

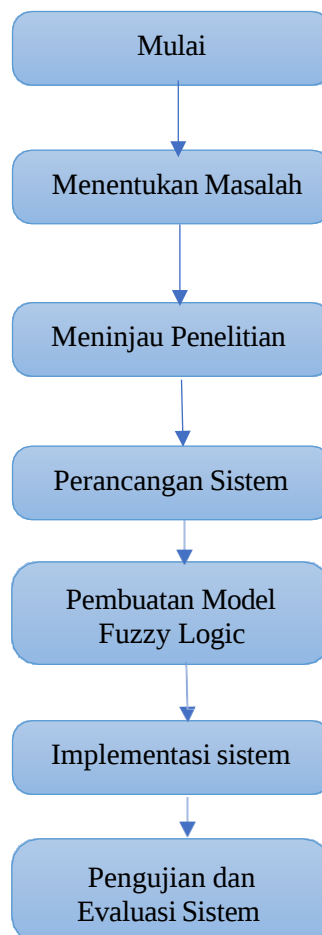
Secara keseluruhan, implementasi logika fuzzy dalam sistem monitoring infus berbasis IoT dengan ESP32 memberikan dampak positif dalam peningkatan efisiensi, akurasi, keamanan, dan kenyamanan dalam layanan medis. Sistem ini menjadi prototipe yang menjanjikan dalam pengembangan perangkat medis berbasis kecerdasan buatan dan menjadi bagian dari revolusi digital dalam sistem kesehatan masa depan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Studi ini menerapkan pendekatan logika fuzzy dalam sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang dikombinasikan dengan metode eksperimental. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk meningkatkan tingkat kecerdasan dan akurasi sistem dalam mengenali serta mengukur jumlah cairan infus dan laju tetesan per menit (TPM) dengan hasil yang menyerupai proses penilaian yang dilakukan oleh tenaga medis secara manual.



Gambar 3.1 Diagram Metode Penelitian

1. Menentukan Masalah: Mengenali tantangan yang terkait dengan pelacakan infus secara manual.
2. Meninjau Penelitian yang Ada: Menyusun daftar sumber yang membahas perangkat pemantauan infus, sensor, dan platform terkait Internet of Things.
3. Melakukan perancangan sistem dengan menentukan secara rinci komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membangun serta mengoperasikan sistem pemantauan infus berbasis IoT.
4. Mengembangkan Model Logika Fuzzy: Menetapkan istilah deskriptif, representasi matematis, dan panduan logis yang akan digunakan sistem.
5. Menerapkan Sistem: Membangun perangkat pemantauan infus awal dengan mikrokontroler ESP32 dan menghubungkannya ke platform Internet of Things seperti Blynk.
6. Eksperimen dan Penilaian: Mengevaluasi ketepatan laju infus, keandalan koneksi Internet of Things, dan seberapa baik notifikasi peringatan berfungsi
7. Penilaian dan Kesimpulan: Menafsirkan hasil eksperimen dan membuat penilaian tentang seberapa baik kinerja sistem yang telah dibuat.

3.2. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan studi ini melibatkan serangkaian fase yang direncanakan dengan cermat, yang diuraikan di bawah ini:

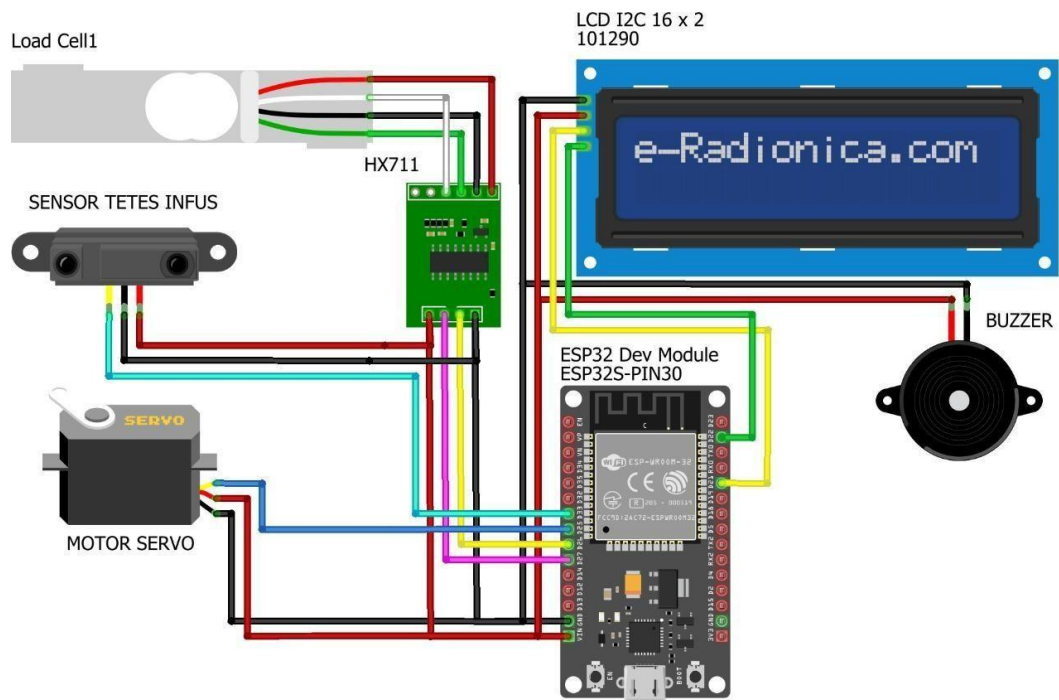
1. Mendefinisikan Masalah
 - a. Menelaah keterbatasan yang melekat pada metode pengawasan proses infus manual yang ada saat ini.
 - b. Mengenali kebutuhan akan sistem berteknologi canggih yang menggunakan IoT untuk otomatisasi.

2. Meninjau Literatur yang ada
 - a. Menyusun kumpulan materi sumber, termasuk artikel ilmiah, publikasi, dan studi sebelumnya yang berfokus pada penerapan IoT di fasilitas medis .
 - b. Menyelidiki aspek fungsional sensor optocoupler, sel beban, dan sensor ESP32, serta mengeksplorasi aplikasi pemantauan yang ada yang memanfaatkan teknologi IoT.
3. Mengonseptualisasikan Sistem
 - a. Mengembangkan skema sistem tingkat tinggi, alur proses langkah demi langkah, dan struktur keseluruhan sistem pemantauan infus
 - b. Menentukan komponen perangkat keras serta perangkat lunak yang digunakan secara spesifik dalam mendukung proses perancangan dan pengoperasian sistem pemantauan infus berbasis IoT
4. Membangun Kerangka fuzzy logic
 - a. Mengidentifikasi faktor masukan berbasis bahasa (TPM dan Volume) dan keluaran yang dihasilkan (status infus)
 - b. Membuat fungsi fuzzy sederhana menggunakan bentuk segitiga dan trapesium
 - c. Merumuskan pedoman fuzzy (himpunan aturan) berdasarkan berbagai skenario masukan
 - d. Memilih teknik spesifik untuk inferensi dan menghasilkan keluaran yang tajam
5. Menjalankan sistem
 - a. Mengumpulkan komponen fisik yang diperlukan, menyiapkan sensor, dan menghubungkan ESP32 ke platform daring

- b. Menjelaskan instruksi perangkat lunak dalam lingkungan Arduino IDE menggunakan bahasa C/C++
 - c. Menampilkan hasil pemantauan proses infus melalui layar LCD I2C 16x2 dan secara bersamaan pada platform Blynk. Tampilan tersebut mencakup informasi utama seperti jumlah tetesan per menit, volume cairan infus yang tersisa, serta status sistem yang diperoleh dari hasil pengolahan data sensor
6. Validasi dan penilaian sistem
- a. Memeriksa ketepatan sistem dalam menentukan kecepatan infus
 - b. Menilai seberapa cepat sistem bereaksi ketika perubahan kecepatan infus terdeteksi
 - c. Mengevaluasi keandalan sistem peringatan saat mengirimkan peringatan
7. Tinjauan dan kesimpulan
- a. Menafsirkan hasil pengujian
 - b. Menentukan seberapa baik sistem fuzzy bekerja dan seberapa akuratnya dalam menentukan status infus

3.3. Perancangan Sistem

3.3.1 Wiring atau Skematik Alat Pada Sistem



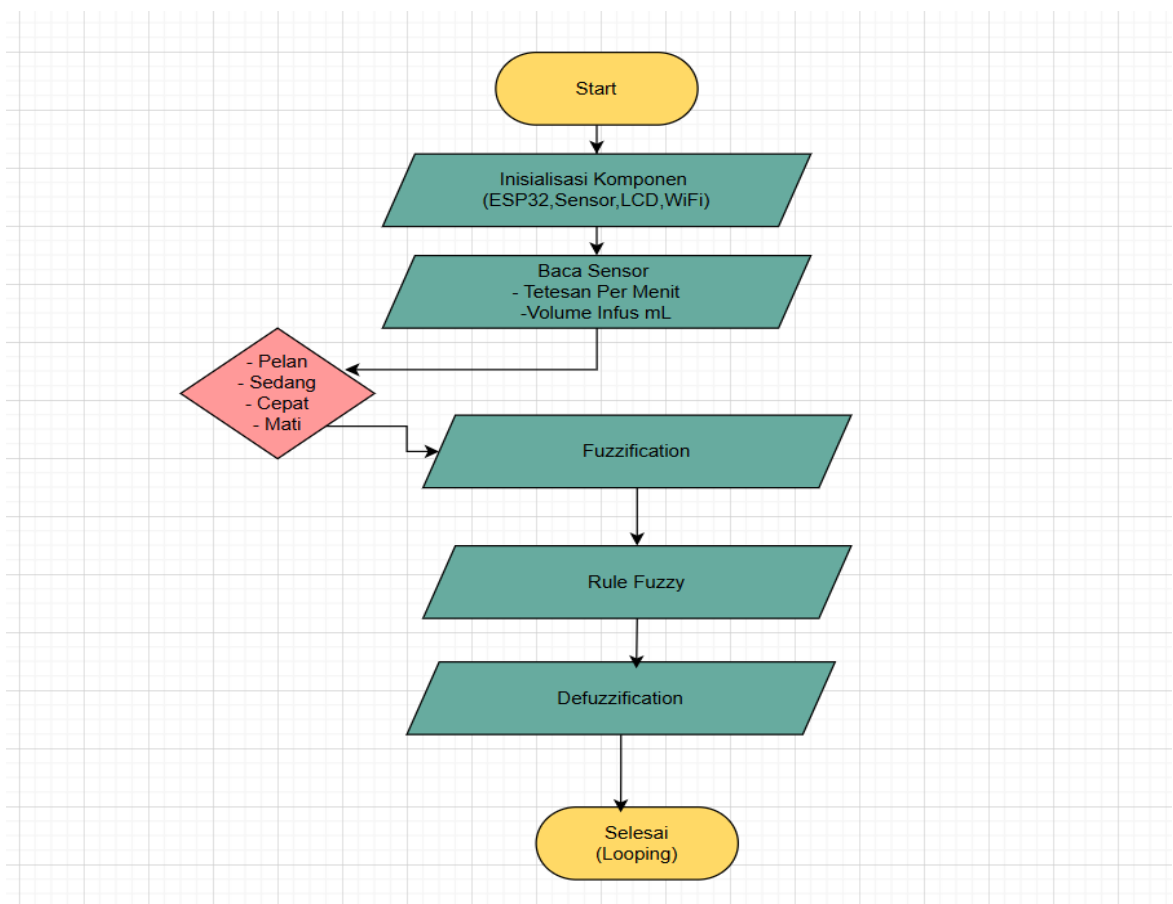
Gambar 3.2 Wiring/Skematik Sistem

Diagram ini menjelaskan keterkaitan elemen-elemen utama dalam suatu sistem yang dirancang untuk mengawasi proses infus. Komponen-komponen dasar yang terintegrasi ke dalam sistem ini diuraikan sebagai berikut:

1. Unit komputasi utama adalah mikrokontroler ESP32.
2. Untuk membedakan dan menghitung tetesan cairan intravena, sensor optocoupler digunakan.
3. Sel beban yang dipadukan dengan amplifier HX711 mengukur jumlah cairan yang diberikan.
4. Pengaturan aliran infus melalui klem tabung dilakukan menggunakan motor servo SG90.
5. Data terkait infus ditampilkan pada layar LCD 16x2 yang menggunakan protokol komunikasi I2C.

6. Dioda pemancar cahaya merah dan perangkat sinyal audio berfungsi sebagai mekanisme peringatan.
7. Platform IoT Blynk digunakan untuk observasi jarak jauh melalui aplikasi seluler.

3.3.2 Flowchart Sistem



Gambar 3.3 Flowchart Sistem

1. Permulaan: Dasar dari sistem pemantauan infusi berbasis ESP32 dimulai dari sini
2. Persiapan: Sensor volume tetes dan infus diaktifkan, dan perangkat ESP32 terhubung ke jaringan WiFi
3. Pengumpulan Data Sensor: Tentukan jumlah tetesan per menit dan volume sisa infus. Data dari sensor awalnya disajikan dalam bentuk nilai-nilai numerik yang sederhana.

4. Proses Fuzzifikasi: Keluaran numerik dari sensor diubah menjadi klasifikasi linguistik seperti cepat, sedang, lambat, atau tidak aktif. Sebagai contoh, bacaan 18 tetes per menit menunjukkan status 'lambat', sedangkan bacaan 0 menunjukkan status 'mati'
5. Penerapan Aturan Fuzzy: Ini melibatkan penggunaan berbagai pernyataan bersyarat. Sebagai contoh, kombinasi laju tetes yang tinggi dengan volume yang besar menunjukkan keadaan infus yang stabil. Sebaliknya, laju tetesan rendah yang dikombinasikan dengan volume rendah akan memicu sebuah peringatan.
6. Proses Defuzzifikasi: Mengubah hasil logika fuzzy menjadi hasil yang nyata. Misalnya, mengeluarkan peringatan, mengaktifkan lampu indikator, atau mengirimkan data angka yang tepat mengenai status infus.
7. Pengiriman ke Blynk: Melalui perangkat mobile atau internet, staf medis dan pengguna dapat segera mengakses data mengenai tetesan per menit dan volume infus.
8. Operasi Berkelanjutan: Pemantauan dilakukan secara otomatis dan dapat diulang, dimulai dari awal

3.3.3 Arsitektur Sistem

Desain struktural dari kerangka ini menjelaskan bagaimana komponen fisik dan program komputer berinteraksi dalam suatu sistem yang dirancang untuk memantau proses infus dengan menggunakan teknologi IoT.

1. Komponen Fisik: Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor optokopler, sel beban, motor servo, tampilan LCD, dan pemberitahuan.
2. Program Komputer: Sistem ini menggunakan Arduino IDE untuk

pengembangan kode, platform Blynk untuk pengawasan, serta pustaka tambahan seperti LiquidCrystal_I2C, HX711, dan Servo untuk mendukung operasi perangkat.

3.4. Pengujian dan Evaluasi

3.4.1 Metode Pengujian

Menyediakan antarmuka yang interaktif dan mudah dioperasikan melalui mekanisme penataan elemen menggunakan metode *drag and drop*:

1. Pengujian Sensor
 - a. Melakukan pengujian terhadap tingkat akurasi sensor optocoupler dalam mengidentifikasi dan menghitung tetesan cairan infus yang masuk ke tubuh pasien
 - b. Menilai kemampuan sel beban untuk mengukur dengan tepat jumlah cairan yang akan disuntikkan.
2. Pengujian Motor Servo
 - a. Kemampuan motor servo dalam mengendalikan laju infusi secara tepat sesuai dengan instruksi yang diterima dari modul ESP32 akan diuji.
3. Pengujian Komunikasi IoT
 - a. Memastikan bahwa proses pengiriman data hasil pengukuran dari mikrokontroler ESP32 ke platform Blynk dapat berjalan secara stabil dan tanpa kehilangan data.
 - b. Mengevaluasi tingkat stabilitas koneksi Wi-Fi yang digunakan dalam sistem untuk menjamin keandalan komunikasi data antara perangkat dan server
4. Pengujian Notifikasi dan Alarm
 - a. Mengevaluasi kemampuan sistem dalam memberikan peringatan otomatis ketika terdeteksi adanya ketidaksesuaian atau inkonsistensi pada

laju tetesan infus, guna memastikan keandalan fungsi notifikasi dalam kondisi operasional sebenarnya

3.4.2 Evaluasi Sistem

Penilaian dilakukan dengan menganalisis data uji menggunakan patokan yang dijelaskan di bawah ini:

1. Ketepatan dalam perhitungan laju infusi, membandingkan informasi yang dihasilkan sistem dengan catatan yang dicatat secara manual.
2. Kecepatan reaksi sistem diukur dengan menghitung waktu yang diperlukan sejak infus terdeteksi hingga pemberitahuan dikirimkan.
3. Keandalan koneksi IoT, menilai persentase waktu di mana sistem berhasil menyampaikan informasi dengan tepat tanpa adanya keterlambatan.

3.5. Model Pembuatan Himpunan Fuzzy

1. Variabel input: Tetesan per Menit (TPM)

Tabel 3.1 Variabel input

Kategori	Range TPM	Bentuk fungsi keanggotaan
Mati	0-12	Segitiga (0,0,12)
Pelan	8-28	Segitiga (8,16,28)
Sedang	25-55	Segitiga (25,40,55)
Cepat	50-85	Segitiga (50,67,85)

2. Variabel Output: Status servo (Kontrol Aliran Infus)

Tabel 3.2 Variabel output

Kategori infus	Fungsi servo	Sudut servo (outputcrisps)
Mati	Menutup penuh	0 ° (infus di jepit)
Pelan	Membuka sedikit	60 °
Sedang	Buka sedang	120°
Cepat	Buka penuh	180°

3. Contoh Fungsi keanggotaan Triangular (TPM)
Fungsi Keanggotaan Sedang :

Tabel 3.3 Fungsi Keanggotaan

Rentang nilai TPM	Keterangan	Derajat keanggotaan (μ_{Sedang})
$X \leq 20$	Termasuk di bawah batas bawah kategori sedang	0
$20 < x < 25$	Nilai keanggotaan meningkat secara linear dari 0 menuju 1	$(x-20) / 15$
$35 \leq x < 50$	Nilai keanggotaan menurun secara linear dari 1 menuju 0	$(50 - x) / 15$
$X \geq 50$	Termasuk di atas batas atas kategori sedang	0

Penjelasan :

1. Baris 1 $X \leq 20$: Jika jumlah tetesan, yang dilambangkan sebagai x , tidak melebihi 20, tingkat keanggotaan fuzzy yang sesuai untuk klasifikasi sedang adalah 0. Hal ini menunjukkan bahwa klasifikasi sedang kurang tepat; sebaliknya, klasifikasi ini lebih sesuai dengan pelabelan lambat.
2. Baris 2: $20 < x < 25$: Ketika x memiliki nilai lebih besar dari 20 tetapi kurang dari 25, nilai fuzzy naik dalam garis lurus dari 0 hingga 1. Berikut persamaan untuk menentukan nilai fuzzy:

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \frac{x - 20}{15}$$

Contoh nya :

- 1 Diberikan $X = 25$, perhitungannya adalah $\mu = (25-20)/15 = 0,33$
- 2 Diberikan $X = 30$, perhitungannya menjadi $\mu = (30-20)/15 = 0,67$
3. Baris 3: Ketika $35 \leq x < 50$, yang menunjukkan nilai X berfluktuasi dalam rentang 35 hingga 50, kerapatan fuzzy secara bertahap turun dari 1 ke 0, dan ditentukan oleh persamaan berikut nya :

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \frac{50 - x}{15}$$

Contohnya :

- 1: Ketika x sama dengan 40, hasil $(50 \text{ dikurangi } 40)$ dibagi 15 menghasilkan nilai μ sebesar 0,67.
- 2: Jika x sama dengan 48, maka μ dihitung sebagai $(50 \text{ dikurangi } 48)$ dibagi 15, yang sama dengan 0,13.
4. Baris ke-4: $x \geq 50$, Bila nilai 'Drop' melampaui 50, maka dianggap berada di luar rentang yang dapat diterima, diklasifikasikan ulang sebagai 'Medium', sehingga nilai keanggotaannya menjadi 0.

3.6. Penentuan Kebutuhan Tetesan Berdasarkan Penyakit

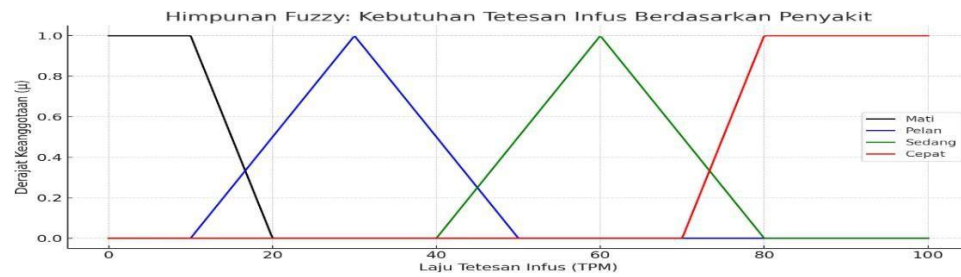
Bagian ini menjelaskan pengaturan laju infus yang diperlukan sesuai dengan penyakit atau masalah kesehatan yang sedang ditangani. Informasi ini digunakan sebagai landasan untuk mengembangkan sistem aturan fuzzy yang akan secara otomatis mengatur proses infusi berdasarkan laju tetesan per menit (TPM). Sebuah tabel yang menunjukkan kategori penyakit, beserta proyeksi penurunan per menit (TPM), beserta klasifikasi kaburnya disajikan di bawah ini:

Tabel 3.4 Kebutuhan pasien berdasarkan penyakit

No	Penyakit/kondisi	TPM (Tetes/Menit)	Kategori fuzzy
1	Dehidrasi ringan	20-30 tetes/menit	Pelan
2	Pasien dengan Dehidrasi berat	38-58 tetes/menit	Sedang-cepat
3	Pasien Demam berdarah (DBD)	37-48 tetes/menit	Sedang
4	Pasien dengan Hipoglikemia	28-38 tetes/menit	Sedang
5	Pasien pasca operasi	18-38 tetes/menit	Pelan-sedang
6	Pasien dengan Infeksi berat / sepsis	48-68 tetes/menit	Cepat
7	Pasien dalam kondisi Syok hipovolemik	58-78 tetes/menit	Cepat
8	Pasien Menjalani Kemoterapi dengan obat intravena	8-18 tetes/menit	Pelan
9	Pemeliharaan cairan harian	15-25 tetes/menit	Pelan
10	Gagal ginjal hemodialisis	30-50 tetes/menit	Sedang

Dan ada pun berupa gambar terkait Penentuan Kebutuhan Tetesan Berdasarkan

Penyakit :



Gambar 3.4 Himpunan Fuzzy Berdasarkan Penyakit

Keterangan himpunan pada gambar di atas :

1. Mati : 0-20 TPM , untuk pasien yang tidak membutuhkan infus aktif
2. Pelan : 10-50 TPM, infus lambat, misalnya pasien pasca operasi
3. Sedang : 40-80 TPM , infus normal untuk pasien yang dehidrasi ringan
4. Cepat : > 70 TPM , digunakan pada kondisi darurat seperti pasien syok atau kehilangan darah

3.7. Waktu Penelitian

Tabel 3.5 Tabel waktu penelitian

No.	Kegiatan Penelitian	Waktu penelitian					
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli
1.	Observasi dan Analisis awal						
2.	Pengumpulan Data						
3.	Pembuatan proposal & Bimbingan proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Pelaksanaan riset dan implementasi sistem						
6.	Analisis data dan penulisan laporan akhir						

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Studi ini secara efektif menciptakan dan menerapkan system untuk memantau kecepatan infus intravena. Sistem ini menggunakan mikrokontroller ESP32 beserta sensor yang menggunakan optocoupler , sel badan yang di pasangkan dengan modul HX711, dan platform Blynk. Sistem ini dapat memantau infus yang sedang berlangsung dan menunjukkan kecepatan infus (dalam tetesan per menit), jumlah cairan yang di berikan, dan kondisi infus dengan menggunakan metode yang disebut logika fuzzy

4.2 Hasil Rancangan Alat

Bagian ini menjelaskan rencana pembangunan dan sirkuit untuk perangkat pemantauan infus berbasis ESP32, yang telah dirakit dan diuji. Ini mencakup susunan komponen, sistem listrik, koneksi pengguna, dan penutup luar. Tampilan lengkap mengenai tata letak perangkat dapat ditemukan di sini:



Gambar 4.1 Alat Keseluruhan

4.3 Pengujian Alat Keseluruhan

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk memastikan bahwa sistem pemantauan infus yang berbasis ESP32 berfungsi sebagaimana mestinya dan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan. Pengujian diarahkan pada kinerja sensor, akurasi data, respons sistem logika fuzzy, dan efektivitas pengiriman pemberitahuan melalui platform IoT Blynk.

4.3.1 Pengujian Fungsional Komponen

Tabel 4.1 Pengujian alat keseluruhan

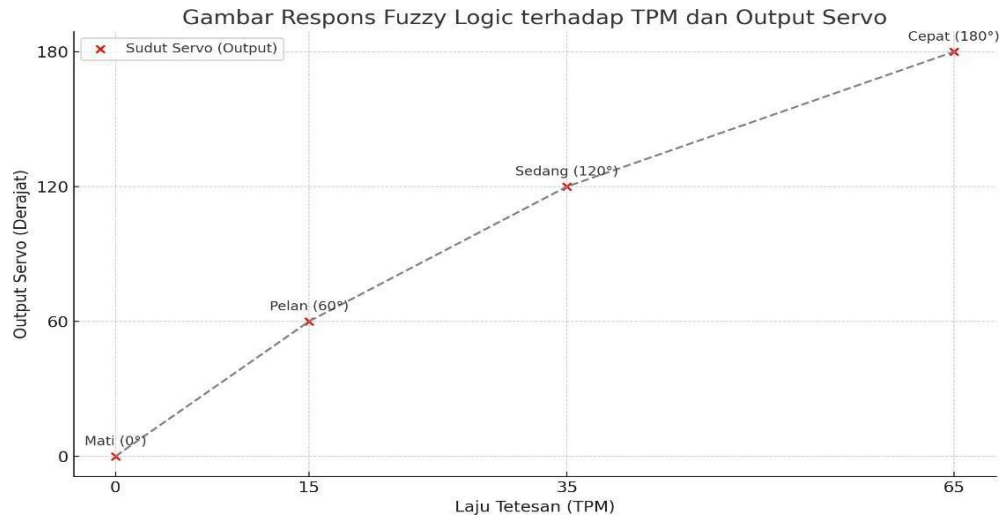
Komponen	Tujuan pengujian	Hasil	Status
ESP32	Inisialisasi sistem dan pengiriman data blynk	Koneksi berhasil dan stabil	yes
Sensor Optocoupler	Deteksi tetesan infus	Mendeteksi setiap tetesan	yes
Load Cell + HX711	Pembacaan berat cairan infus	Akurasi $\pm 1,5\%$ dari manual	yes
LCD I2C	Tampilkan data TPM, Volume, status	Respon cepat dan hasil akurat	yes
Servo SG90	Kontrol penjepit infus	Bergerak sesuai hasil fuzzy	yes
Buzzer	Alarm kondisi abnormal	Aktif sesuai aturan sistem fuzzy	yes

4.3.2 Pengujian Respons Fuzzy logic dan Notifikasi

Tabel 4.2 Pengujian Respons Fuzzy

TPM	Volume	Kategori Fuzzy	Sudut servo	Buzzer	Notifikasi Blynk
0	400	Mati	0°	Aktif	Ya
20	400	Pelan	60°	Tidak	Tidak
45	400	Sedang	120°	Tidak	Tidak
85	400	Cepat	180°	Tidak	Tidak

Dari tabel di atas maka akan terbentuk lah sebuah gambar yang menjelaskan terkait pengujian respons fuzzy logic dan notifikasi



Gambar 4.2 Pengujian respons fuzzy logic dan notifikasi

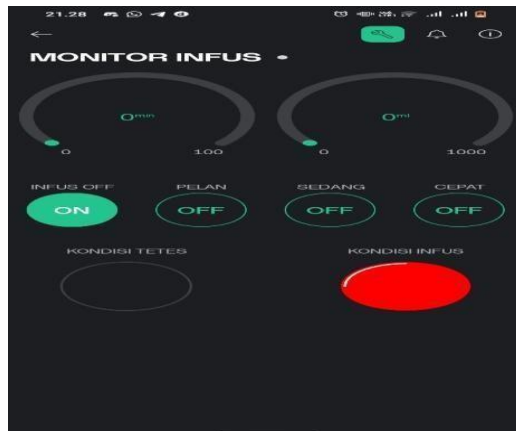
Penjelasan dari gambar di atas sebagai berikut :

Sumbu X menunjukkan laju tetesan infus (TPM) , dan Sumbu Y menunjukkan sudut servo (0° sampai 180°), Dan ada titik titik merah menunjukkan status fuzzy logic yak ni Mati = 0° , Pelan = 60° , Sedang = 120° , Cepat = 180°

4.3.3 Pengujian Platform Blynk

Agar memudahkan tenaga medis dan pengguna dalam memantau kondisi infusi dari jarak jauh, sistem ini dilengkapi dengan antarmuka dasbor berbasis aplikasi Blynk. Dasbor menampilkan hasil pemantauan infusi secara langsung berdasarkan data yang dikirim oleh ESP32.

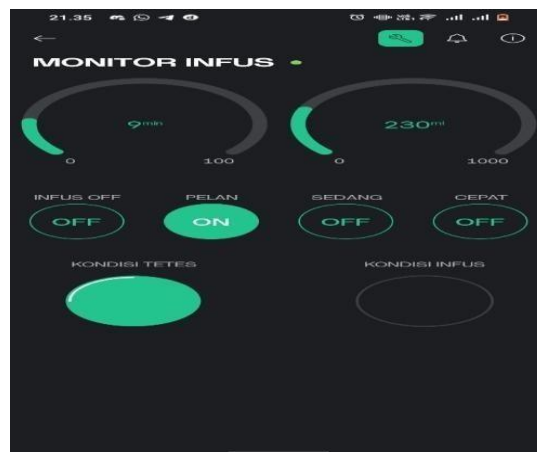
1. Infus Mati



Gambar 4.3 Infus Mati

Deskripsi : Tingkat tetes 0/menit volume cairan 0 ml, status mati fuzzy ,
Aktif warna merah

2. Infus Pelan



Gambar 4.4 Infus Pelan

Deksripsi : Tingkat tetes 9/menit volume cairan 230Ml , status hidup fuzzy ,
Aktif warna Hijau

3. Infus Sedang



Gambar 4.5 Infus Sedang

Deskripsi : Laju tetes 46/menit volume cairan 205 Ml , status hidup fuzzy ,

Aktif warna Hijau

4. Infus cepat



Gambar 4.6 Infus Cepat

Deskripsi : Laju tetes 88/menit volume cairan 196 ML , status hidup Fuzzy ,
Aktif warna Hijau

4.4 Implementasi Code

Pelaksanaan Implementasi kode program dalam sistem pemantauan infus adalah komponen utama yang menghubungkan sensor, mikrokontroler, dan platform IoT. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, sebuah chip berkekuatan dua inti yang mendukung Wi-Fi dan Bluetooth, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi waktu nyata dan sistem berbasis jaringan. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengompilasi kode adalah C++ dengan struktur berbasis Arduino, yang dikompilasi dan diunggah ke ESP32 menggunakan Arduino IDE. Platform ini dipilih karena kemudahan dalam mengintegrasikannya dengan berbagai pustaka pihak ketiga, dokumentasi yang lengkap, dan komunitas pengguna yang besar, yang sangat mendukung pengembangan sistem berbasis mikrokontroler.

Struktur kode program bersifat modular dan terbagi menjadi beberapa bagian utama guna memudahkan pembacaan, perawatan, dan pengembangan di masa mendatang. Bagian-bagian kunci dari kode mencakup:

Library & Konstanta

Tabel 4.3 Tabel library & Konstanta

Code	Deskripsi Penjelasan
#define BLYNK_PRINT Serial	Log status koneksi akan tampil di serial monitor
#define BLYNK_TEMPLATE_ID	Mengkonfigurasi template id dan auth token dari blynk
#include <Wire.h> dst.	Membuat library utama
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);	Menginisialisasi LCD pada alamat 0x27
Servo myservo;	Membuat instance servo untuk aktuasi penjepit infus

1. Pin dan Variabel

Tabel 4.4 Tabel Pin dan Variabel

Code	Deskripsi Penjelasan
#define buzzer 15 dst.	Inisialisasi sensor, LED, servo
byte modeKalibrasi = 0;	Status kalibrasi disimpan dalam variabel kontrol
HX711 scale(16,17);	HX711 dikonfigurasi pada pin DT = 16 dan SCK = 17
float berat, volume;	Variabel Menampung hasil pembahasan berat dan konversi volume
int nilai_servo, tetesCount;	Data posisi servo dan jumlah tetes disimpan di monitoring
unsigned long laju_infus, lastTetesTime, timer;	Timer digunakan untuk menghitung laju infus mengirim ke sistem
long lastMillis;	Pembacaan berat loadcell

2. Setup dan Interrupt

Tabel 4.5 Tabel Setup dan Interrupt

Code	Deskripsi Penjelasan
void IRAM_ATTR ISR()	Interrupt berfungsi mendeteksi tetesan yang masuk
setup()	Inisialisasi semua perangkat: WiFi,EEPROM,LCD,Sensor,Servo
attachInterrupt(sensorPin, ISR, FALLING);	Memicu fungsi ISR saat sensor mendeteksi tetesan jatuh
myservo.write(10);	Menutup otomatis pada saat alat di hidupkan
EEPROM.get(alamatKalibrasiM, m);	Memuat nilai skala offset hasil kalibrasi sebelumnya
scale.set_scale(m);	EEPROM yakni Mengaktifkan kalibrasi berat

3. Fungsi Looping() (Utama)

Tabel 4.6 Tabel Fungsi Looping()

Code	Deskripsi Penjelasan
if(digitalRead(KUNING)==LOW && modeKalibrasi==0)	Mulai kalibrasi saat tombol kuning ditekan
if(modeKalibrasi==1) dan ==2	Proses kalibrasi serta hitung nilai m serta nilai c

<code>if(!modeKalibrasi)</code>	Masuk mode monitoring otomatis
<code>scale.get_units(10)</code>	Baca berat dalam gram
<code>volume = berat * 1.05;</code>	Konversikan berat ke volume infus
<code>lcd.setCursor()</code>	Tampilkan data di LCD I2C tersebut
<code>Blynk.virtualWrite(V0, laju_infus)</code>	Kirim nilai laju infus ke Blynk
<code>Blynk.virtualWrite(V1, volume)</code>	Kirim nilai volume infus ke Blynk
<code>V6 = 1</code>	Mengaktifkan indikator tetesan
<code>V7 = 1</code>	Mengaktifkan indikator volume tetesan rendah
<code>laju_infus = tetesCount</code>	Menghitung laju setiap 5 detik
<code>if(volume<200 && flag==0)</code>	Mengaktifkan alarm buzzer

4. Notifikasi dan Alarm

Tabel 4.7 Tabel Notifikasi dan Alarm

Code	Penjelasan
<code>Blynk.logEvent("alarm","Peringatan, Infus hampir habis!")</code>	Mengirim push notifikasi ke blynk app
<code>for(int i=0;i<10;i++)</code>	Buzzer menyala dan mati berulang untuk peringatan
<code>flag=1</code>	Alarm hanya aktif saat volume infus rendah dan otomatis berhenti saat volume kembali normal.

5. Fungsi Blynk_Write()'

Tabel 4.8 Tabel Fungsi Blynk_Write()

Fungsi	Deskripsi Penjelasan
<code>BLYNK_WRITE(V2)</code>	Ketika tombol INFUS OFF ditekan → Servo ditutup (write 10°)
<code>BLYNK_WRITE(V3)</code>	Ketika tombol INFUS PELAN ditekan → Servo buka 50°
<code>BLYNK_WRITE(V4)</code>	Ketika tombol INFUS SEDANG ditekan → Servo buka 70°
<code>BLYNK_WRITE(V5)</code>	Ketika tombol INFUS CEPAT ditekan → Servo buka 90°

6. Output ke Blynk

Tabel 4.9 Tabel Output ke Blynk

Pin virtual	Deskripsi Fungsi
V0	Menampilkan laju tetesan infus (TPM) melalui indikator gauge pada aplikasi Blynk.
V1	Menampilkan volume cairan infus (mL) menggunakan <i>gauge</i> pada antarmuka Blynk.
V2-V5	Tombol kendali servo untuk mengatur kecepatan tetesan infus
V6	Menunjukkan status terdeteksi tetesan (ON/OFF)
V7	Memberikan indikasi ketika volume berada (ON/OFF)

4.5 Kelebihan dan Kekurangan alat

Adapun kelebihan dari alat yang telah di uji pada penelitian yang dilakukan ini yaitu:

1. Sistem dapat memantau laju tetesan infus secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi.
2. Dilengkapi dengan sensor optocoupler dan load cell yang memungkinkan deteksi otomatis jumlah tetesan dan volume cairan.
3. Tampilan LCD memudahkan tenaga medis melihat informasi langsung tanpa aplikasi tambahan.
4. Sistem menggunakan logika fuzzy untuk pengambilan keputusan yang lebih adaptif terhadap kondisi infus.
5. Dilengkapi dengan alarm buzzer dan notifikasi Blynk yang dapat memperingatkan kondisi abnormal seperti infus berhenti atau hampir habis

Adapun kekurangan dari alat yang telah di uji pada penelitian yang dilakukan ini yaitu :

1. Sistem masih bersifat monitoring, belum mampu mengontrol aliran infus secara otomatis (misal: membuka/menutup penjepit berdasarkan perintah

fuzzy).

2. Pengujian hanya dilakukan di lingkungan laboratorium, belum diuji di kondisi klinis nyata yang memiliki variabel kompleks.
3. Akurasi sensor optocoupler bisa menurun jika terdapat gangguan cahaya dari luar.
4. Sistem hanya diuji dengan satu jenis cairan infus, belum mengakomodasi variasi viskositas dari berbagai jenis cairan.
5. Membutuhkan koneksi Wi-Fi stabil agar data dapat dikirim ke Blynk secara real

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah selesai memungkinkan kami untuk membuat beberapa keputusan berikut:

1. Dengan menggunakan ESP32 sebagai elemen kontrol utama, sensor optocoupler untuk mendeteksi tetesan infus, dan sensor sel beban beserta penguat HX711 untuk mengukur volume infus, sistem ini berhasil dibuat dan dioperasikan.
2. Pemanfaatan logika fuzzy terbukti menjadi cara praktis untuk memilah berbagai skenario infus—yaitu, mati, lambat, sedang, dan cepat—dan untuk membuat penilaian otomatis tentang tingkat keamanan, kewaspadaan, dan bahaya.
3. Berdasarkan hasil pengambilan keputusan sistem logika fuzzy, elemen-elemen seperti buzzer dan servo dikelola secara otomatis, yang memberikan sistem kemampuan untuk memberikan umpan balik yang sesuai dan aman ketika mendeteksi keadaan yang tidak biasa.
4. Kombinasi modul LCD I2C dengan Konsol Blynk dan platform IoT Blynk memungkinkan sistem untuk menampilkan dan mengirimkan pembaruan tentang kondisi infus saat itu terjadi, memberikan notifikasi yang relatif presisi dan responsif.

5.2 Saran

Penulis mengajukan sejumlah saran mengenai bagaimana hal-hal tersebut sebaiknya ditangani di masa mendatang dalam hal pengembangan dan investigasi:

1. Untuk meningkatkan kualitas kategorisasi dan keputusan, disarankan agar penelitian di masa mendatang menggunakan pendekatan logika fuzzy yang lebih kompleks, seperti Sugeno Fuzzy, ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), atau menggabungkannya dengan algoritma pembelajaran mesin.
2. Untuk penelitian di masa mendatang, disarankan untuk menggunakan teknik pembelajaran mesin, seperti Pohon Keputusan, Mesin Vektor Pendukung (SVM), atau Hutan Acak, untuk mengkategorikan data infus IV dengan tingkat presisi yang tinggi. Hal ini akan menghilangkan kebutuhan untuk menerapkan aturan fuzzy secara manual, yang akan memungkinkan pemrosesan otomatis.
3. Disarankan agar penelitian di masa mendatang menggunakan arsitektur pembelajaran mendalam, seperti Jaringan Syaraf Tiruan Konvolusional (CNN) dan Jaringan Syaraf Tiruan Berulang (RNN). CNN dapat digunakan untuk menemukan gambar infus IV, sementara RNN lebih cocok untuk mengolah data.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Wagyuana. (2019). *ESP32: Mikrokontroler IoT dengan Wi-Fi dan Bluetooth Terintegrasi*. Jakarta: Penerbit Informatika.
- Ardiansyah, M., et al. (2024). Analisis Kinerja IoT dalam Pemantauan Laju Infus secara Real-Time. *Jurnal Teknik Informatika dan Biomedis*, 16(1), 35–50.
- Basri, H. (2018). *Dasar-dasar Elektronika Digital dan Analog*. Bandung: Andi Offset.
- Dewi, R., & Kurniawan, B. (2023). Penggunaan Breadboard dalam Prototipe Sistem Elektronik. *Jurnal Rekayasa Elektronika*, 14(2), 167–180.
- Fauzan, A., & Sari, D. (2023). Penggunaan Load Cell dan HX711 dalam Sistem Monitoring Berat Cairan. *Jurnal Teknologi Sensor*, 12(3), 135–150.
- Hafiz, M., & Ramadhan, Y. (2023). Implementasi Platform Blynk dalam Sistem IoT Medis. *Jurnal Teknologi IoT dan Kesehatan*, 10(1), 45–60.
- Halim, R., et al. (2023). Pengembangan Smart Infusion Monitoring System untuk Meningkatkan Efisiensi Perawatan Pasien. *Jurnal Riset Teknologi Medis*, 11(4), 200–215.
- Hidayat, A., & Wibowo, R. (2022). Desain Sistem Monitoring Kesehatan Menggunakan Sensor Optocoupler. *Jurnal Teknologi Elektronika Medik*, 9(3), 155–165.
- Hidayat, B., & Lestari, D. (2023). Pemanfaatan Mikrokontroler ESP32 untuk Monitoring Infus Berbasis IoT. *Jurnal Sistem Informasi Kesehatan*, 14(2), 167–180.
- Junaidi, F., & Rahman, A. (2023). *Pemrograman ESP32 dengan Arduino IDE untuk Pengembangan Sistem Monitoring Medis*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Kernighan, B. W., & Ritchie, D. M. (1988). *The C Programming Language*. Prentice Hall.
- Mahardika, A., & Susanto, H. (2023). Implementasi LCD I2C 16x2 dalam Sistem Monitoring IoT. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 15(1), 75–90.
- Martin, R. C. (2008). *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. Prentice Hall.
- Nugroho, A., & Saputra, Y. (2023). *Arduino IDE dan Pemrograman ESP32: Panduan Lengkap*. Bandung: Andi Offset.
- Prasetya, R., & Wijaya, H. (2023). LCD dan Display Data pada Sistem Embedded. *Jurnal Rekayasa Perangkat Keras*, 13(3), 120–135.

- Putra, A., & Wijaya, H. (2021). Analisis Risiko Kesalahan dalam Pemberian Infus di Rumah Sakit. *Jurnal Teknologi Kesehatan*, 9(1), 75–89.
- Rahman, F., et al. (2022). Evaluasi Efektivitas Pemantauan Infus Berbasis Sensor pada Pasien ICU. *Jurnal Teknik Biomedis Indonesia*, 15(1), 45–60.
- Rahman, H., & Putri, N. (2023). Sistem Pengendali Servo Otomatis pada Aliran Infus. *Jurnal Instrumentasi Medis*, 13(2), 90–105.
- Risdiandi, M. (2020). *Elektronika Digital: Konsep, Implementasi, dan Aplikasi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Samsudin, M., & Prasetya, A. (2023). Penggunaan Buzzer Sebagai Alarm Otomatis dalam Sistem Pemantauan Medis. *Jurnal Instrumentasi dan Kontrol*, 14(2), 110–125.
- Santoso, R., & Lestari, D. (2023). Implementasi Sistem Monitoring Infus Berbasis IoT di Rumah Sakit. *Jurnal Informatika Medis*, 12(3), 135–150.
- Setiawan, A., & Haryanto, R. (2023). Pemrograman Embedded dengan C/C++ untuk Mikrokontroler ESP32. *Jurnal Rekayasa Elektronika*, 13(2), 80–95.
- Stroustrup, B. (2013). *The C++ Programming Language*. Addison-Wesley.
- Suryanto, T., et al. (2020). Manajemen Pemberian Cairan Infus dalam Praktik Keperawatan. *Jurnal Keperawatan Klinis*, 8(2), 112–120.
- Susanto, H., & Wijaya, R. (2023). Pemanfaatan Kabel Jumper dalam Proyek Embedded System. *Jurnal Elektronika dan Komputer*, 14(1), 98–110.
- Widodo, A., & Prasetyo, H. (2023). Pemanfaatan ESP32 dalam Monitoring Tetesan Infus Berbasis IoT. *Jurnal Sistem Informasi Kesehatan*, 14(2), 167–180.
- Yusuf, R., & Pratama, B. (2023). Penggunaan Sensor Photodiode dan IR dalam Deteksi Tetesan Cairan Medis. *Jurnal Optoelektronika*, 10(3), 55–70.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.

Lampiran 1 . SK Penetapan Dosen Pembimbing

 MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/AN-PT/Akred/PT/10/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
Website: www.umsu.ac.id Email: info@umsu.ac.id umsu@umsu.ac.id umsu@umsu.ac.id umsu@umsu.ac.id umsu@umsu.ac.id

PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING
PROPOSAL/SKRIPSI MAHASISWA
NOMOR : 244/II.3-AU/UMSU-09/F2025

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan Persetujuan pemohonan judul penelitian Proposal / Skripsi dari Ketua / Sekretaris

Program Studi : Teknologi Informasi
Pada tanggal : 07 Januari 2025

Dengan ini menetapkan Dosen Pembimbing Proposal / Skripsi Mahasiswa.

Nama : AIDIL AZHAR
NPM : VII (Tujuh)
Semester : 2109020137
Program studi : Teknologi Informasi
Judul Proposal / Skripsi : Monitoring Alat Hitung Tetesan Infus Dengan ESP32

Dosen Pembimbing : Amrullah S.Kom., M.Kom

Dengan Demikian di izinkan menulis Proposal / Skripsi dengan ketentuan

1. Penulisan berpedoman pada buku panduan penulisan Proposal / Skripsi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU
2. Pelaksanaan Sidang Skripsi harus berjarak 3 bulan setelah dikeluarkannya Surat Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi
3. Proyek Proposal / Skripsi dinyatakan "BATAL" bila tidak selesai sebelum masa kadaluarsa tanggal : 07 Januari 2026
4. Revisi Judul

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pada Tanggal : 06 Rajab 1446H
07 Januari 2025M

 
a.n.Dekan
Nakil Dekan I
Amrullah Maulana, S.T., M.Kom.
NIDN : 0121119102

Cc. File    

Lampiran 2 . Turnitin

SKRIPSI_PUNYA_AIDIL_WELL-1760432737053			
ORIGINALITY REPORT			
24%	11%	4%	22%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	16%	
2	repository.umsu.ac.id Internet Source	2%	
3	Submitted to Telkom University Student Paper	1%	
4	docplayer.info Internet Source	<1%	
5	pt.scribd.com Internet Source	<1%	
6	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1%	
7	Submitted to Universitas Islam Riau Student Paper	<1%	
8	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1%	
9	Muh Fadil Hamzah. "SISTEM MONITORING CAIRAN INFUS BERBASIS INTERNET OF THINGS", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025 Publication	<1%	
10	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1%	
11	journal.uniga.ac.id Internet Source	<1%	
12	M Hizbul Wathan, Indra Irawan, Better Swengky, Irsan Cahyadi. "InfusCare: Smart Infusion Monitoring System with Real-Time Notifications via ESP32 and Blynk", Jurnal Pengembangan Sistem Informasi dan Informatika, 2025 Publication	<1%	
13	jurnal.um-palembang.ac.id Internet Source	<1%	
14	Submitted to Universiti Teknologi Petronas Student Paper	<1%	
15	repository.upnvj.ac.id Internet Source	<1%	
16	123dok.com Internet Source	<1%	
17	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1%	
18	Saskia Eka Cahyani, Tatang Rohana, Santi Arum Puspita Lestari. "Implementasi fuzzy logic pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis IoT", INFOTECH : Jurnal Informatika & Teknologi, 2023 Publication	<1%	
19	Submitted to Fakultas Teknik Student Paper	<1%	
20	Submitted to UNIVERSITAS BUDI LUHUR Student Paper	<1%	
21	digilib.uin-suka.ac.id Internet Source	<1%	

22	mindthegraph.com	<1 %
23	www.coursehero.com	<1 %
24	Submitted to Saddleback High School	<1 %
25	Submitted to Universitas Brawijaya	<1 %
26	arifedukasi09.blogspot.com	<1 %
27	securityphresh.com	<1 %
28	text-id.123dok.com	<1 %
29	www.freedomdocumentsearch.com	<1 %
30	Submitted to Universitas Pancasila	<1 %
31	lib.unnes.ac.id	<1 %
32	repository.poltekbangjayapura.ac.id	<1 %
33	eprints.itn.ac.id	<1 %
34	mitradiklatcenter.com	<1 %
35	repository.unhas.ac.id	<1 %
36	(1-14-14)	<1 %
Internet Source		
37	etheses.uin-malang.ac.id	<1 %
38	fandik-prasetyawan.blogspot.com	<1 %
39	repository.its.ac.id	<1 %
40	repository.unwidha.ac.id	<1 %
41	www.bappenas.go.id	<1 %
42	www.jurnal.stmik-yadika.ac.id	<1 %
43	Muhammad Aqsha Rizki Sugiarto, Moh Muhtarom, Anindhasti Ayu Kusuma Asri. "Implementasi Sistem Pemberian Pakan Ikan Hias Otomatis Menggunakan Esp32 Berbasis IoT (Internet of Things)", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2024	<1 %
44	belajarmikrokontroler2k23.blogspot.com	<1 %
45	kumparan.com	<1 %
46	mediskripta.com	<1 %
47	repository.pnb.ac.id	<1 %
48	repository.unikom.ac.id	<1 %
Internet Source		
49	repository.unugiri.ac.id	<1 %
50	www.bluno.com	<1 %
51	www.scribd.com	<1 %
52	lorenzodani234.wordpress.com	<1 %
53	Wajahat Khalid, Mohsin Jamil, Ashraf Ali Khan, Qasim Awais. "Open-Source Internet of Things-Based Supervisory Control and Data Acquisition System for Photovoltaic Monitoring and Control Using HTTP and TCP/IP Protocols", Energies, 2024	<1 %
54	repository.radenintan.ac.id	<1 %
Internet Source		

Exclude quotes On Exclude matches Off
Exclude bibliography On