

***PROTOTYPE OTOMASI INFUS BERBASIS FUZZY
LOGIC***

TESIS S-2

Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Magister Teknik
Program Magister Teknik Elektro



Diajukan oleh :

Lawrence Adi Supriyono

NIM : 20601800020

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Tesis dengan judul :

PROTOTYPE OTOMASI INFUS BERBASIS FUZZY LOGIC

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Lawrence Adi Supriyono

NIM : 20601800020

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : 11 Agustus 2022

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

Ir. Suryani Alifah, M.T., Ph.D

NIDN : 0625036901

Ketua Penguji 1

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T.

NIDN : 0618066301

Pendamping Pembimbing

Arief Marwanto, S.T., M.Eng., Ph.D

NIDN : 0628097501

Penguji 2

Dr. Hj. Sri Arttini Dwi P, M.Si.

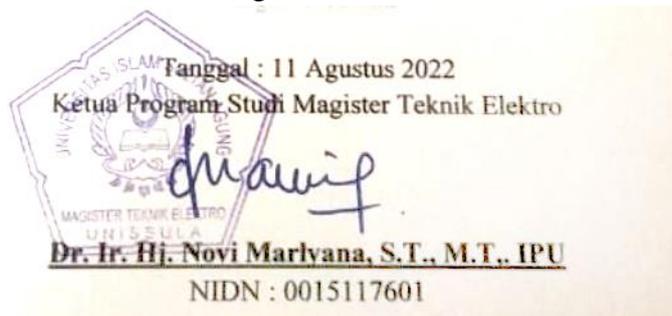
NIDN : 0620026501

Penguji 3

Imam Much Ibnu S, S.T., M.Sc., Ph.D

NIDN : 0613037301

Tesis ini telah disetujui sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Magister Teknik



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lawrence Adi Supriyono

NIM : 20601800020

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro dengan Judul :

“PROTOTYPE OTOMASI INFUS BERBASIS FUZZY LOGIC”

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata II pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang ataupun pada Universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam Daftar Pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, 11 Agustus 2022



Lawrence Adi Supriyono

NIM : 20601800020

PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: LAWRENCE ADI SUPRIYONO
NIM	: 20601800020
Program Studi	: Magister Teknik Elektro
Fakultas	: Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi*~~ dengan judul :

Prototype Otomasi Infus Berbasis Fuzzy Logic
(Infusation Automation Prototype Based On Fuzzy Logic)

dan menyetujuinya menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 6 September 2022

Yang menyatakan,



(Lawrence Adi Supriyono)

*Coret yang tidak perlu

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan dan rahmat-Nya, sehingga Tesis yang berjudul “**PROTOTYPE OTOMASI INFUS BERBASIS FUZZY LOGIC.**” Pembuatan dan penyusunan tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Magister Teknik Elektro (S2) dan memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) di fakultas Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung. Tesis ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bimbingan, bantuan dan dukungan dari banyak pihak yang diberikan kepada penulis. Oleh karena itu penulis memberikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.Gunarto, S.H., S.E Akt., M.Hum. selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. Novi Marlyana, S.T., M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknik Industri dan Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung.
3. Ibu Ir. Suryani Alifah, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan saran atas terselesainya tesis ini.
4. Bapak Arief Marwanto, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan saran atas terselesainya tesis ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah banyak memberikan ilmu selama bangku perkuliahan kepada penulis.
6. Orang tua dan Saudara penulis yang telah banyak memberikan kepercayaan, doa, motivasi, dorongan moral, material maupun spiritual.
7. Teman-teman angkatan yang telah menemani dalam suka maupun duka selama menuntut ilmu di Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang

8. Semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan Tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu di sini.

Semoga atas bantuan semua tersebut akan mendapatkan limpahan berkah dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari pula bahwa penyusunan Tesis ini masih ada kekurangan, oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang berguna demi kesempurnaan pembuatan Tesis ini. Harapan penulis semoga Tesis ini berguna bagi para pembaca.

Semarang, 11 Agustus 2022
yang menyatakan,



Lawrence Adi Supriyono



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Keaslian Penelitian	3
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Sistem	9
2.2.2 Monitoring	10
2.2.3 Terapi Cairan Infus	10

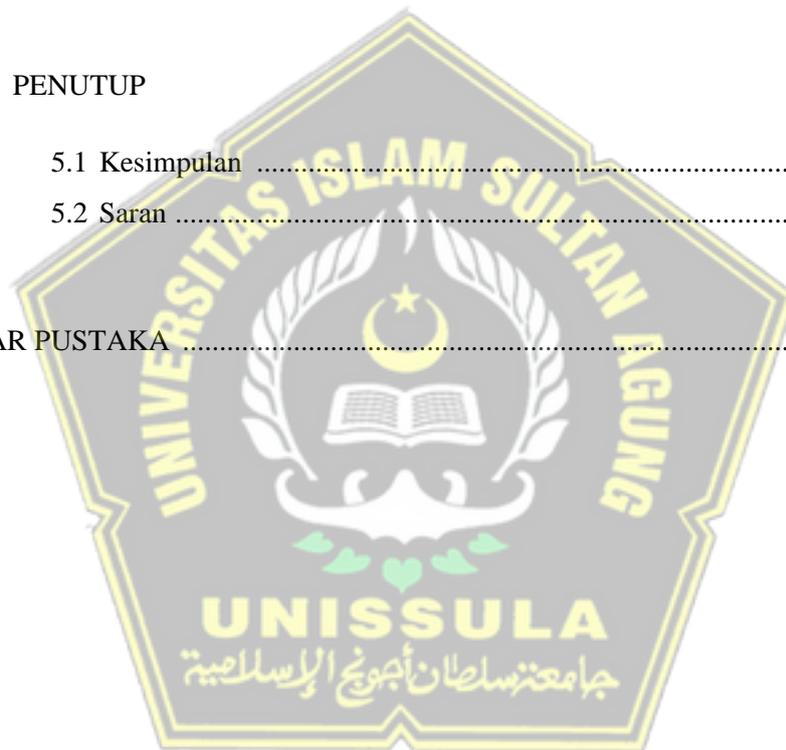
2.2.4	Otomatisasi	13
2.2.5	Sensor Loadcell	13
2.2.6	Sensor Phototransistor TCRT5000	17
2.2.7	Modul ESP32 DOIT V3	19
2.2.8	Bahasa Pemrograman PHP	20
2.2.9	MySQL	21
2.2.10	XAMPP	21
2.2.11	Bahasa Pemrograman C / C++	23
2.2.12	IOT (Internet of Things)	24
2.2.13	Motor Gearbox N20	24
2.2.14	Motor Driver L9110	25
2.2.15	Fuzzy Logic	27
2.2.16	MATLAB	35
2.2.17	Software Fritzing	36
BAB III METODE PENELITIAN		39
3.1	Model Penelitian	39
3.2	Alur Penelitian	40
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	42
3.4	Parameter Input dan Logica Fuzzy	44
3.5	Desain Hardware	45
3.6	Desain Software	48
3.6.1	Diagram Sistem	48
3.6.2	FOD Sistem	49
3.7	Fuzzy Logic	51
3.7.1	Fuzzyfikasi	51
3.7.2	Rule Base Fuzzy	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		55
4.1	Hasil Pengujian Sensor Loadcell	55
4.2	Pengujian Sensor Tetesan (TCRT5000)	63
4.3	Pengujian Keseluruhan Sistem dan Alat	68
4.4	Alur Fuzzy Logic pada Sistem Tetesan Infus Otomatis	70

4.5 Amankah Sensor TCRT5000 bagi Cairan Infus	72
4.6 Pengembangan Fitur dan Tampilan Notifikasi	72
4.6.1 Tampilan Form Login	73
4.6.2 Tampilan Jika Infus Dalam Keadaan Baik	73
4.6.3 Tampilan Jika Infus Akan Habis	74
4.6.4 Tampilan Darurat Infus Habis	74
4.6.5 Tampilan Jika Selang Infus Tersumbat	75
4.6.6 Tampilan Darurat Sistem	76
4.6.7 Tampilan Data Penunjang Pada Menu Utama	76
4.6.8 Sub Menu dan Fitur Monitoring Sistem	77

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	78

DAFTAR PUSTAKA	79
----------------------	----



DAFTAR GAMBAR

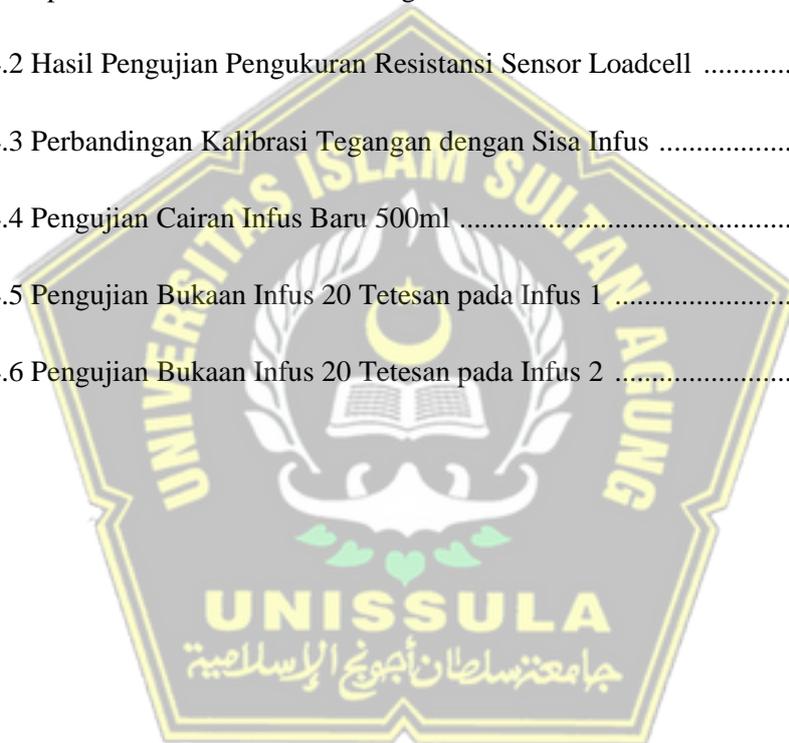
Gambar 2.1 Komponen Utama Infus	12
Gambar 2.2 Modul HX711 dan Sensor Loadcell	14
Gambar 2.3 Rangkaian Sederhana Loadcell	15
Gambar 2.4 Sensor Phototransistor TCRT5000	17
Gambar 2.5 Prinsip Kerja Phototransistor TCRT5000	18
Gambar 2.6 Simbol Phototransistor	19
Gambar 2.7 Modul ESP32 DOIT V3	19
Gambar 2.8 Motor Gearbox G21-N20 Mini	25
Gambar 2.9 Dimensi Motor G21-N20	25
Gambar 2.10 Motor Driver L9110 H Bridge	26
Gambar 2.11 Sirkuit Motor Driver	26
Gambar 2.12 Representasi Linier Naik	29
Gambar 2.13 Representasi Linier Turun	29
Gambar 2.14 Representasi Kurva Segitiga	30
Gambar 2.15 Representasi Kurva Trapesium	30
Gambar 2.16 Representasi Kurva Bahu	31
Gambar 2.17 Karakteristik Fungsional Kurva PI	32
Gambar 2.18 Jendela pada Matlab	36
Gambar 3.1 Arsitektur Model Penelitian	39
Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian	41
Gambar 3.3 Mesin Bagian Atas dan Kendali Pergantian Infus	42

Gambar 3.4 Mesin Bagian Bawah (Pengendali Tetesan)	43
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Mesin Utama	45
Gambar 3.6 Skema Rangkaian Tetesan Infus Otomatis	46
Gambar 3.7 Bagian Prototype Otomasi Infus Berbasis Fuzzy Logic	47
Gambar 3.8 Diagram Sistem Kerja Prototype Infus	49
Gambar 3.9 Diagram Sistem Kerja Prototype Infus	49
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Sisa Infus	51
Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Tetesan Infus	52
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Status Infus	52
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Status Motor	53
Gambar 3.14 Fuzzy Rule Viewer	54
Gambar 4.1 Prototype Otomasi Infus Berbasis Fuzzy Logic	55
Gambar 4.2 Komponen Utama Sensor Loadcell	55
Gambar 4.3 Dimensi Sensor Loadcell	56
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Input Impedance	57
Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Output Impedance	57
Gambar 4.6 Rangkaian Loadcell Keseluruhan	58
Gambar 4.7 Pengukuran Loadcell tanpa Beban	59
Gambar 4.8 Tegangan Keseluruhan Sensor Loadcell	60
Gambar 4.9 Pengukuran Loadcell Tanpa Beban	60
Gambar 4.10 Tegangan Loadcell Saat Ada Beban Titik R3	61
Gambar 4.11 Tegangan Loadcell Saat Ada Beban Titik R1	62
Gambar 4.12 Cara Kerja Sensor TCRT5000	63

Gambar 4.13 Skema Sensor TCRT5000	64
Gambar 4.14 Perbandingan Arus Terhadap Tegangan Kerja	64
Gambar 4.15 Perbandingan Arus Kolektor Terhadap Arus Utama	65
Gambar 4.16 Penghantar Arus Rasio Terhadap Arus Utama	65
Gambar 4.17 Bentuk Asli Sensor TCRT5000	66
Gambar 4.18 Bentuk Sensor TCRT5000 Modifikasi	66
Gambar 4.19 Sensor TCRT5000 digunakan di Tetesan Infus	67
Gambar 4.20 Hasil perhitungan tetesan infus selama 1 menit	67
Gambar 4.21 Hasil pengukuran tegangan pada sensor TCRT5000	68
Gambar 4.22 Alur Fuzzy Logic Sistem Tetesan Infus	71
Gambar 4.23 Tampilan Form Login	73
Gambar 4.24 Tampilan jika infus online dalam keadaan baik	73
Gambar 4.25 Tampilan jika infus akan habis	74
Gambar 4.26 Tampilan darurat jika infus habis	74
Gambar 4.27 Tampilan jika selang infus tersumbat	75
Gambar 4.28 Tampilan Jika Darurat Infus	76
Gambar 4.29 Tampilan data penunjang pada menu utama	76
Gambar 4.30 Fitur Sistem Monitoring Infus	77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Fuzzy Parameter dan Nilai Input – Output	44
Tabel 3.2 Wiring Diagram Mesin Utama	46
Tabel 3.3 Wiring Diagram Tetesan Otomatis	47
Tabel 3.4 Rule Fuzzy Logic	53
Tabel 4.1 Spesifikasi Sensor Loadcell 5Kg	56
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengukuran Resistansi Sensor Loadcell	57
Tabel 4.3 Perbandingan Kalibrasi Tegangan dengan Sisa Infus	63
Tabel 4.4 Pengujian Cairan Infus Baru 500ml	68
Tabel 4.5 Pengujian Bukaan Infus 20 Tetesan pada Infus 1	69
Tabel 4.6 Pengujian Bukaan Infus 20 Tetesan pada Infus 2	70



PROTOTYPE OTOMASI INFUS BERBASIS FUZZY LOGIC

INTISARI

Dimulai dari perkembangan ilmu teknologi medis yang semakin canggih dan berkembang pesat, peneliti melakukan riset medis yakni tentang pelayanan penanganan infus pasien. Dalam penanganan infus pasien saat ini masih manual yang mana dilakukan oleh perawat / tenaga medis. Pelayanan penanganan infus pasien masih memiliki kekurangan yakni proses monitoring dan penggantian cairan infus yang sering terlambat. Jika masalah tersebut tidak tertangani dengan cepat, dapat mengakibatkan masalah yakni terdapatnya emboli udara dalam pembuluh darah (masuknya benda asing ke pembuluh darah, contohnya adalah udara). Dari masalah itu peneliti membuat sebuah inovasi baru teknologi medis dalam penanganan infus dengan otomatis dan berbasis IoT.

Dalam penelitian ini perangkat cerdas infus online yang telah dibuat memiliki fitur yang baik dan sangat efektif dalam penanganan infus. Perangkat ini memiliki 3 fungsi utama yakni : dapat memonitoring sisa infus, dapat mengganti cairan infus otomatis dan dapat mengindikasi infus pasien yang tersumbat. Perangkat ini sudah memiliki metode untuk pengolahan data dengan fuzzy logic. Media monitoring telah di dukung dengan website yang dapat di kontrol secara jarak jauh dan *realtime*.

Telah dilakukan uji coba dan ke-efektifan sistem di dapatkan memiliki tingkat error sebesar 0,2% – 0,7% dan memiliki akurasi sebesar 98%. Dengan demikian alat ini dapat digunakan dalam hal penanganan infus pasien secara otomatis.

Kata kunci : *monitoring infus, fuzzy logic, perangkat infus online*

INFUSATION AUTOMATION PROTOTYPE BASED ON FUZZY LOGIC

ABSTRACT

Starting from the development of medical technology that is increasingly sophisticated and growing rapidly, researchers conduct medical research, namely about patient infusion handling services. In handling patient infusion, currently it is still manual which is carried out by nurses / medical personnel. Infusion handling services for patients still have shortcomings, namely the process of monitoring and replacing infusion fluids that are often late. If the problem is not treated quickly, it can lead to problems, namely the presence of air embolism in the blood vessels (the entry of foreign objects into the blood vessels, for example air). From that problem, researchers made a new innovation in medical technology in handling infusions automatically and based on IoT.

In this study, the smart online infusion device that has been made has good features and is very effective in handling infusions. This device has 3 main functions, namely: it can monitor the remaining infusion, can change the infusion fluid automatically and can indicate a blocked patient's infusion. This device already has a method for processing data with fuzzy logic. Media monitoring has been supported by a website that can be controlled remotely and in real time.

It has been tested and the effectiveness of the system is found to have an error rate of 0.2% - 0.7% and has an accuracy of 98%. Thus this tool can be used in terms of handling patient infusion automatically.

Keywords: infusion monitoring, fuzzy logic, online infusion device

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin pesatnya perkembangan teknologi dan ilmu kedokteran yang semakin canggih menuntut peneliti untuk mengembangkan sebuah teknologi di bidang kesehatan yang dapat membantu dokter dan perawat dalam melakukan tugasnya. Seperti yang kita ketahui bahwa teknologi memberikan peranan penting dalam membantu memberikan pelayanan di tempat-tempat kesehatan. Teknologi informasi dapat meningkatkan kualitas pelayanan pada rumah sakit. Salah satunya adalah tentang peningkatan pelayanan di bidang kesehatan khususnya memonitor cairan infus. Cairan infus ini digunakan untuk memberikan cairan ataupun obat kepada pasien sehingga memerlukan keakuratan dan monitoring agar tidak terjadi hal – hal yang tidak diinginkan[1]. Permasalahan utama yang perlu diperhatikan adalah cairan infus yang habis total karena keterlambatan pergantian menyebabkan terjadinya *Emboli Udara* (*Emboli Udara* adalah terperangkapnya benda asing (salah satunya udara) didalam struktur pembuluh darah[2] dan terjadinya sumbatan pada selang infus yang berakibat tidak menetesnya cairan infus, yang dapat berakibat pasien mengalami bengkak pada area yang terinfus.

Permasalahan yang ada di atas maka peneliti membuat sebuah perangkat cerdas sistem penanganan infus dengan judul “ *Prototype Otomasi Infus Berbasis Fuzzy Logic.*” Menggunakan sensor utama yaitu Loadcell dengan modul ADC HX711 yang berfungsi untuk mendeteksi sisa cairan infus, sensor *Phototransistor* berfungsi sebagai pendeteksi tetesan dan mengetahui infus menetes atau tersumbat. Dari implementasi sensor diatas maka peneliti berinovasi menggunakan sensor Loadcell dan *Phototransistor* untuk membuat Sistem monitoring infus. Sesuai dengan cara kerja loadcell, yaitu sensor ini bekerja dengan salah satu ujungnya sebagai poros dan salah satunya sebagai pusat dari gaya beban yang

menekan sensor. Sensor loadcell membaca berat cairan infus penuh adalah sebesar 500ml. Cara kerja sensor loadcell yaitu merubah berat jadi tegangan, contoh dalam hal ini jumlah cairan infus 500ml maka akan di dapat persamaan $0 - 5$ volt sama dengan $0 - 500$ ml. Proses persamaan tersebut di namakan proses kalibrasi sistem[11]. Berat ini akan diinputkan ke sistem sehingga berat ini merupakan berat acuan dari sistem untuk mengirimkan data perubahan cairan infus pasien yang nantinya data tersebut dapat terlihat di layar komputer perawat yang sedang bertugas. Untuk proses pergantian infus akan secara otomatis berganti sendiri jika infus akan habis untuk mengantisipasi terjadinya infus yang habis total. Fungsi *Phototransistor* untuk mendeteksi cairan infus yang menetes dalam tabung tetesan infus dan dapat mengetahui tersumbatnya atau tidaknya tetesan infus pada selang infus. Dalam hal pengaturan tetesan infus dapat dilakukan melalui website. Dengan kata lain bahwa perawat dapat memantau cairan infus pasien, mengatur jumlah tetesannya, dan dapat mengetahui apabila selang tersumbat di website yang terhubung dengan alat. Semua pemrosesan data akan dilakukan oleh ESP32 sebagai mikrokontroler dan proses konektivitas jaringan *wireless*.

Maka dari latar belakang tersebut penulis membuat gagasan untuk membuat penelitian yakni “*Prototype Otomasi Infus Berbasis Fuzzy Logic*” guna meningkatkan sistem pelayanan kesehatan. Dengan adanya sistem monitoring infus dan debit tetesannya tersebut di harapkan kerja perawat lebih ringan dan pasien juga dapat tertangani cairan infusnya secara tepat waktu , efektif dan efisien tanpa melakukan pengontrolan manual.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian – uraian yang telah dijelaskan diatas maka peneliti memiliki rumusan permasalahan yang sedang dihadapi, yaitu :

1. Bagaimana membuat *Prototype* otomasi infus online dengan metode fuzzy logic berbasis mikrokontroler ?

2. Bagaimana *Prototype* dapat memonitoring tetesan infus, pergantian infus otomatis, dan menangani permasalahan sistem infus secara terintegrasi ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mengatasi ruang lingkup permasalahan dalam penelitian dan supaya tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang ada, mengingat keterbatasan waktu, kemampuan dan sarana pendukung serta luasnya permasalahan yang ada, maka penulis hanya membatasi permasalahan yang akan dibahas yaitu :

1. Alat ini hanya digunakan untuk mendeteksi sisa cairan infus menggunakan Sensor Loadcell dan modul ADC HX711 dan untuk mendeteksi jumlah tetesan dan tersumbatnya selang infus menggunakan modul *Phototransistor*.
2. Alat ini di rancang menggunakan *microcontroller* ESP8266 + ESP32 sebagai pengolah data sebagai koneksi pada *wireless*. Memiliki keluaran berupa data-data yang terhubung dengan *website*, memiliki pesan berupa tulisan dan *alarm* sebagai peringatan yang dapat di lihat dalam laman *website* yang tersambung dengan perangkat infus.
3. Pada tetesan infus dapat menyesuaikan secara otomatis terhadap permintaan dari pihak medis, agar tetesan infus menjadi lebih akurat dan efektif.
4. Alat ini dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat bekerja secara Otomatis.

1.4 Keaslian Penelitian

- a. Pada bulan September tahun 2018 Riky Tri Yunardi dkk meneliti tentang “ Pengembangan Sistem Kontrol Dan Pemantauan Tetesan Cairan Infus Otomatis Berbasis *Labview* Dengan Logika *Fuzzy* ” peneliti mengkaji bahwa penggunaan *optocoupler* dapat digunakan untuk mendeteksi cairan infus infus melalui *drip chamber* memiliki

tingkat error 3,25% dengan nilai set point 20 tetes per menit tetapi memiliki kelemahan yakni sistem masih dilakukan secara *offline* dengan bantuan komputer dan belum dapat di kontrol secara jarak jauh atau *online* [7].

- b. Pada bulan Januari tahun 2019 Msy Hartina Ulfa dkk dalam penelitiannya tentang “ *Prototype Sederhana Alat Monitoring Aliran Darah Naik ke Selang Infus* ” menggunakan metode deskriptif dan observasi, membuat sebuah alat untuk mendeteksi sumbatan pada selang infus dalam hal ini adalah darah yang berakibat tidak menetesnya infus mengkaji bahwa penelitian ini masih memiliki kekurangan dari segi penyempurnaan ukuran, bentuk, dan efisiensi kenyamanan terhadap pasien yang memakainya dan penempatan yang berada di tangan tepat di bawah jarum pada infus yang tertempel di tangan [8].
- c. Pada bulan Maret 2019 Rini Maharani dkk, meneliti tentang “ Sistem Monitoring dan Peringatan Pada Volume Cairan Intravena (Infus) Pasien Menggunakan *Arduino* Berbasis *Website* “ penelitian ini memiliki kelebihan yakni dapat mendeteksi kecepatan tetesan cairan infus dan dapat mendeteksi sisa volume cairan infus menggunakan sensor LED dan *Photodiode*. Sistem kontrol sudah menggunakan website dan terkoneksi dengan internet, namun masih menggunakan *Ethernet Shield* berakibat perangkat masih menggunakan kabel UTP dan RJ45. Peneliti merasa penelitian ini masih memiliki kekurangan dan dapat dikembangkan dengan mengganti komunikasi data menjadi *wireless* [9].
- d. Pada bulan September tahun 2019 Decoriza Kurnia Abadi dkk membuat penelitian tentang “ Pemantauan Infus Pump Secara Wireless Menggunakan Modul RF HC-11 ” menggunakan metode experimental peneliti mengkaji bahwa penelitian menggunakan *wireless* tanpa kabel dan untuk pendeteksi sisa cairan infus menggunakan bantuan infus pump. Namun jaringan *wireless* bersifat LAN dan jarak nya masih terbatas pada jarak 1-13 meter data masih terkirim pada jarak 14-17 terdapat hambatan pengiriman data, dan pada jarak 18-20 data mulai

tidak terkirim. Peneliti juga mengkaji bahwa hasil pembacaan TPM (Tetesan Per Menit) masih memiliki *error* yang tinggi yakni 32% serta desain alat masih sangatlah besar [10].

- e. Pada bulan April tahun 2019 Hartono Prajonto, dkk membuat sebuah penelitian “Penentuan Cairan Infus Masuk Ke Pasien Secara Otomatis Lewat Parameter Berat Menggunakan Jaringan Nirkabel” menggunakan Perangkat Raspberry Pi dan didapatkan hasil bahwa penelitian tersebut dapat memonitoring sisa infus dan akan memberikan signal jika dibawah 20% maka akan memberikan informasi di aplikasi yang sudah terhubung. Perangkat ini sudah menggunakan jaringan nirkabel.[12]

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan pokok permasalahan diatas adalah sebagai berikut:

1. Membuat sebuah *Prototype* otomasi sistem infus online berbasis mikrokontroller yang dapat memonitoring sisa infus yang tersisa, jika infus sudah habis namun perawat belum menggantikannya infus secara otomatis akan berganti dengan sendirinya ke cadangan infus.
2. Membuat sistem monitoring infus yang terintegasi untuk cairan infus dan dapat menangani permasalahan yang ada pada sistem infus.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Secara Teknis
 - a. Dapat mengendalikan debit tetesan infus dan memonitoring jika terjadinya sumbatan pada infus.
 - b. Pada tetesan infus dapat menyesuaikan secara otomatis terhadap permintaan dari pihak medis, agar tetesan infus menjadi lebih akurat dan efektif.
 - c. Diperolehnya suatu implementasi dalam penggunaan sensor Loadcell dan *Phototransistor* pada bidang kedokteran, khususnya dalam hal penanganan cairan infus pasien.

2. Manfaat bagi Akademik
 - a. Sebagai bahan referensi untuk penelitian yang akan datang tentang *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*.
 - b. Menambah inventaris buku di perpustakaan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3. Manfaat bagi Penulis
 - a. Untuk melengkapi syarat bagi peneliti untuk menyelesaikan studi program S2 Magister Teknik Elektronika di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dilakukan dengan melalui langkah - langkah sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Merupakan pengantar yang berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan-batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kontribusi Tesis dan sistematika penulisan dari penelitian ini.

Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat dalam penyusunan penelitian ini.

Bab III Metode Penelitian

Membahas tentang model penelitian, parameter penelitian, perancangan alat yang dibutuhkan untuk proses perancangan *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Membahas hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan dengan menerapkan metode perancangan yang telah dibuat.

Bab V Kesimpulan

Berisi kesimpulan hasil penelitian dengan logika Fuzzy dan saran untuk perbaikan atau pengembangan penelitian lebih lanjut tentang *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

- a. “ *Prototype Sederhana Alat Monitoring Aliran Darah Naik ke Selang Infus* ” menggunakan metode deskriptif dan observasi, membuat sebuah alat untuk mendeteksi sumbatan pada selang infus dalam hal ini adalah darah yang berakibat tidak menetesnya infus mengkaji bahwa penelitian ini masih memiliki kekurangan dari segi penyempurnaan ukuran, bentuk, dan efisiensi kenyamanan terhadap pasien yang memakainya dan penempatan yang berada di tangan tepat di bawah jarum pada infus yang tertempel di tangan [8].
- b. “ *Sistem Monitoring dan Peringatan Pada Volume Cairan Intravena (Infus) Pasien Menggunakan Arduino Berbasis Website* ” penelitian ini memiliki kelebihan yakni dapat mendeteksi kecepatan tetesan cairan infus dan dapat mendeteksi sisa volume cairan infus menggunakan sensor LED dan *Photodiode*. Sistem kontrol sudah menggunakan website dan terkoneksi dengan internet, namun masih menggunakan *Ethernet Shield* berakibat perangkat masih menggunakan kabel UTP dan RJ45. Peneliti merasa penelitian ini masih memiliki kekurangan dan dapat dikembangkan dengan mengganti komunikasi data menjadi *wireless* [9].
- c. “ *Pemantauan Infus Pump Secara Wireless Menggunakan Modul RF HC-11* ” menggunakan metode *experimental* peneliti mengkaji bahwa penelitian menggunakan *wireless* tanpa kabel dan untuk pendeteksi sisa cairan infus menggunakan bantuan infus pump. Namun jaringan *wireless* bersifat LAN dan jarak nya masih terbatas pada jarak 1-13 meter data masih terkirim pada jarak 14-17 terdapat hambatan pengiriman data, dan pada jarak 18-20 data mulai tidak terkirim. Peneliti juga mengkaji bahwa hasil pembacaan TPM (Tetesan Per

Menit) masih memiliki *error* yang tinggi yakni 32% serta desain alat masih sangatlah besar [10].

- d. “Alat Monitoring Infus Set pada Pasien Rawat Inap Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535” dengan Metode R&D peneliti mengkaji bahwa Alat monitoring infus yang telah direalisasikan dapat memenuhi spesifikasi yang diharapkan yaitu alat dapat mendeteksi tetesan dan menampilkan jumlah tetesan sebenarnya secara real time pada LCD secara terus-menerus sehingga kecepatan tetesan dapat dimonitor dengan baik. Namun masih memiliki kekurangan yakni alat yang dibuat masih belum dapat di kontrol jarak jauh dan alat masih menggunakan *buzzer* sebagai indikator terjadinya masalah pada infus pasien [3].
- e. “Analisis Konsentrasi Cairan Infus Terhadap Tegangan pada Sensor Infus” dengan metode eksperimen juga meneliti bagaimana agar wali pasien jika terjadi infus habis tidak perlu datang ke tempat perawat, maka membuat sebuah alat yang dapat mengetahui apakah infus habis atau tidak menggunakan infrared dan LDR namun alat ini masih memiliki kekurangan yakni masih menggunakan kabel jadi tidak fleksibel jika infus berpindah pindah [1].
- f. “ Monitoring Cairan Infus Bedasarkan Indikator Kondisi Dan Laju Cairan Infus Menggunakan Jaringan Wifi ”, peneliti mengkaji bahwa penelitian ini sudah menggunakan jaringan wifi untuk proses koneksi dari router ke Komputer , sedangkan untuk *Prototype* nya menggunakan bantuan koneksi kabel RJ45, ruslan berkata bahwa penelitiannya masih kurang efektif dikarenakan penggunaan pegas pada sensor untuk mendeteksi volume infus masih tidak akurat, motor servo yang bekerja masih tidak tepat dalam membuka tetesan infus yang semakin lama semakin menurun, belum dapat mendeteksi apakah infus tersumbat / tidak dan pengukuran tidak *realtime* [4].
- g. “ Sistem Monitoring Infus Menggunakan LoadCell Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 dan Web “ pada penelitiannya menggunakan metode R&D (*Research and Development*) penelitian ini memiliki kelebihan pada komunikasi data sudah menggunakan

jaringan *wireless* tanpa kabel tetapi perangkat hanya bisa mendeteksi sisa cairan infus dan memiliki *error* 2,46% dari hasil pengukuran [5].

- h.* “ Sistem Monitoring Infus Menggunakan Arduino Mega 2560 “ didalam penelitian ini penulis mengkaji bahwa pemantauan cairan infus ini masih memiliki kelemahan yaitu : Komunikasi data jangkauannya masih terlalu pendek karena masih menggunakan kabel untuk berkomunikasi data. Hasil pengujian sensor sisa cairan berfungsi namun kurang akurat karena masih menggunakan Sensor Warna dalam mendeteksi infus terisi atau mau habis dikarenakan umumnya warna botol infus dan warna cairan infus hampir sama (bening) oleh karena itu peneliti menggunakan infus berwarna agar sensor cairan dapat mendeteksi sisa cairan infus dan hasil pengujian sensor tetesan berfungsi namun mengikuti alat dan sangat sensitif terhadap cahaya, namun apabila cahaya ruangan redup sensor kurang stabil karena menggunakan *LED* dan *Photodiode* terhadap kondisi cahaya dan ada delay waktu pengiriman dari alat ke aplikasi sehingga sensor tetesan belum stabil [6].
- i.* “ Pengembangan Sistem Kontrol Dan Pemantauan Tetesan Cairan Infus Otomatis Berbasis *Labview* Dengan Logika *Fuzzy* ” peneliti mengkaji bahwa penggunaan *optocoupler* dapat digunakan untuk mendeteksi cairan infus melalui *drip chamber* memiliki tingkat *error* 3,25% dengan nilai set point 20 tetes per menit tetapi memiliki kelemahan yakni sistem masih dilakukan secara *offline* dengan bantuan komputer dan belum dapat di kontrol secara jarak jauh atau *online* [7].

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Sistem

Definisi sistem adalah meliputi sejumlah komponen-komponen seperti (komputer, teknologi informasi, manusia, dan prosedur kerja) sistem memiliki sesuatu yang dapat diproses (data menjadi informasi), dan untuk mencapai suatu tujuan tertentu [13].

2.2.2 Monitoring

Monitoring didefinisikan sebagai kegiatan yang mencakup pengumpulan, pelaporan, peninjauan ulang, dan tindakan atas informasi suatu proses yang sedang digunakan. Pada umumnya monitoring digunakan untuk melihat target dan tujuan.

Monitoring dapat memberikan informasi keberlangsungan proses yang sedang berjalan, untuk menetapkan langkah menuju ke arah perbaikan secara berkala. Level kajian sistem monitoring mengacu pada kegiatan per kegiatan dalam suatu bagian kerja. Indikator yang menjadi acuan monitoring adalah output per kegiatan.

Pelaku monitoring merupakan pihak-pihak yang berkepentingan dalam proses, baik atasan/ ketua pekerja maupun pelaku proses (*self monitoring*). Banyak sekali alat bantu yang digunakan dalam pelaksanaan sistem monitoring, antara lain : dokumentasi, observasi / interview secara langsung, maupun aplikasi visual [14].

2.2.3 Terapi Cairan Infus

Terapi infus merupakan tindakan yang paling sering dilakukan pada pasien yang menjalani rawat inap sebagai jalur terapi intravena (IV), pemberian obat, cairan, dan pemberian produk darah, atau sampling darah. Jumlah pasien yang mendapatkan terapi infus diperkirakan sekitar 25 juta pasien per tahun di Inggris, dan mereka telah dipasang berbagai bentuk alat akses intravena selama perawatannya. Sementara Hankins, Lonway, Hedrick, dan Perdue (2001) mengatakan sekitar 90% pasien rawat inap mendapat terapi infus selama perawatannya.

Peran perawat dalam terapi infus terutama melakukan tugas delegasi. Menurut Perry dan Potter (2001) dalam Gayatri dan Handiyani (2008) mengatakan bahwa pemberian terapi infus diinstruksikan oleh dokter tetapi perawat yang bertanggung jawab

pada pemberian serta mempertahankan terapi tersebut pada pasien. Oleh karena itu, dalam melakukan tugasnya tersebut, perawat harus memiliki pengetahuan yang berkaitan dengan pengkajian, perencanaan, implementasi, dan evaluasi dalam perawatan terapi infus. Perawat harus memiliki komitmen dalam memberikan terapi infus yang aman, efektif dalam pembiayaan, serta melakukan perawatan infus yang berkualitas.

Terapi infus sebagai salah satu tindakan invasif memerlukan keterampilan yang cukup saat melakukan pemasangannya. Akibat prosedur pemasangan yang kurang tepat, posisi yang salah, kegagalan saat menginsersi vena, serta ketidakstabilan dalam memasang fiksasi, semua hal tersebut dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi pasien. Selain itu, pemberian terapi infus juga dapat menimbulkan komplikasi plebitis. Penyebab plebitis yang paling sering adalah karena ketidaksesuaian ukuran kateter dan pemilihan lokasi vena, jenis cairan, kurang aseptik saat pemasangan, dan waktu kanulasi yang lama [15].

Secara umum, keadaan-keadaan yang memerlukan pemberian cairan infus terhadap pasien adalah :

- a. Pendarahan dalam jumlah banyak.
- b. Trauma perut berat.
- c. Patah Tulang, khususnya di pelvis (panggul) dan femur (paha).
- d. Serangan panas tubuh (Demam).
- e. Diare (mengakibatkan dehidrasi).
- f. Luka bakar luas.
- g. Semua trauma kepala, dada, dan tulang punggung.

Penggunaan infus pada pasien memerlukan berbagai tahapan, diantaranya persiapan kondisi pasien dan persiapan pada alat-alat medis [16]. Untuk persiapan alat-alat medis seperti yang di tertera pada Gambar 2.1 infus terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Botol infus, merupakan tempat dari cairan infus.
- b. Selang Infus, merupakan selang untuk jalannya cairan infus ke tubuh pasien.
- c. Jarum infus, merupakan alat yang digunakan untuk memasukkan cairan infus dari selang infus menuju pembuluh darah vena.



Gambar 2.1 Komponen Utama Infus (Cairan Infus, Selang Infus, Jarum Infus).

Monitoring Infus intravena adalah pemantauan yang dilakukan perawat untuk mencatat hasil data dari pasien sebelum maupun setelah melakukan tindakan perawatan infus. Monitoring akan memberikan informasi tentang status, pengukuran dan evaluasi yang diselesaikan berulang dari waktu ke waktu, pemantauan pada umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa jumlah cairan infus yang tersisa, debit tetesan infus, dan kesalahan tetesan seperti tersumbatnya selang infus.

Debit Tetesan Infus

Ada tiga opsi yang dapat dipilih oleh petugas kesehatan dalam penentuan jumlah tetesan yaitu berdasarkan faktor tetesan. Faktor tetesan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Makro : 20 tetesan /menit.
2. Mikro :60 tetesan /menit.

Pada dasarnya dari tiga faktor tetesan yang ada tersebut, yang paling sering digunakan dalam pemberian cairan infus kepada pasien adalah menggunakan faktor tetesan Makro. Pemrograman yang dilakukan untuk menentukan jumlah tetesan tersebut adalah dengan menggunakan faktor tetesan Makro [17].

2.2.4 Otomatis / Otomasi

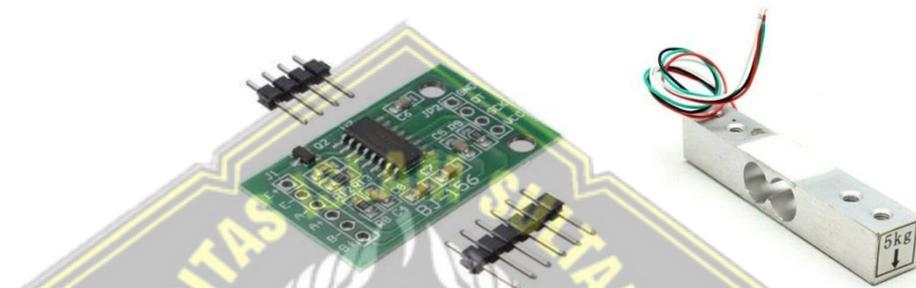
Otomasi / otomatis adalah suatu proses yang menggantikan tenaga manusia untuk mengamati dan mengambil keputusan, digantikan oleh sistem mekanik atau elektronika. Ada beberapa alasan dalam penggunaan sistem yang otomatis antara lain sebagai berikut:

- a. Meningkatkan produktifitas perusahaan/instansi.
- b. Tingginya biaya tenaga kerja.
- c. Kurangnya tenaga kerja untuk kemampuan tertentu.
- d. Banyaknya tenaga kerja yang berpindah ke segi pelayanan.
- e. Karena tingginya harga bahan baku, perusahaan/instansi untuk meminimalkan kesalahan.
- f. Meningkatkan kualitas produk agar lebih baik.
- g. Menurunkan *Manufacturing Lead Time* (MLT) [18].

2.2.5 Sensor Loadcell dan Modul ADC HX711

Sensor Loadcell adalah transduser yang mampu mengkonversikan berat atau gaya menjadi sinyal elektrik melalui perubahan resistansi yang terjadi pada strain gauge. Loadcell biasanya terdiri dari empat susun strain. Sensor ini memiliki nilai konduktansinya berbanding lurus dengan gaya/beban yang diterima dan bersifat resistif. Jika loadcell tidak ada beban, besar resistansi pada tiap sisi jembatan wheatstone bernilai sama, tetapi ketika loadcell terdapat beban maka nilai resistansi pada tiap sisi jembatan wheatstone menjadi tidak seimbang. Proses inilah yang dimanfaatkan untuk mengukur berat pada suatu benda.

Berdasarkan Avia Semiconductor yang dipatenkan, teknologi HX711 adalah analogi presisi 24-bit digital converter (ADC) yang dirancang untuk menimbang skala dan aplikasi kontrol industri untuk penggabungan langsung dengan sensor loadcell. HX711 memiliki prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi selanjutnya akan dikonversi lagi ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada (Sinyal Analog ke Sinyal Digital) yang di tertera pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Modul HX711 dan Sensor Loadcell.

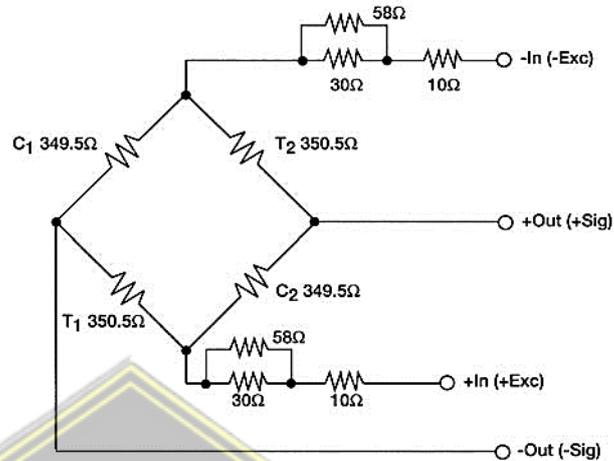
Strain gauge adalah sensor yang mengukur berbagai tekanan yang diterima. Strain gauge merubah kekuatan tekanan, ketegangan, berat menjadi elektrik, yang nantinya dapat terukur.

Sebuah loadcell sangat sensitif terhadap perubahan gaya mekanik seperti tekanan. Sensor ini terdiri dari selembur kertas foil logam tipis yang dibentuk sedemikian rupa menjadi benang-benang yang sangat halus dan kertas foil ini terbungkus seluruhnya oleh plastik.

Ketika loadcell tertekan oleh suatu obyek, kertas foil mengalami hal yang sama sehingga benang-benangnya akan tertarik memanjang. Ketika hal ini terjadi di benang-benang tersebut menjadi lebih panjang dan tipis sehingga tahanan listriknnya akan

Prinsip kerja sensor, ketika sisi strain gauge mendapat tekanan beban, maka sisi lainnya akan mengalami perubahan gaya regangan dan menarik kertas foil. Hal ini terjadi karena diakibatkan

oleh perubahan gaya resistansi yang di ubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian pengukuran yang ada, dijelaskan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Rangkaian Sederhana LoadCell.

Penjelasan Gambar 2.3 adalah Resistor yang bertanda T1 dan T2 merupakan Strain Gauge yang menerima gaya tarik saat loadcell menerima beban. Sedangkan resistor yang bertanda C1 dan C2 adalah Strain Gauge yang menerima gaya tekan ketika loadcell dibebani.

Titik +In dan -In mengacu pada +Excitation(+Exc) dan -Excitation(-Exc). Melalui titik/terminal inilah tegangan sumber diberikan oleh Indikator timbangan digital. Pada umumnya, tegangan excitation bernilai 5 VDC, 10VDC dan 15VDC bergantung pada indikator dan Loadcell yang dipakai. Titik +Out dan -Out mengacu pada +Signal(+Sig) dan -Signal(-Sig). Sinyal yang diperoleh Loadcell dikirim ke Indikator melalui signal input untuk selanjutnya diproses sebagai nilai berat dan ditampilkan pada rangkaian penampil yang digunakan.

Ketika Loadcell menerima beban, Strain Gauge C1 dan C2 mengalami gaya tekan. Kertas foilnya memendek dan diameternya membesar, sehingga nilai resistansi C1 dan C2 membesar. Sebaliknya, Strain Gauge T1 dan T2 mengalami gaya tarik, kertas foilnya

memanjang dan diameternya mengecil sehingga nilai resistannya mengecil.

Arus listrik di penyuplai tegangan melalui titik -In dan mengalir melalui C1, -Out dan kembali lagi ke Indikator. Dari indikator, arus mengalir melalui +Out, melewati C2 dan kembali ke indikator dititik +In.

Resistansi semua Strain Gauge tetap sama selama tidak ada beban yang diterima Loadcell. Tegangan drop pada titik 1 dan 2 bisa kita hitung menggunakan Hukum Ohm. Setiap cabang mempunyai resistansi $350\Omega + 350\Omega = 700\Omega$. Arus yang mengalir tiap cabang adalah tegangan di tiap cabang dibagi resistansi setiap cabang.

$$IR_1 + R_2 = \frac{E_{R_1 + R_2}}{R_1 + R_2} \quad IR_3 + R_4 = \frac{E_{R_3 + R_4}}{R_3 + R_4} \quad (2.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{R_1 + R_2}{700\Omega} &= \frac{10V}{700\Omega} & \frac{R_3 + R_4}{700\Omega} &= \frac{10V}{700\Omega} \\ &= 14.3 \text{ mA} & &= 14.3 \text{ mA} \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan pada titik 1, gunakan Hukum Ohm

$$\begin{aligned} E_{R_3} &= IR_3 \times R_3 & (2.2) \\ &= 14.3 \text{ mA} \times 350 \text{ Ohm} \\ &= 5V \end{aligned}$$

Tegangan pada titik 2 juga 5Volt karena semua resistornya sama. Tidak adanya beda potensial antara titik 1 dan 2, ini adalah kondisi dimana Indikator menunjukkan angka 0 tanpa beban. Jika diberikan beban pada loadcell sehingga R1 dan R4 mengalami gaya tarik dan resistannya membesar, sedangkan R2 dan R3 mengalami gaya tekan sehingga resistannya mengecil.

Catatan: Resistansi total setiap cabang tetap 700Ω sehingga arus yang mengalir di setiap cabang tetap 14.3 mA

Output Loadcell

Hasil pengukuran loadcell selain ditentukan oleh besarnya beban, juga ditentukan oleh besarnya tegangan yang diberikan kepada loadcell itu sendiri. Salah satu karakteristik loadcell yaitu 3mV/V. Yang berarti setiap satu volt tegangan Excitasi, pada saat Loadcell dibebani maksimal akan mengeluarkan signal sebesar 3mV.

2.2.6 Sensor *Phototransistor* TCRT5000

Phototransistor adalah sensor yang dapat mengubah energi cahaya menjadi listrik dan memiliki penguat (gain) Internal. Penguat internal ini lah yang menjadikan sensor *phototransistor* lebih sensitif terhadap cahaya, dibandingkan dengan sensor cahaya lainnya. Cahaya yang masuk pada *phototransistor* akan melewati basis dan menghasilkan arus ratusan kali lebih kuat. *Phototransistor* juga merupakan komponen elektronika yang digolongkan sebagai Transduser (Pengubah bentuk energi ke energi lainnya). Bentuk fisik dari Sensor Phototransistor TCRT5000 dapat di lihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Phototransistor* TCRT5000.

a. **Struktur *Phototransistor***

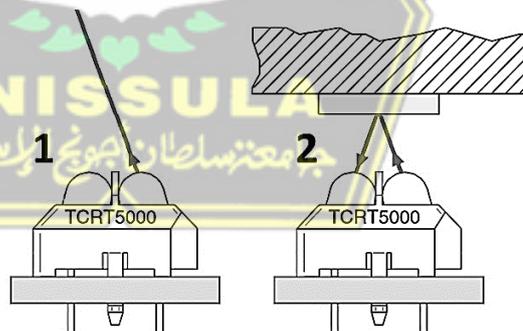
Phototransistor dirancang khusus untuk aplikasi pendeteksian cahaya sehingga memiliki Wilayah Basis dan Kolektor yang lebih besar dibanding dengan Transistor normal pada

umumnya. Awalnya *phototransistor* membentuk struktur Homo-Junction yang terbuat dari bahan Germanium dan Silikon.

Dengan berkembangnya dunia teknologi yang semakin pesat *phototransistor* membentuk struktur *Hetero-Junction* dan bahannya diubah menggunakan bahan semikonduktor seperti Galium Arsenide dan yang dapat memberikan efisien konversi yang lebih kuat. Apa itu *Heterostructure / Hetero-junction* adalah Struktur yang menggunakan bahan yang berbeda pada kedua sisi persimpangan (positif dan negatif).

b. Prinsip Kerja Sensor *Phototransistor*

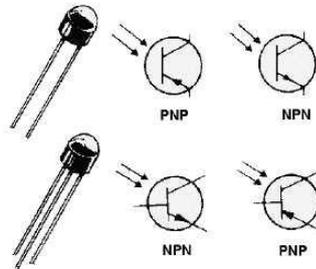
Sambungan antara basis dan kolektor, dioperasikan dalam catu balik dan berfungsi sebagai infrared yang merespon masuknya sinar dari luar. Bila tidak ada sinar yang masuk, maka arus bernilai 0, tetapi jika sinar dari energi cahaya cukup menyebabkan sambungan menghantar hole dan elektron. Jumlah hole dan elektron bergantung pada cahaya yang diterima. Jadi jika cahaya yang dihasilkan besar maka jumlah pasangan hole dan elektron akan banyak juga. Dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja *Phototransistor* TCRT5000.

Sambungan antara Basis dan Emitor jika di hubungkan akan menyebabkan piranti ini difungsikan sebagai transistor bipolar konvensional. Arus Kolektor dan Basis tidak membutuhkan sambungan untuk bekerja, akan tetapi jika basis disambung dengan V_{CE} adalah positif, sambungan basis kolektor akan berlaku sebagai

fotodioda yang dicatu balik. Arus kolektor dapat mengalir sebagai tanggapan dari salah satu masukan, dengan arus basis atau masukan intensitas sinar [19]. Contoh simbol phototransistor dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Simbol *Phototransistor* PNP dan NPN.

2.2.7 Modul ESP32 DOIT V3

ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 yang memiliki banyak fitur tambahan dan keunggulan dibandingkan generasi sebelumnya. Pada ESP32 terdapat inti CPU serta Wi-Fi yang lebih cepat, GPIO yang lebih banyak, dan dukungan terhadap Bluetooth 4.2, serta konsumsi daya yang rendah. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. Bentuk fisik dari ESP32 dapat di lihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Modul ESP32 DOIT V3.

Pada pin out tersebut terdiri dari :

- a. 18 ADC (Analog Digital Converter, berfungsi untuk merubah sinyal analog ke digital).
- b. 2 DAC (Digital Analog Converter, kebalikan dari ADC)16 .

- c. PWM (Pulse Width Modulation).
- d. 10 Sensor sentuh.
- e. 2 jalur antarmuka UART.
- f. pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI [20].

2.2.8 Bahasa Pemrograman PHP

PHP singkatan dari *Hypertext Preprocessor*. Merupakan bahasa script yang dijalankan pada sisi server (*SSS : Server Side Scripting*). PHP mendukung banyak sistem database, antara lain : Sybase, Oracle, MySQL, Informix, PostgreSQL, Solid, Generic ODBC. PHP merupakan *software Open Source* gratis, bebas untuk diunduh dan digunakan. File PHP dapat berisi teks, tag HTML, CSS dan Script. File PHP dapat berekstensi .php, .php3, atau .phtml.

PHP sebagai bahasa script memiliki kelebihan antara lain : dapat dijalankan pada berbagai platform (Windows, Linux, Mac OS, dll), kompatibel terhadap hampir semua server yang digunakan saat ini, bersifat open source dan gratis dapat di unduh melalui situs resmi PHP (www.php.net), Penggunaannya yang mudah serta dapat berjalan di banyak web browser [21].

a. Sintaks PHP

Skrip PHP selalu diawali dengan tanda '`<?php`' dan ditutup dengan '`?>`'. Skrip PHP dapat diletakkan dimana saja dalam suatu dokumen HTML. Beberapa server yang sudah diatur konfigurasi directive '*shorthand-support*', dapat mengawali skrip dengan tanda '`<?`' dan diakhiri dengan '`?>`'. Tetapi demi kompatibilitas maksimum, disarankan menggunakan bentuk standar '`<?php`'.

File PHP harus disimpan dengan perluasan '**.php**'. File PHP biasanya berisi tag-tag HTML dan beberapa kode skrip PHP.

2.2.9 MySQL

MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basisdata atau biasa kita DBMS(*Database Management Sistem*) yang multi-user dan multithread. MySQL adalah software gratis dibawah lisensi GPL (*General Public License*). Dimana setiap orang bebas untuk menggunakan MySQL. Konsep utama dalam database sudah lama dikenal dengan sebutan : SQL (*Structured Query Language*) yang konsepnya dipakai oleh MySQL. SQL memiliki konsep pengoperasian database yang mudah dilakukan, terutama untuk pemilihan atau seleksi dan pemasukan data, yang memungkinkan pengoperasian data dikerjakan dengan mudah secara otomatis. MySQL memiliki keunggulan dibandingkan dengan database server lainnya dalam query data. Keunggulan ini terbukti pada query yang dilakukan oleh single user, kecepatan query MySQL bisa lima kali lebih cepat dibandingkan Interbase , bahkan sepuluh kali lebih cepat dari PostgreSQL.

MySQL memiliki beberapa keistimewaan, antara lain :

1. Dapat berjalan stabil pada berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, FreeBSD, Mac Os X Server, Solaris, Amiga, dll.
2. MySQL penggunaannya sangat mudah dipahami, didistribusikan secara open source dan gratis, dibawah lisensi GPL sehingga dapat digunakan secara bebas oleh user [22].

2.2.10 XAMPP

XAMPP adalah perangkat lunak di sisi web server apache dan tersedia database server serta mendukung bahasa pemrograman PHP. Tidak hanya itu XAMPP memiliki banyak keunggulan antara lain : dengan menginstal XAMPP sudah tersedia Apache Web Server, MySQL Database Server, PHP Support (PHP 4, PHP 5, dan

PHP 7) dan beberapa module lainnya, serta penggunaanya yang mudah dan *softwarena* gratis.

Dalam XAMPP banyak diaplikasikan dan digunakan oleh kalangan pengguna komputer di bidang pemrograman web XAMPP berfungsi sebagai server offline yang berdirisendiri (seringkali disebut sebagai localhost). XAMPP terdiri dari beberapa program yaitu Apache HTTP Server, MySQL Database, PHP, dan Pearl XAMPP juga dilengkapi fitur manajemen database PHPMyAdmin seperti pada server hosting, karena fitur yang diberikan cukup banyak, maka memudahkan pengembang web untuk mengembangkan aplikasi lainnya.

Berikut ini Penjelasan dari bagian-bagian XAMPP:

1. **X**, Mengacu pada sistem operasi komputer saat ini, bahwa web server ini dapat digunakan di banyak platform seperti: Windows, Linux, Mac OS dan Solaris.
2. **A** (Apache), merupakan aplikasi web server. Ini merupakan software gratis dan bisa diedit oleh penggunanya. Tugas apache adalah menyajikan tampilan web yang benar berdasarkan kode PHP yang ditulis pembuat web.
3. **M** (MySQL), merupakan aplikasi database server. MySQL dapat digunakan untuk mengolah dan membuat database. MySQL dapat dimanfaatkan untuk mengubah, menambahkan, dan menghapus data yang berada dalam database.
4. **P** (PHP), bahasa pemrograman web. PHP singkatan dari *Hypertext Preprocessor*. Merupakan bahasa script yang dijalankan pada sisi server (*SSS : Server Side Scripting*). PHP mendukung banyak sistem database, antara lain : Sybase, Oracle, MySQL, Informix, PostgreSQL, Solid, Generic ODBC. PHP merupakan *software Open Source* gratis, bebas untuk diunduh dan digunakan. File PHP dapat

berisi teks, tag HTML, CSS dan Script. File PHP dapat berekstensi .php, .php3, atau .phtml.

5. **P** (Perl), bahasa pemrograman, pertama kali dikembangkan oleh Larry Wall di mesin Unix. Perl pertama kali dirilis pada tanggal 18 Desember 1987 ditandai dengan keluarnya Perl 1. Dua diantara karakteristik utama perl adalah penanganan teks dan berbagai jalan pintas untuk menyelesaikan persoalan-persoalan umum. Perl sangat populer di gunakan dalam program-program CGI (Common Gateway Interface) dan protokol internet lainnya [23].

2.2.11 Bahasa Pemrograman C / C++

Bahasa C/C++ merupakan pengembangan dari bahasa B yang ditulis oleh Ken Thompson pada tahun 1970. Brian W. Kernighan dan Denies M. Ricthie pada tahun 1972 untuk pertama kali menemukan dan menulis Bahasa C. Pada awalnya bahasa C dioperasikan diatas sistem operasi UNIX. Bahasa C biasa disebut bahasa tingkat tinggi dengan perintah assambly karena Bahasa C/C++ ada diantara bahasa tingkat rendah dan bahasa tingkat tinggi. Pada tahun 1980 seorang ahli yang bernama Bjarne Stroustrup mengembangkan beberapa hal dari bahasa C yang dinamakan “C with Classes” yang berganti nama pada tahun 1983 menjadi C++. Penambahan yang terdapat pada C++ ini adalah Object Oriented Programming (OOP), yang mempunyai tujuan utamanya adalah membantu membuat dan mengelola program yang besar dan kompleks.

Saat ini, bahasa pemrograman C++ telah mengalami peningkatan melalui suatu proses standarisasi yang dilakukan oleh *ANSI (American National Standards Intitute)* dan *ISO (International Standards Organization)*, yaitu dengan menambahkan fitur-fitur baru yang belum didukung oleh C++.

Keunggulan lainnya adalah bahasa C++ sangat mudah dipahami oleh pengguna dan diantaranya mendukung pemrograman berorientasi objek (*Object Oriented Programming OOP*) [24].

2.2.12 IOT (Internet Of Things)

Internet of Things adalah sebuah revolusi teknologi yang merepresentasikan masa depan komputer dan komunikasi, mulai dari sensor nirkabel hingga teknologi nano. Teknologi ini dirancang untuk menghubungkan berbagai jenis obyek dan perangkat setiap harinya ke dalam sebuah jaringan dan database besar. Setiap obyek dapat tersambung dengan perangkat, kemudian perubahan status fisiknya dapat dideteksi dengan memanfaatkan teknologi sensor. Disetiap benda ditanamkan semacam sistem kecerdasan buatan ke dalamnya untuk memberdayakan kekuatan jaringan dengan pemrosesan informasi yang dibutuhkan. Kemudian keseluruhan sistem tersebut diperkecil sedemikian rupa dengan menggunakan teknologi nano, sehingga memungkinkan berbagai jenis obyek di dunia ini terhubung secara cerdas. Penggunaan teknologi kecerdasan tertanam akan mentransformasi setiap obyek menjadi ‘benda cerdas yang dapat melakukan keputusan sendiri untuk merespon lingkungannya secara jejaring. Teknologi ini akan menghasilkan berbagai perangkat dan peralatan cerdas dengan jejaring yang sepenuhnya responsif dan interaktif [25].

2.2.13 Motor Gearbox G21-N20 Mini

Motor DC adalah suatu perangkat yang digunakan untuk menghasilkan daya mekanis berupa putaran dengan masukan berupa tegangan yang dihasilkan dari sumber tegangan DC. Putaran pada motor DC didapat dari dorongan medan magnet yang dihasilkan penghantar yang dialiri arus DC. Penghantar ini biasanya berupa lilitan kawat tembaga yang di tempatkan pada bagian motor yang erputar. Bagian ini dikenal dengan istilah

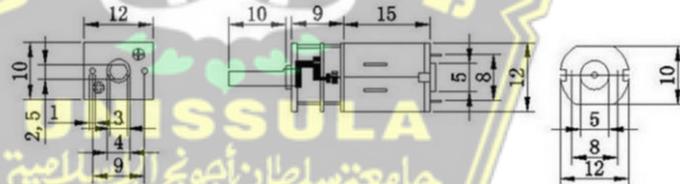
jangkar atau armature. Bentuk fisik dari motor gearbox dapat dilihat dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Motor Gearbox G21-N20 Mini.

Gearbox adalah perangkat mekanikal yang digunakan untuk meningkatkan torsi dan mengurangi kecepatan atau RPM dari motor DC. Shaft kumparan dari motor terhubung ke salah satu ujung gearbox, melalui jajaran gear yang ada di dalam gearbox, sehingga didapatkan torsi dan kecepatan yang diinginkan [26]. Dimensi dari motor dc gearbox dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Dimensi Motor G21



Gambar 2.9 Dimensi Motor G21-N20[26].

2.2.14 Motor Driver L9110 H Bridge

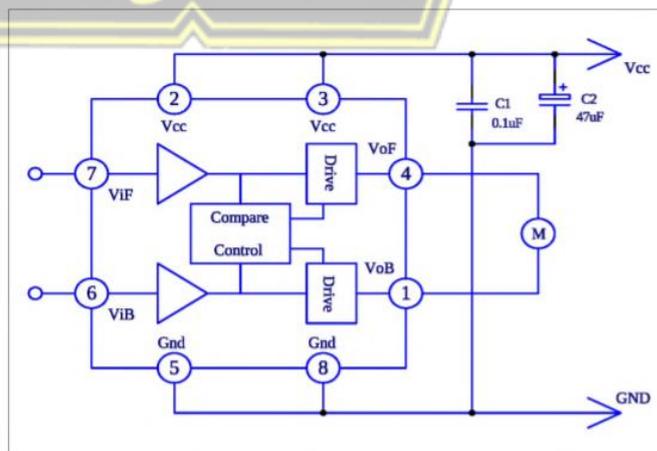
Motor Driver adalah komponen elektronik yang dipergunakan untuk mengontrol arah putaran motor DC. Satu buah L9110 H Bridge bisa dipergunakan untuk mengontrol dua buah motor DC. Selain bisa dipergunakan untuk mengontrol arah putaran motor DC. Bentuk fisik dari motor driver dapat dilihat dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Motor Driver L9110 H Bridge.

IC driver L9110 H Bridge memiliki kemampuan menggerakkan motor DC sampai arus 0,8A dan tegangan maksimum 12 volt DC untuk satu kanalnya. Pin input A1 sampai D2 digunakan untuk mengendalikan arah putaran. Pin output pada IC L9110 H Bridge dihubungkan kemotor DC yang sebelumnya melalui dioda yang disusun secara H-bridge. Pengaturan kecepatan motor digunakan teknik PWM (*pulse width modulation*) yang diinputkan dari mikrokontroler melalui pin *Enable*. PWM untuk kecepatan rotasi yang bervariasi levelnya [27]. Skema dari motor driver dapat dilihat dalam Gambar 2.11.

Sirkuit Motor Driver



Gambar 2.11 Sirkuit Motor Driver[27].

2.2.15 Fuzzy Logic

Logika fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kesamaran antara benar atau salah. Dalam logika fuzzy suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun berapa besar kebenaran dan kesalahan sesuatu yang dibicarakan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Logika fuzzy adalah metodologi sistem kontrol pemecahan masalah, yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem, mulai dari sistem yang sederhana, sistem kecil, embeded sistem, jaringan PC, multi *channel* atau berbasis akuisisi data [28].

Logika yang hanya berdasarkan atas dua nilai kebenaran yaitu TRUE (1) dan FALSE (0) terkadang dirasakan kurang lengkap untuk menyatakan logika berpikir manusia, sehingga dikembangkan logika yang tidak hanya bernilai 0 atau 1 tetapi menggunakan logika yang mempunyai interval nilai antara [0,1] yang disebut dengan logika samar (*fuzzy*). Logika *fuzzy* diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Lotfi A. Zadeh, seorang Professor di bidang ilmu komputer, Universitas California, Berkley. Logika *fuzzy* dipakai untuk menyatakan data atau informasi yang bersifat tidak pasti atau samar [28].

1. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan grup/kelompok yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* terdiri dari 2 atribut, yaitu: [29].

a. Linguistik

Linguistik adalah penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, contoh: rendah, sedang dan tinggi.

b. Numerik

Numerik adalah suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel. Contoh: 45,25,50 dan sebagainya.

Disamping itu, ada beberapa hal berkaitan dengan dasar-dasar logika *fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *fuzzy*, yaitu variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: penghasilan, temperatur, permintaan, umur, dan sebagainya.
- b. Semesta pembicaraan, yaitu seluruh nilai yang diizinkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contoh: semesta pembicaraan untuk variabel permintaan: $[0 +\infty]$, semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $[10 90]$.
- c. Domain himpunan *fuzzy*, yaitu seluruh nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

2. Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

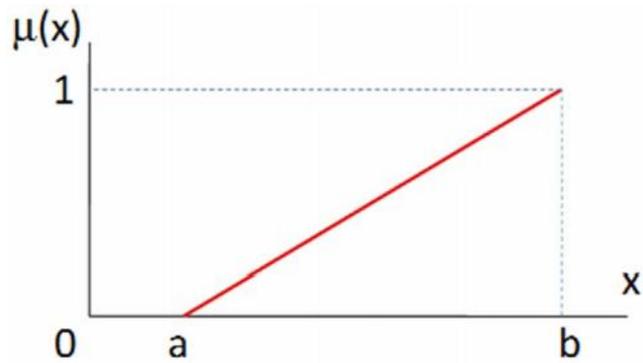
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval 0 antara sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan, diantaranya adalah:[29].

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear, yaitu:

1) Representasi linear naik

Pada representasi linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan Nol [0] bergerak naik menuju domain yang memiliki nilai derajat keanggotaan lebih tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Representasi Linear Naik.

Adapun fungsi keanggotaan ditunjukkan pada persamaan 2.3

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

2) Representasi linear turun

Pada representasi linear turun, penurunan himpunan pada nilai yang memiliki derajat keanggotaan tertinggi bergerak turun menuju domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Representasi Linear Turun[29].

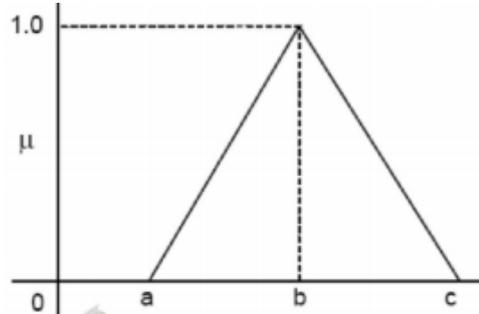
Adapun fungsi keanggotaan ditunjukkan pada persamaan

2.4:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.4)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara linear naik dan linear turun seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.



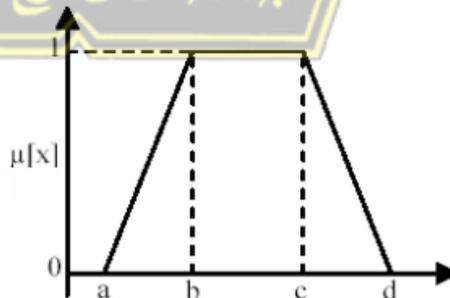
Gambar 2.14 Representasi Kurva Segitiga[29].

Adapun fungsi keanggotaan ditunjukkan pada persamaan 2.5:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.5)$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Representasi Kurva Trapesium

Adapun fungsi keanggotaan ditunjukkan pada persamaan 2.6:

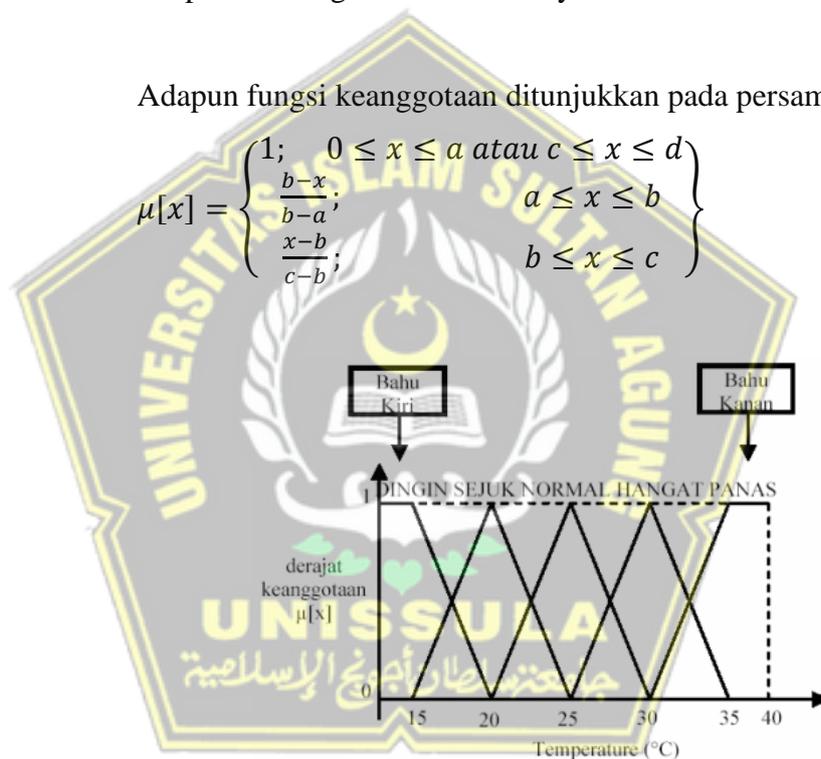
$$\mu[x] = \left\{ \begin{array}{ll} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{array} \right\} \quad (2.6)$$

d. Representasi Kurva Trapesium

Grafik keanggotaan kurva bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy yang nilai derajat keanggotaannya adalah konstan (biasanya 1). Gambar 2.16 menunjukkan variabel temperatur dengan daerah bahunya.

Adapun fungsi keanggotaan ditunjukkan pada persamaan 2.7:

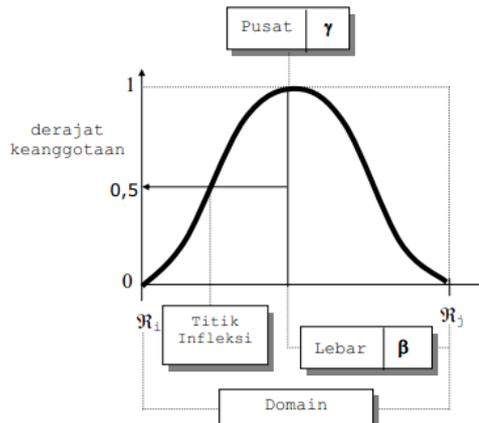
$$\mu[x] = \left\{ \begin{array}{ll} 1; & 0 \leq x \leq a \text{ atau } c \leq x \leq d \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{array} \right\} \quad (2.7)$$



Gambar 2.16 Representasi kurva bahu[29].

e. Representasi kurva PI

Pada Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak padapusat dengan domain (γ), dan lebar kurva (β) seperti terlihat pada gambar 2.17. Nilai kurva untuk suatu nilai domain x diberikan sebagai:



Gambar 2.17 Karakteristik fungsional kurva PI.

Adapun fungsi keanggotaan ditunjukkan pada persamaan 2.8:

$$\Pi(x, b, c) = \begin{cases} S(x; c - b, c - \frac{b}{2}, 2) & \rightarrow x \leq c \\ 1 - S(x; c, c + \frac{b}{2}, c + b) & \rightarrow x > c \end{cases} \quad (2.8)$$

3. Operator Himpunan Fuzzy

Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam suatu semesta pembicaraan. Apabila terdapat dua himpunan fuzzy A, B pada semesta X maka untuk menentukan nilai keanggotaan antar elemen tertentu dalam semesta X mengikuti teori fungsi himpunan pada umumnya, yaitu dengan menggunakan operasi gabungan (*union*), irisan (*intersection*), dan komplemen. Operasi tersebut didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan *file strength* α -predikat [30].

Berikut beberapa operasi dasar yang paling sering digunakan untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy, yaitu:

a. Operator OR /Gabungan (Union)

Operator gabungan dari himpunan fuzzy A dan B dinyatakan sebagai $A \cup B$. Dalam sistem logika fuzzy, operasi gabungan disebut sebagai max dan ditulis dengan persamaan 2.9:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A[x], \mu_B[x]) \text{ untuk setiap } x \in X \quad (2.9)$$

Derajat keanggotaan setiap unsur himpunan fuzzy $A \cup B$ adalah derajat keanggotaannya pada himpunan fuzzy A atau B yang memiliki nilai terbesar.

b. Operator AND /Irisan (*intersection*)

Operator ini berhubungan dengan operasi irisan. α -predikat sebagai hasil dari operasi dengan menggunakan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan yang bersangkutan yang dinyatakan dengan $A \cap B$ dengan operasi irisan sebagai min dan ditulis dengan persamaan 2.10.

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A[x], \mu_B[x]) \text{ untuk setiap } x \in X \quad (2.10)$$

c. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen, α -predikat sebagai hasil dari operasi dengan menggunakan operator NOT diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.11:

$$\mu_{A^c} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.11)$$

4. Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (rule) pada himpunan *fuzzy* ada hubungannya dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

IF x is A THEN y is B

Dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Aturan ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

IF (X₁ is A₁) o (X₂ is A₂) o...o X_n is A_n THEN y is B

Dengan o adalah suatu operator *fuzzy*. Secara umum fungsi implikasi Min (minimum) merupakan salah satu fungsi implikasi yang dapat digunakan. Cara yang digunakan dalam fungsi min

adalah memotong output himpunan *fuzzy* sesuai dengan derajat keanggotaan terkecil.

5. Penegasan (Defuzzifikasi) untuk Skalar

Defuzzifikasi yaitu suatu proses yang mengubah proses-proses sebelumnya dari himpunan *fuzzy* menjadi suatu nilai tunggal. Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan tersebut.

6. Metode Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy mamdani merupakan salah satu metode dari *Fuzzy Inference System*, sistem pengambil keputusan. Dalam metode fuzzy mamdani menggunakan aturan atau rules berbentuk “sebab-akibat” atau “if-then”. Cara perhitungan dari metode fuzzy mamdani, pertama adalah aturan yang dibentuk mewakili himpunan fuzzy, kemudian dihitung derajat keanggotaan sesuai dengan aturan yang telah dibuat. Setelah mendapatkan nilai derajat keanggotaan, dicari nilai *alpha predikat* (α) dengan menggunakan fungsi MIN dan komposisi antar *rule* menggunakan fungsi MAX untuk menghasilkan himpunan fuzzy baru. Langkah terakhir, mencari nilai *output* yang merupakan nilai *crisp*(z) yang disebut proses defuzzifikasi.

Ada beberapa metode defuzzifikasi yang dapat digunakan, diantaranya:

- Metode titik tengah (*center of area*), dimana ketika diterapkan pada bilangan diskrit menggunakan persamaan 2.12, dan pada bilangan kontinyu menggunakan persamaan 2.13.

$$z^* = \frac{\sum \mu_i z_i}{\sum \mu_i} \quad (2.12)$$

$$z^* = \frac{\int \mu(z) z dz}{\int \mu(z) dz} \quad (2.13)$$

- b. Metode Bisektor, dimana solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy dengan persamaan 2.14:

$$\int_{\alpha}^{z^{BOA}} \mu(z) dz = \int_{z^{BOA}}^{\beta} \mu(z) dz \quad (2.14)$$

- c. MOM (*Mean of Maximum*), dimana solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
- d. LOM (*Largest of Maximum*), dimana solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.
- e. SOM (*Smallest of Maximum*), dimana solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

Dimana $\alpha = \textit{alpha predikat}$ (nilai minimal dari nilai derajat keanggotaan (μ) dari ketiga parameter fuzzy yang dimasukkan dalam *rule base*), dan $z = \textit{nilai crisp defuzzyfikasi rata-rata terpusat (Center Average Defuzzyfier)}$ [31].

2.2.16 MATLAB

MATLAB merupakan kependekan dari MATrix LABoratory dikarenakan setiap data pada MATLAB menggunakan dasar matriks. MATLAB adalah bahasa pemrograman tinggi, tertutup, dan case sensitive dalam lingkungan komputasi numerik yang dikembangkan oleh MathWorks. Salah satu kelebihanannya yang paling populer adalah kemampuan membuat grafik dengan visualisasi terbaik.

MATLAB mempunyai banyak tools yang dapat membantu berbagai disiplin ilmu. Ini merupakan salah satu penyebab industri menggunakan MATLAB. Selain itu MATLAB mempunyai banyak library yang sangat membantu untuk menyelesaikan

permasalahan matematika seperti membuat simulasi fungsi, pemodelan matematika dan perancangan GUI [32].

MATLAB digunakan oleh kalangan pelajar, teknisi, peneliti di universitas, institusi penelitian, maupun Industri sebagai alat yang membantu melakukan komputasi matematis untuk berbagai keperluan. MATLAB biasanya digunakan untuk penelitian, pengembangan sistem, dan desain sistem. Berbeda dengan bahasa pemrograman lainnya, MATLAB merupakan bahasa pemrograman tertutup. Sehingga, kompilasi program MATLAB harus menggunakan software MATLAB yang dikembangkan oleh MathWorks. Selain itu, MATLAB juga mendukung pemrograman interpretatif untuk melakukan sejumlah instruksi secara langsung melalui CLI (*command line interface*) seperti Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Jendela pada matlab[32].

2.2.17 Software Fritzing

Fritzing adalah perangkat lunak Desain Elektronik Otomasi untuk desainer, seniman dan siapa saja yang memiliki minat dalam komputasi fisik dan prototipe. Tujuan Fritzing adalah menyediakan alat yang mudah untuk mendokumentasikan dan berbagi proyek-

proyek komputasi fisik, menghasilkan layout untuk Printed Circuit Boards (PCB) dan pengajaran elektronik[33].

a. Antarmuka Penggunaan Fritzing.

Fritzing memperkenalkan antarmuka yang mudah digunakan untuk alur kerja yang cepat dan mudah. Bagian lingkungannya meliputi: *The Project View* - adalah tempat sirkuit elektronik virtual dibangun dan diedit dalam papan breadboard, skematik atau tampilan PCB. *The Palette Windows* - termasuk Perpustakaan Bagian, Bagian Inspektur, Undo Sejarah dan Navigator. *The Part Creator* - adalah alat untuk memodifikasi bagian atau membuat bagian baru untuk Fritzing (untuk membuka Part Creator, pilih Part > Baru di menu utama). Lingkungan Fritzing dapat disusun kembali oleh pengguna sesuai dengan kebutuhan dan preferensi. Bagian yang berbeda dan *Palette Windows* dapat diubah ukurannya, dipindahkan, digabungkan, disembunyikan atau ditampilkan [34].

b. Alur Kerja Dasar Fritzing terdiri dari langkah-langkah berikut:

Membangun sirkuit sungguhan - sangat penting bagi Anda untuk membangun sirkuit di dunia nyata dan mengujinya, sebelum Anda membangunnya kembali di Fritzing.

Membangun kembali sirkuit di Fritzing - ini dilakukan dengan menyeret bagian dari Perpustakaan Bagian ke Tampilan Proyek dan membuat koneksi. Jika Anda tidak dapat menemukan bagian di perpustakaan, Fritzing memungkinkan Anda membuat bagian Anda sendiri menggunakan Bagian Pencipta. Atau, Anda dapat menggunakan Bagian Misteri (ikon tampak seperti tanda question -?), Yang akan membiarkan Anda dengan cepat menentukan bagian baru dan konektornya. Bagian terhubung menggunakan papan tempat memotong roti

dan kabel. Kabel dibuat secara instan dengan mengklik & menyeret konektor bagian.

Mengedit sirkuit - tarik & jatuhkan, salin & tempel, banyak pilihan, rotasi, urung riwayat dan banyak lagi, semua fungsi terintegrasi dalam bagian lingkungan Fritzing dan bilah menu. Anda bisa membengkokkan kawat dengan membuat titik tikungan. Seret saja mereka keluar dari kabel. Anda juga dapat menambahkan Catatan (menu bar bawah) atau Label (klik kanan pada bagian) ke sketsa Anda.

Mengubah properti bagian - properti bagian dapat ditemukan dan diubah di Inspektur Bagian di bagian Palette Windows. Ketika bagian dalam Tampilan Proyek dipilih, informasi bagian yang relevan akan muncul di bagian inspektur.

Beralih di antara Tampilan Proyek - menggunakan palet Navigator atau Switcher Tampilan, Anda dapat beralih antara tampilan breadboard, skematik dan PCB. Setiap pandangan ini dapat digunakan sebagai lingkungan kerja utama proyek, dan dapat dipilih kapan saja.

Merancang PCB - ketika rangkaian sudah siap di Breadboard View, Anda bisa mendesain layout PCB di PCB View. Fritzing fitur routing otomatis dan format ekspor berbeda.

Mendokumentasikan Proyek - proyek dapat didokumentasikan dan dibagikan menggunakan fungsi Ekspor di bilah menu [33].

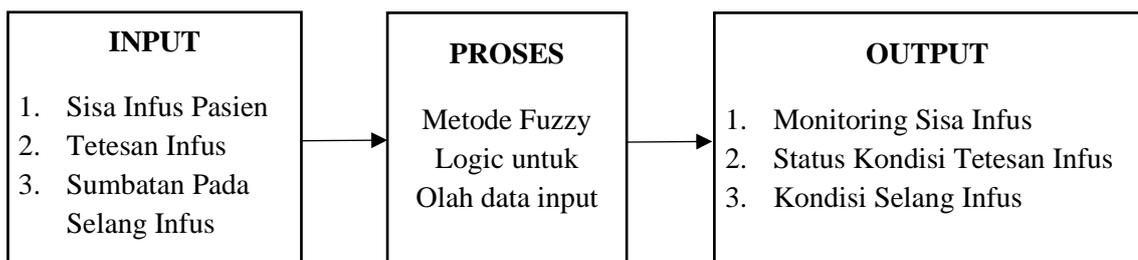
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi resiko keterlambatan pergantian infus dan membantu perawat dalam hal mengawasi infus pasien. Solusi yang diberikan penulis membuat *Prototype* penanganan infus, perangkat yang mendukung dalam penelitian ini yakni : ESP8266, ESP32, Sensor TCRT5000, Sensor Loadcell + HX711, Motor Gearbox. Prinsip kerja alat ini adalah sebagai berikut : Saat terjadi infus yang habis dan belum digantikan oleh perawat infus akan berganti secara otomatis ke cairan infus cadangan, memonitoring infus untuk mendeteksi sisa cairan infus, mendeteksi laju tetesan infus dan mengontrol jarak jauh perubahan tetesan infus. Semua data yang diatas terhubung dengan website sebagai media penampil agar mudah di gunakan oleh perawat. Saat terjadi selang infus yang tersumbat, website akan memberikan notifikasi berupa pesan (suara, warna dan tulisan).

Metode penelitian yang akan digunakan dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* dimana tetesan infus dapat menyesuaikan laju tetesan terhadap sisa cairan infus. Sebagai contoh : Jika kita merubah tetesan menjadi 20 tetesan per menit secara otomatis selang akan terbuka dengan keadaan yang telah di tentukan oleh *Fuzzy Logic* yakni 20 tetesan per menit, jika tetesan infus masih kurang presisi, kontrol tetesan akan menyesuaikan diri pada permintaan tetesan infusnya dan menjaganya agar tetap 20 tetes per menit. Model arsitektur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Arsitektur Model Penelitian.

Keterangan:

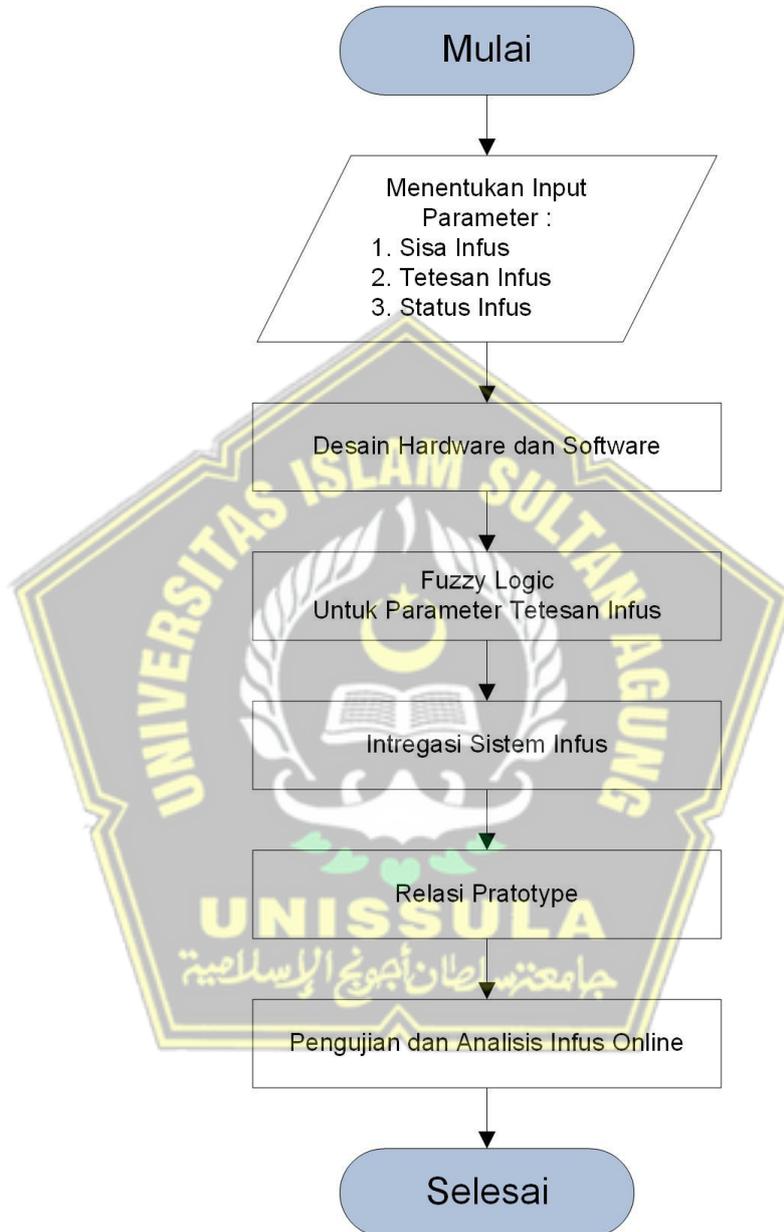
1. Pada saat prototype akan memproses data, tahapan awal yang di perlukan adalah prototype memerlukan proses input permasalahan yang di hadapi, yakni :
 - a. Terjadinya infus habis total.
 - b. Terjadinya sumbatan infus dari sensor tetesan phototransistor.
 - c. Tetesan infus dari sensor tetesan phototransistor.
2. Setelah input di terima proses selanjutnya adalah memproses data input tersebut. Menggunakan 3 cara, yakni :
 - a. Data sisa infus dari sensor berat yang termonitoring 1 menit sekali.
 - b. Alarm
 - c. Menghitung nilai tetesan yang diberikan sensor tetesan, dan menganalisis dengan fuzzy logic untuk menentukan ke-efektifan tetesan yang tepat.
3. Output yang di berikan dalam ketiga masalah tersebut akan di kelola oleh website yang bertugas untuk menampilkan seluruh data otomasi infus.

3.2 Alur Penelitian

Di dalam penelitian pembuatan *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic* penulis membuat diagram alir (*flowchart*) seperti Gambar 3.2. *Flowchart* ini bertujuan mempermudah penulis dalam melakukan penulisan dan pembuatan prototipe. Adapun keterangan tentang gambar 3.2. adalah sebagai berikut:

- a. Langkah pertama menentukan para meter input, dalam hal ini adalah sisa infus, tetesan infus, dan status kondisi infus.
- b. Merancang desain software dan hardware untuk membuat prototype infus.
- c. Metode yang digunakan dalam parameter tetesan infus menggunakan *fuzzy logic* yang berfungsi untuk mengefektifkan tetesan sesuai dengan permintaan tenaga medis.

- d. Melakukan pengujian software, hardware, dan metode *fuzzy logic* untuk melihat tingkat keberhasilan dan akurasi sistem. Alur diatas akan di tunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian

3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

Pada analisa kebutuhan *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic* diperlukan komponen sebagai berikut:

Mesin Bagian Atas

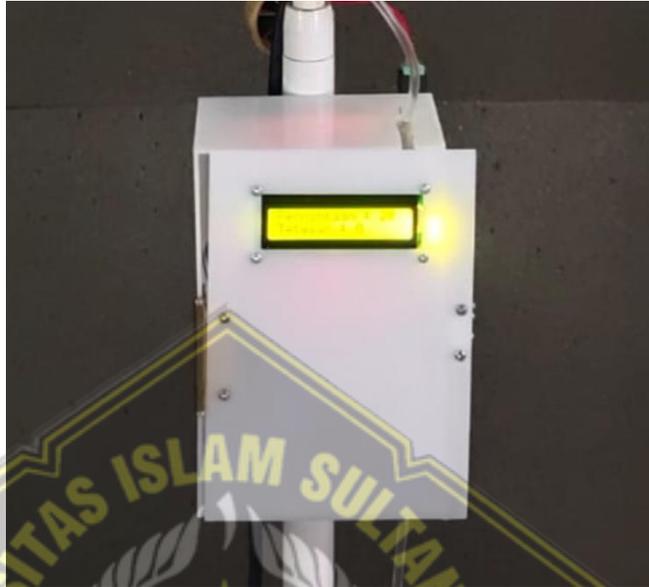


Gambar 3.3 Mesin Bagian Atas dan Kendali Pergantian Infus

- 1) ESP32 DOIT V3 digunakan sebagai data proses untuk memonitoring sisa cairan infus, mengendalikan pergantian infus dan memproses data IoT ke website.
- 2) Sensor Loadcell 5Kg digunakan untuk mengukur berat masing-masing infus.
- 3) Modul ADC HX711 digunakan untuk mengkonversi data analog sensor Loadcell ke data digital.
- 4) Motor Gearbox N20 digunakan untuk mengendalikan laju masing-masing infus
- 5) Motor Driver L9110 H Bridge berfungsi sebagai kendali tegangan untuk motor DC.
- 6) LCD20X4 I2C digunakan untuk menampilkan data infus dan status pergantian infus secara *realtime*.
- 7) Sensor TCRT5000 digunakan untuk mendeteksi tetesan infus yang sedang berjalan.

- 8) Fan (Kipas) untuk mengatur sirkulasi udara pada mesin bagian atas supaya tidak terjadi *overheat* system.

Mesin Bagian Bawah



Gambar 3.4 Mesin Bagian Bawah (Pengendali Tetesan Otomatis)

- 1) ESP32 DOIT V3 digunakan sebagai data proses untuk pengendalian tetesan otomatis dengan logika fuzzy dan memproses data IoT ke website.
- 2) LCD16X2 I2C digunakan untuk menampilkan data infus dan status pergantian infus secara *realtime*.
- 3) Motor Gearbox N20 digunakan untuk mengendalikan laju tetesan infus otomatis.
- 4) Motor Driver L9110 H Bridge berfungsi sebagai kendali tegangan untuk motor DC yang akan menentukan buka atau tutupnya selang infus.

Unit Catu Daya

- 1) Adaptor 12V 3A dilengkapi dengan Saklar dan Sekring sebagai suplay tegangan DC ke rangkaian elektronik dan sensor serta keamanan lonjakan tegangan.

- 2) Modul Step Down LM2596 berfungsi sebagai penurun tegangan 12V DC ke 5V DC untuk suplay sensor bertegangan kecil.

Lain-Lain

- 1) Bahan cover keseluruhan alat menggunakan bahan Arkrilik.
- 2) Cairan Infus yang digunakan untuk pratikum adalah larutan infus Nacl.
- 3) Selang infus dengan model Y atau adanya percabangan pada sisi inputnya.
- 4) Tiang Infus berbahan besi aluminium.

3.4 Parameter Input dan Logika Fuzzy

Sebelum merancang *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*. Parameter input Logika Fuzzy terdiri dari sisa infus, sumbatan selang infus (status infus), tetesan infus. Pada output dari logika Fuzzy terdapat kondisi motor N20 berfungsi untuk pengendalian tetesan infus otomatis. Adapun parameter ditunjukkan pada Tabel 3.1

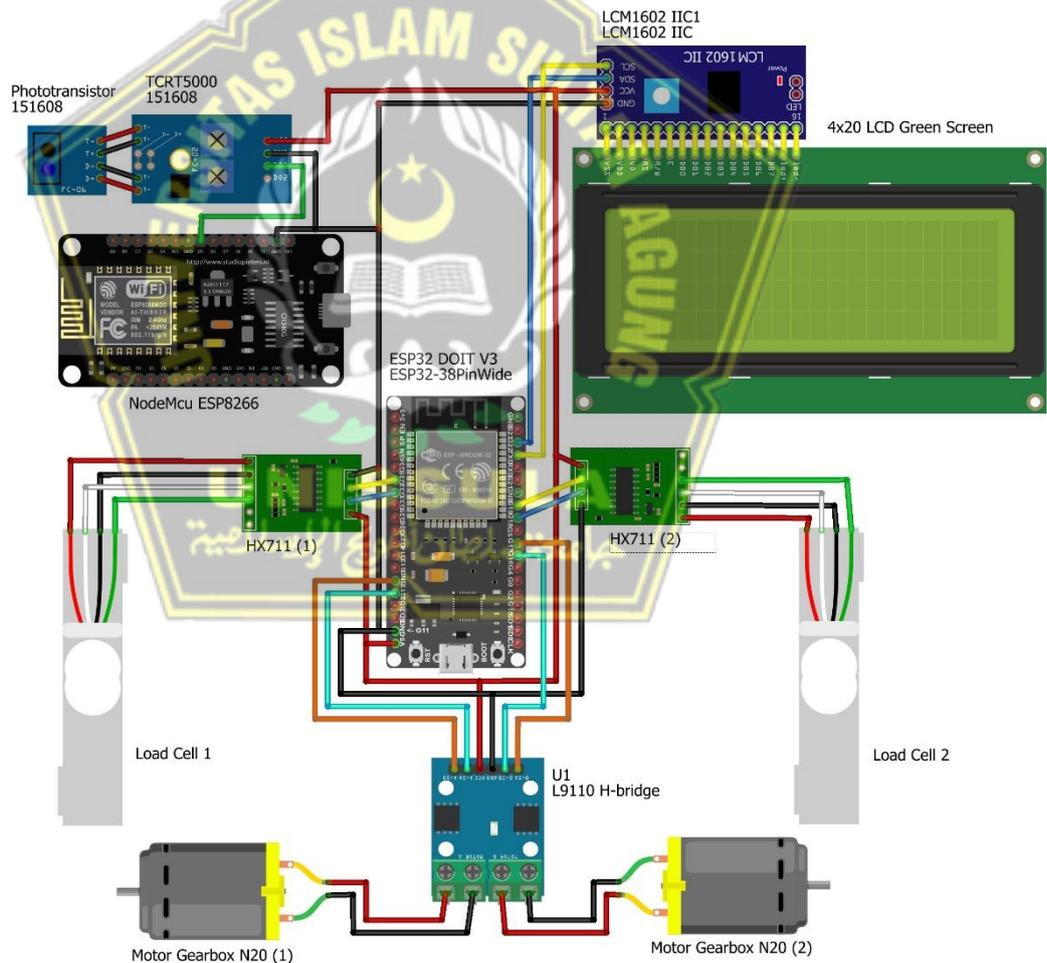
Tabel 3.1 Fuzzy Parameter dan Nilai Input - Output

No	Parameter	Nilai
1	Sisa Infus	Dikatakan Habis bilamana sisa infus 0ml sampai dengan ≤ 50 ml. Dikatakan Setengah bilamana sisa infus > 50 ml sampai dengan ≤ 200 ml. Dikatakan Penuh bilamana sisa infus > 200 ml sampai dengan > 500 ml. Dari total infus berat awal 500ml (default).
2	Status Infus	Dikatakan Tersumbat bilamana Tetesan Infus = 0. Dikatakan Lancar bilamana Tetesan Infus > 0 .
3	Tetesan Infus	Jumlah Tetesan Per Menit dengan Standar Terapi Intravena sebanyak 20 Tetes / Menit.[9]
4	Kondisi Motor Tetesan Otomatis	Motor menyala berdasarkan pengujian dengan rentang waktu 0 sampai 5 detik.

3.5 Desain Hardware

Desain *hardware* perancangan *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*. Sensor Loadcell 1 dan 2, Sensor TCRT5000 merupakan input kontrol, data input akan diolah menggunakan logika Fuzzy di dalam program Arduino IDE sehingga akan mengatur durasi putaran motor untuk membuka atau menutup serta menyeimbangkan tetesan infus yang keluar sesuai permintaan tenaga medis. Data input dan output ditampilkan ke dalam website monitoring SION (Smart Infusion Online) sebagai data untuk penelitian berikutnya. Adapun skema rangkaian (wiring diagram) ditunjukkan di Gambar 3.5

Skema Rangkaian Mesin Utama



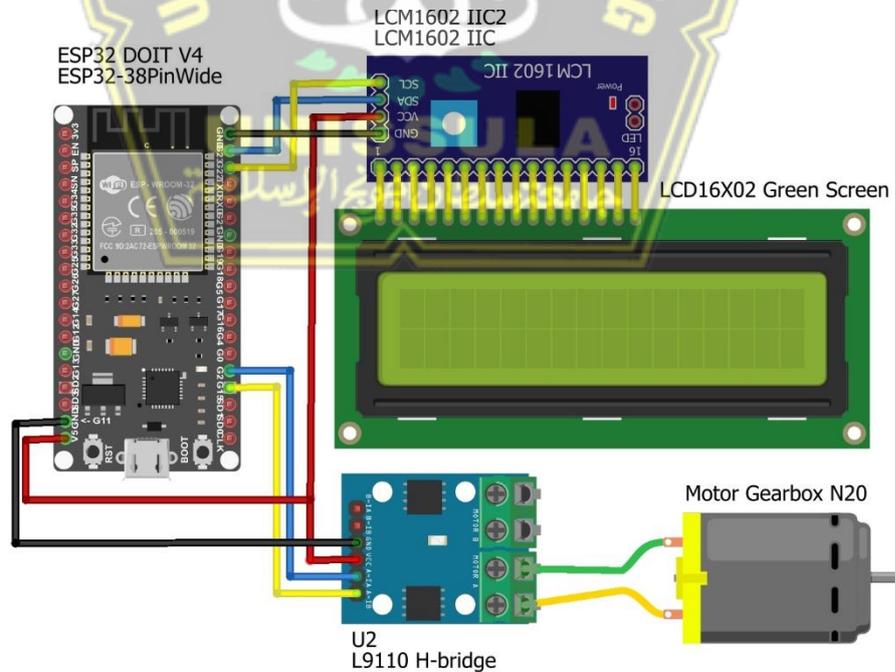
Gambar 3.5 Skema Rangkaian Mesin Utama

Keterangan Konfigurasi Pin Mesin Utama dapat ditunjukkan pada Table3.2.

Tabel 3.2 Wiring Diagram Mesin Utama

No	Konfigurasi Pin Microcontroller	Koneksi
1.	Pin D1 ESP32	SCL i2C LCD 20X04
2.	Pin D2 ESP32	SDA i2C LCD 20X04
3.	Pin D27 ESP32	SCK HX711 Loadcell 1
4.	Pin D14 ESP32	DT HX711 Loadcell 1
5.	Pin D33 ESP32	SCK HX711 Loadcell 2
6.	Pin D35 ESP32	DT HX711 Loadcell 2
7.	Pin D18 ESP32	Motor Driver B1A
8.	Pin D5 ESP32	Motor Driver B1B
9.	Pin D3 ESP32	Motor Driver A1A
10.	Pin D4 ESP32	Motor Driver A1B
11.	Pin D5 ESP8266	DOut Sensor TCRT5000
12.	Pin VCC 5V	+ Catu Daya
13.	Pin GND	- Catu Daya

Skema Rangkaian Tetesan Infus Otomatis dapat dilihat pada Gambar 3.6.



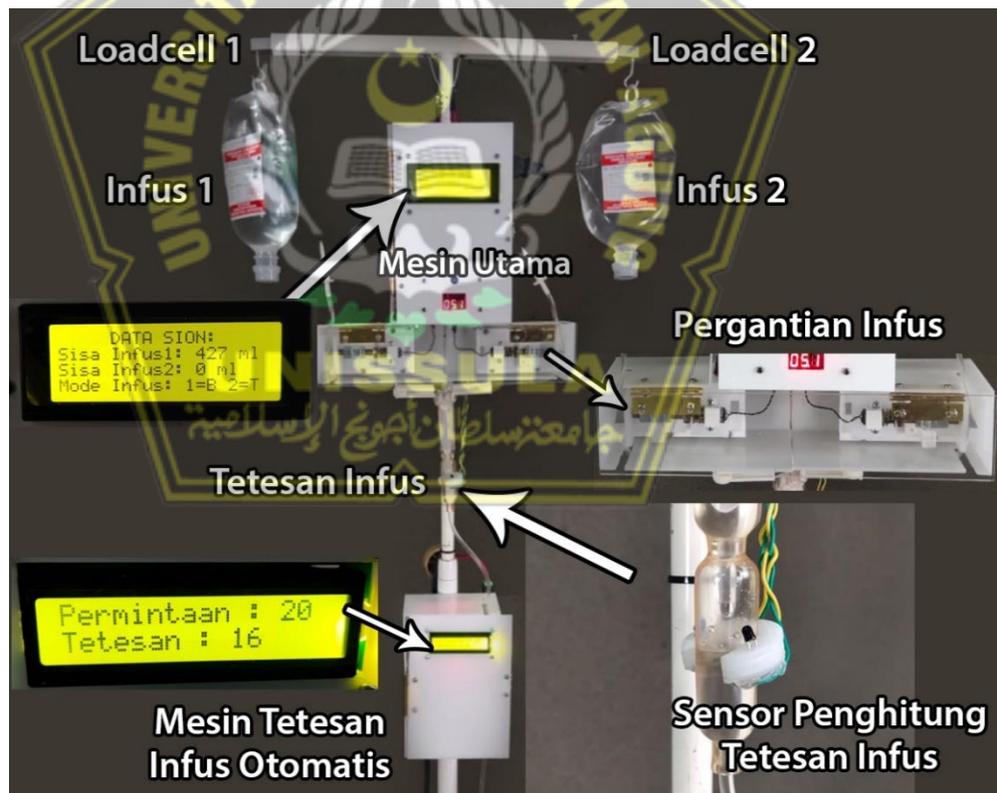
Gambar 3.6 Skema Rangkaian Tetesan Infus Otomatis

Keterangan Konfigurasi Pin Tetesan Infus Otomatis dapat ditunjukkan pada Table 3.3.

Tabel 3.3 Wiring Diagram Tetesan Otomatis

No	Konfigurasi Pin Microcontroller	Koneksi
1.	Pin D1 ESP32	SCL i2C LCD 16X02
2.	Pin D2 ESP32	SDA i2C LCD 16X02
3.	Pin D4 ESP32	Motor Driver A1A
4.	Pin D15 ESP32	Motor Driver A1B
5.	Pin VCC 5V	+ Catu Daya
6.	Pin GND	- Catu Daya

Dari wiring Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 dapat disumulasikan dengan pembuatan miniatur yang menyerupai sistem infus yang ada dalam rumah sakit. Ditunjukkan dalam gambar 3.7.



Gambar 3.7 Bagian *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*

Keterangan :

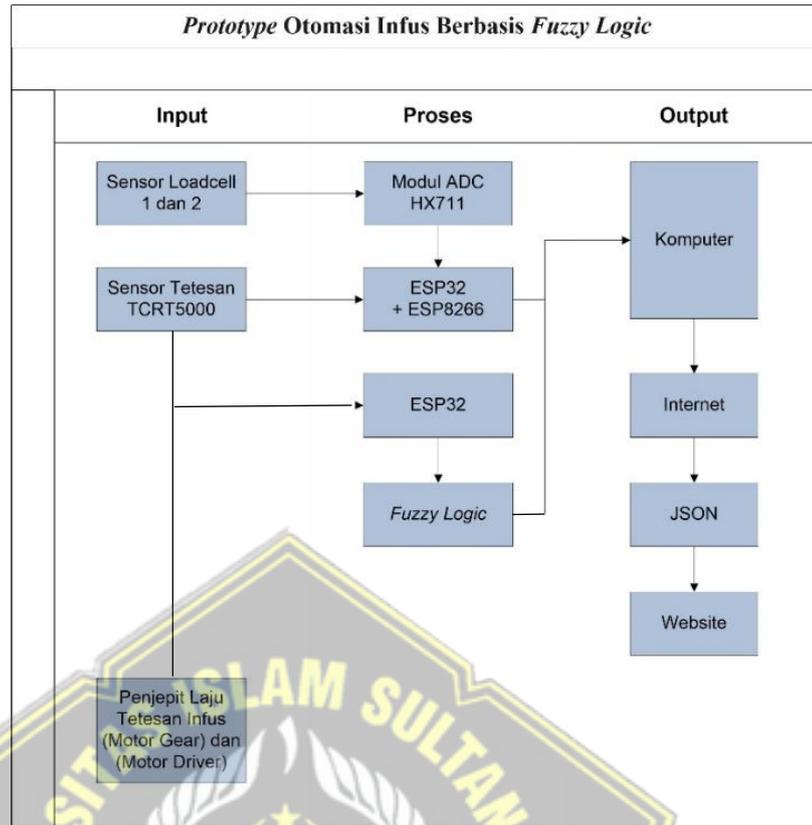
1. Terdapat 2 buah Sensor Berat (Loadcell) untuk mendeteksi berat sisa infus 1 sebagai infus utama dan infus 2 sebagai infus cadangan.
2. Tampilan LCD 20X04 Mesin utama yakni menampilkan data sisa infus 1 dan sisa infus 2 beserta mode infus 1=B (Infus 1 Terbuka) dan 2=T (Infus 2 Tertutup)
3. Pergantian infus berisi 2 buah Motor Gearbox N20 berfungsi untuk memindahkan jalur infus 1 ke infus 2 begitu juga sebaliknya.
4. Tetesan Infus menggunakan Sensor TCRT5000 yang di jepitkan pada tabung tetesan yang ada di selang infus fungsinya untuk menghitung tetesan infus saat berjalan dan mendeteksi tersumbat tidaknya laju tetesan infus.
5. Tampilan LCD 16X02 pada Mesin Tetesan Otomatis menggunakan logika Fuzzy berisi data permintaan tetesan infus dari tenaga medis dan Tetesan berarti jumlah tetesan infus yang diberikan oleh alat apakah sama dengan permintaan. Jika tidak sama maka tetesan otomatis akan menyesuaikan sampai pada tingkat mendekati jumlah tetesan infus yang diminta.

3.6 Desain Software

3.6.1 Diagram Sistem *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*

Blok diagram rangkaian sistem merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan suatu alat, karena dari blok diagram rangkaian inilah dapat diketahui cara kerja rangkaian yang akan kita buat. Sehingga keseluruhan blok diagram tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

Adapun diagram blok rangkaian dari *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic* dapat dilihat pada Gambar 3.8 Diagram Flow Sistem Monitoring Cairan Infus dan Laju Tetesan Infus.



Gambar 3.8 Diagram Sistem Kerja *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*.

3.6.2 Diagram *Flow Of Document* Keseluruhan Sistem *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*.

Lampiran Lembar A3

Keterangan :

a. Perawat

Proses awal dimulai dari perawat yang memberikan penanganan infus kepada pasien.

b. Alat

Langkah kedua perawat menghidupkan alat Monitoring Infus Online agar alat dapat bekerja memonitor cairan infus pasien secara jarak jauh.

c. Infus 1 dan Infus 2

Langkah selanjutnya ada proses memeriksa kondisi sisa infus pasien pada alat. Jika Infus 1 / Infus 2 sisa infus <50ml

maka indikator website akan berwarna merah, memberikan bunyi dan memberikan pesan. Jika Infus 1 / Infus 2 sisa infus >50ml & <200ml maka indikator website akan berwarna kuning dan memberikan bunyi. Jika Infus 1 dan Infus 2 sisa infus >200ml sampai 500ml maka indikator website akan berwarna hijau.

d. Tetesan Infus Otomatis

Pada langkah ini alat akan mendeteksi apakah infus menetes, jika tidak menetes maka alat akan mengirimkan data bahwa tetesan infus adalah nol dan status infus otomatis tersumbat, tetapi jika tetesan nya sama dengan menetes maka akan memeriksa apakah ada permintaan ubah tetesan, jika ada alat akan otomatis menghitung tetesan selama 1 menit dan memproses datanya. Jika tetesan yang diberikan alat tidak sama dengan permintaan tenaga medis, maka alat (tetesan otomatis dengan fuzzy logic akan menyesuaikan sampai pada proses mendekati tetesan yang di minta oleh tenaga medis.

e. Program

Perawat dapat memeriksa website, apakah sudah terkoneksi dengan alat dan database sehingga muncul data data sensor pada tampilan website.

f. Pasien

Pasien dapat tergantikan cairan infusnya tanpa petugas medis harus berkeliling terlebih dahulu, dan penanganan infus pasien akan lebih terjamin dan tepat waktu.

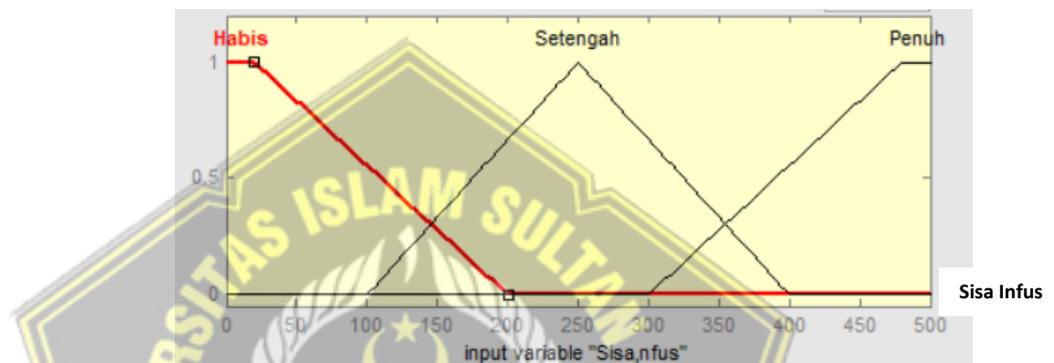
3.7 Fuzzy Logic

Sub-sistem fuzzifikasi akan memproses data input yang didapat ketika melakukan uji coba. Untuk menentukan berapa lama durasi motor berputar untuk membuka dan menutup tetesan infus, maka proses yang dilakukan adalah:

3.7.1 Fuzzifikasi, yaitu mengubah nilai crisp input dan output menjadi fuzzy input dan output menggunakan fungsi-fungsi keanggotaan. Adapun himpunan input output fuzzy berupa:

a) Sisa Infus (Sensor Loadcell 1 dan 2)

Pada variabel sisa infus 1 dan 2 dengan menggunakan sensor loadcell menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan HABIS, SETENGAH dan PENUH seperti Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Sisa Infus

Dapat diperjelas dengan persamaan 3.1 di bawah ini :

✓ Fungsi Keanggotaan Habis

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 10 \\ \frac{200 - x}{200 - 10}; & 10 \leq x \leq 200 \end{cases} \quad (3.1)$$

✓ Fungsi Keanggotaan Setengah

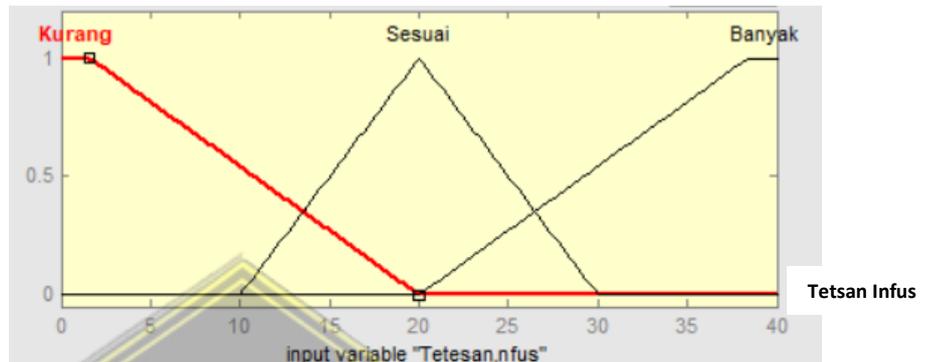
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 400 \\ \frac{x - 100}{250 - 100}; & 100 \leq x \leq 250 \\ \frac{400 - x}{400 - 250}; & 250 \leq x \leq 400 \end{cases} \quad (3.1)$$

✓ Fungsi Keanggotaan Penuh

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 300 \\ \frac{x - 200}{480 - 200}; & 300 \leq x \leq 480 \\ 1; & x \geq 480 \end{cases} \quad (3.1)$$

b) Tetesan Infus (Sensor TCRT5000)

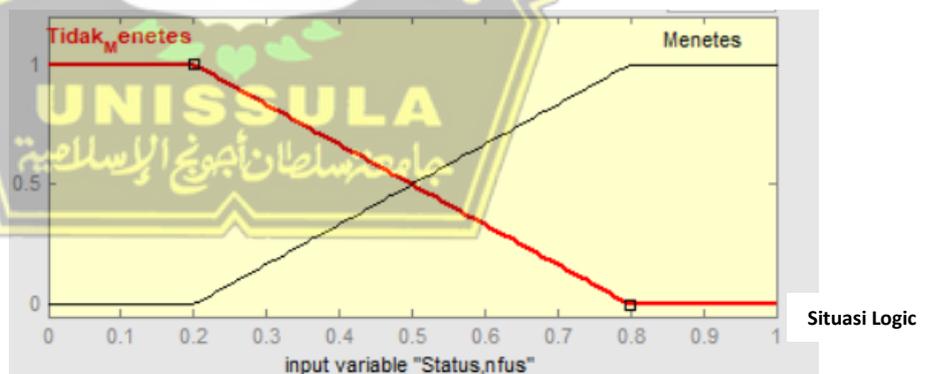
Pada variabel tetesan infus dengan menggunakan sensor TCRT5000 menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan KURANG, SESUAI dan BANYAK seperti Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan Tetesan Infus

c) Status Infus (Sensor TCRT5000)

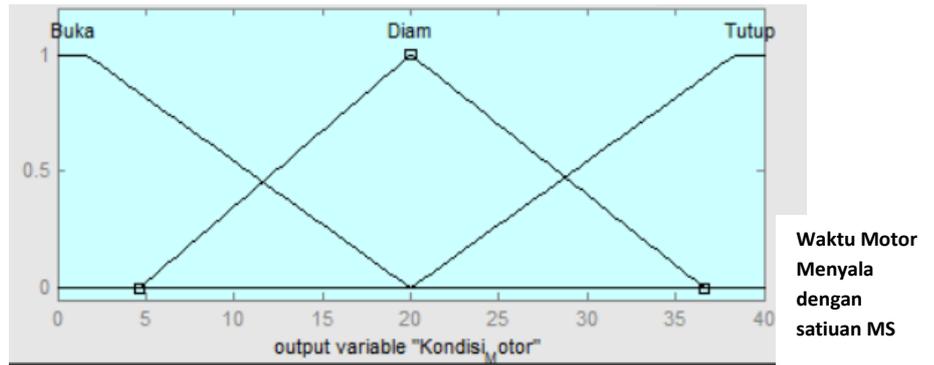
Pada variabel status infus dengan menggunakan sensor TCRT5000 menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan TIDAK MENETES dan MENETES seperti Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan Status Infus

d) Output Kondisi Motor

Pada variabel kondisi motor dengan menggunakan motor gearbox N20 menggunakan fungsi keanggotaan bahu dengan himpunan BUKA, DIAM dan TUTUP seperti Gambar 3.13.



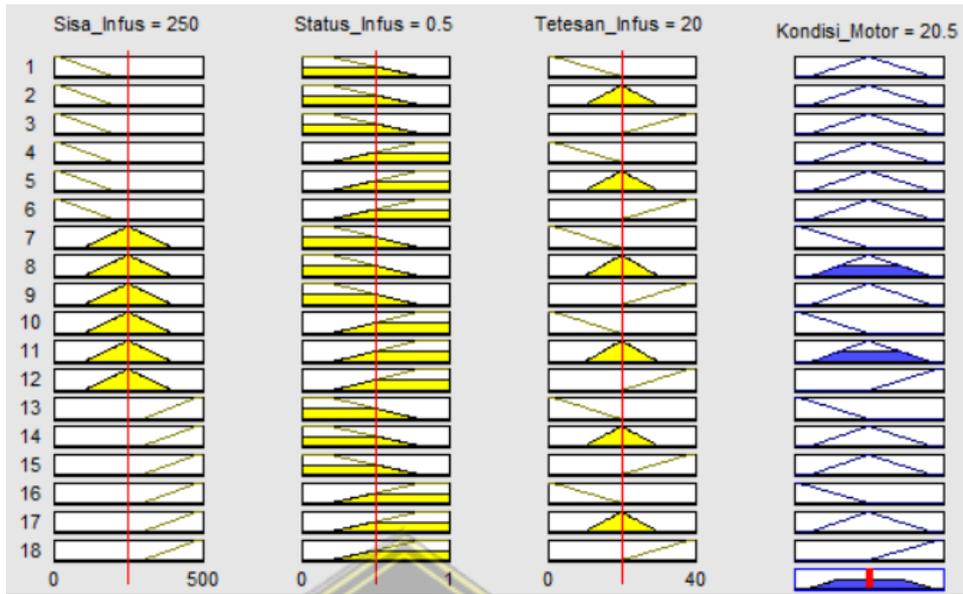
Gambar 3.13 Fungsi Keanggotaan Status Motor

3.7.2 Rule Base Fuzzy

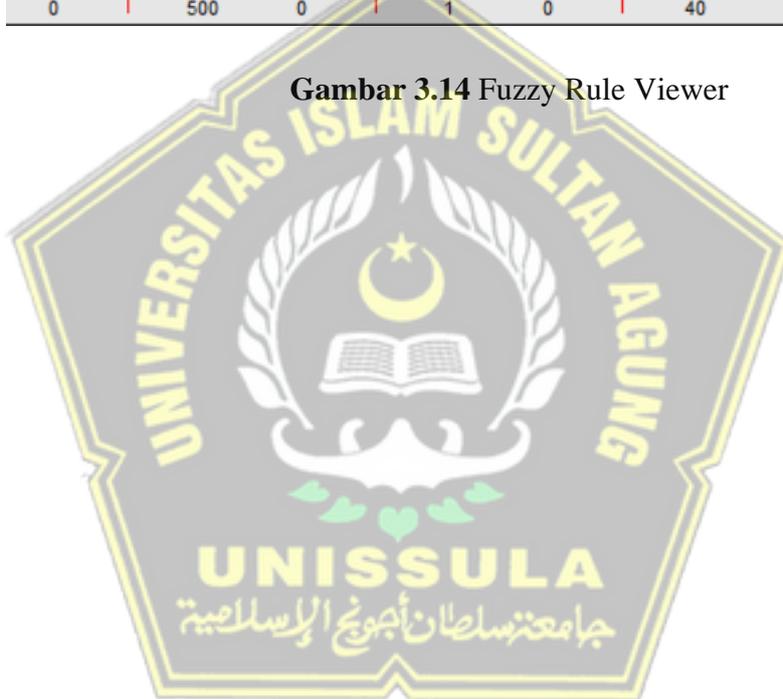
Adapun beberapa Rule fuzzy yang digunakan seperti ditunjukkan di Tabel 3.4 dan Gambar 3.14 merupakan Fuzzy Rule Viewer:

Tabel 3.4 Rule Fuzzy

Rule	INPUT			OUTPUT
	Sisa Infus (IF)	Status Infus (AND)	Tetes Infus (AND)	Putaran Motor (THEN)
1.	Habis	Tidak Menetes	Kurang	Diam
2.	Habis	Tidak Menetes	Sesuai	Diam
3.	Habis	Tidak Menetes	Banyak	Diam
4.	Habis	Menetes	Kurang	Diam
5.	Habis	Menetes	Sesuai	Diam
6.	Habis	Menetes	Banyak	Diam
7.	Setengah	Tidak Menetes	Kurang	Buka
8.	Setengah	Tidak Menetes	Sesuai	Buka
9.	Setengah	Tidak Menetes	Banyak	Buka
10.	Setengah	Menetes	Kurang	Buka
11.	Setengah	Menetes	Sesuai	Diam
12.	Setengah	Menetes	Banyak	Tutup
13.	Penuh	Tidak Menetes	Kurang	Buka
14.	Penuh	Tidak Menetes	Sesuai	Buka
15.	Penuh	Tidak Menetes	Banyak	Buka
16.	Penuh	Menetes	Kurang	Buka
17.	Penuh	Menetes	Sesuai	Diam
18.	Penuh	Menetes	Banyak	Tutup



Gambar 3.14 Fuzzy Rule Viewer



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

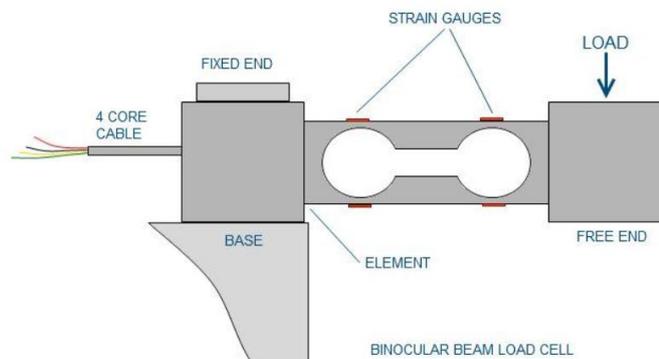
Mengacu pada desain penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 3.7, skema rangkaian alat pada Gambar 3.5 sebagai gambar mesin utama dan Gambar 3.6 sebagai mesin tetesan otomatis, dihasilkan sebuah *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



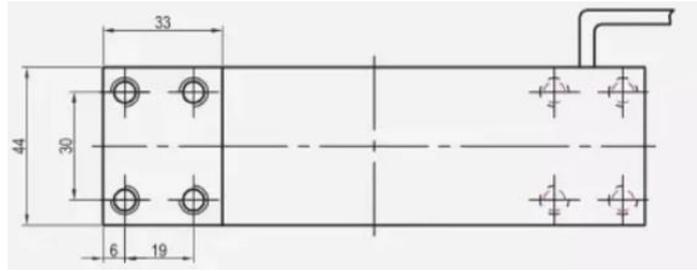
Gambar 4.1 *Prototype* Otomasi Infus Berbasis *Fuzzy Logic*.

4.1 Hasil Pengujian Sensor Loadcell

Komponen utama dari sensor berat (loadcell). Di tunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Komponen Utama Sensor Loadcell.



Gambar 4.3 Dimensi Sensor Loadcell

Rumus sederhana biasanya digunakan untuk mengubah keluaran mv/V terukur dari sel beban menjadi gaya terukur dengan persamaan 4.1:

$$\text{Gaya Terukur} = A * \text{Terukur mV/V} + B \text{ (offset)} \quad (4.1)$$

Sel beban ini memiliki keluaran terukur $1,0 \pm 0,15\text{mv/v}$ yang sesuai dengan kapasitas sensor 5kg. Untuk mencari A kita gunakan hitungan seperti berikut:

$$\text{Kapasitas} = A * \text{Nilai Output}$$

$$A = \text{Kapasitas} / \text{Nilai Output}$$

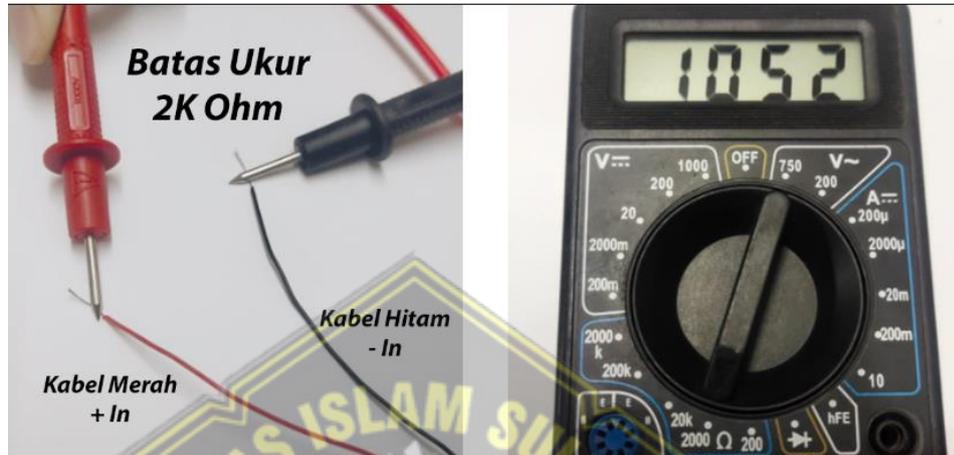
$$A = 5 / 1,0$$

$$A = 5$$

Tabel 4.1 Spesifikasi Sensor Berat Loadcell 5 Kg [35].

Product Specifications	
Mechanical	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	5kg
Dimensions	55.25x12.7x12.7mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	550mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
Electrical	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0±0.15 mv/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Repeatability	0.05% FS
Creep (per 30 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.05% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS
Zero Balance	±1.5% FS
Input Impedance	1130±10 Ohm
Output Impedance	1000±10 Ohm
Insulation Resistance (Under 50VDC)	≥5000 MOhm
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40°C
Operating Temperature Range	-20 to ~+55°C
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

Menurut data spesifikasi diatas bahwa loadcell di katakana bagus bilamana memiliki *Input Impedance* sebesar 1130Ω dan *Output Impedance* 1000Ω dengan demikian pengujian awal sensor dilakukan dengan multimeter digital dan menunjukkan angka hitung sebagai berikut :



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran Input Impedance Sensor Loadcell



Gambar 4.5 Hasil Pengukuran Output Impedance Sensor Loadcell

Kesimpulan dari gambar 4.4 dan 4.5 sebagai berikut :

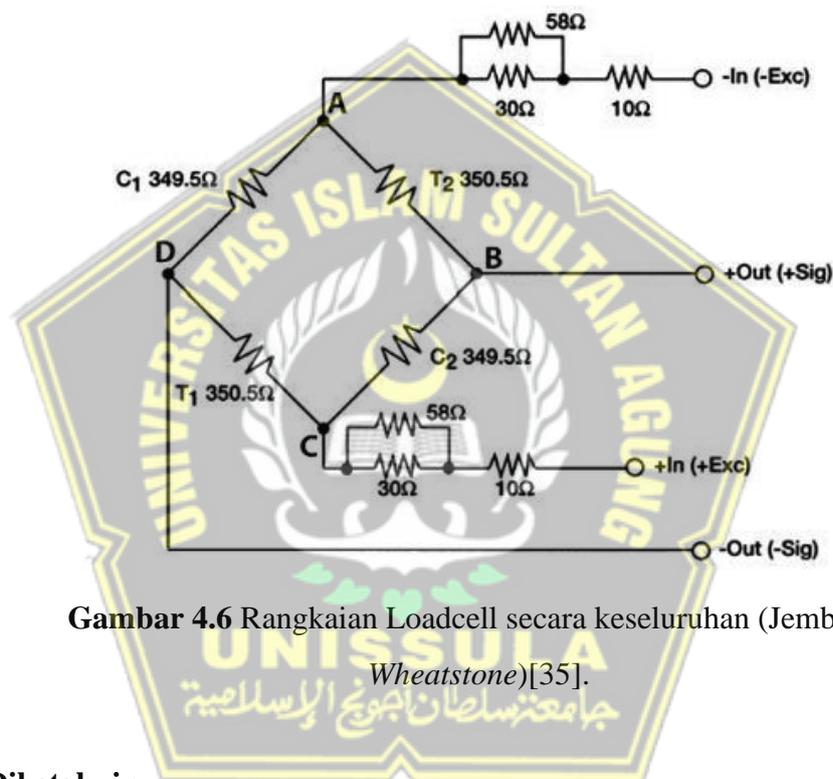
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Pengukuran Resistansi Baik Tidaknya Sensor.

Pengukuran	Probe Merah	Probe Hitam	Standart Baik	Hasil Pengukuran
Input Impedance	Kabel Hijau	Kabel Putih	1000Ω	1012Ω

Output Impedance	Kabel Merah	Kabel Hitam	1130 Ω	1052 Ω
-------------------------	-------------	-------------	---------------	---------------

Hasil : Sensor loadcell dalam penguji ini pada kondisi layak dan baik digunakan untuk menimbang cairan infus.

Pengukuran Strain Gauge yang menerima gaya tarik (*Tension*) dan gaya tekan (*Compression*) ketika loadcell dibebani. Pengukuran dilakukan menggunakan metode eksperimen dan pengukuran secara manual. Dijelaskan pada Gambar 4.6.

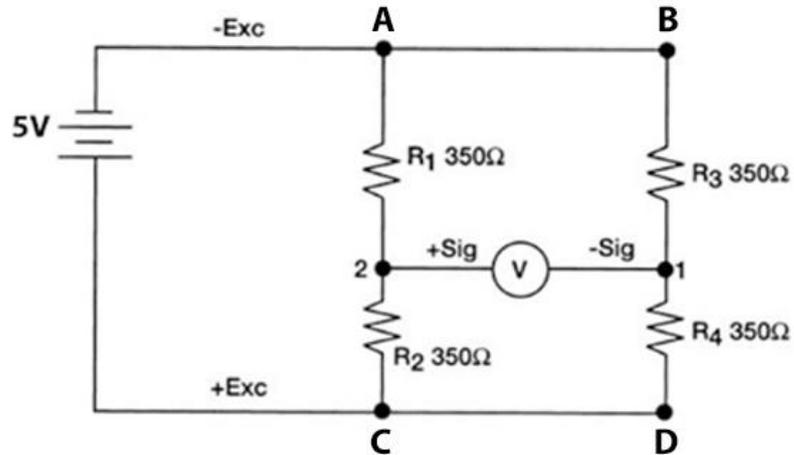


Gambar 4.6 Rangkaian Loadcell secara keseluruhan (Jembatan *Wheatstone*)[35].

Diketahui :

- T1 dan T2 = Gaya tarik (*Tension*)
- C1 dan C2 = Gaya tekan (*Compression*)
- +In (+Exc) dan -In (-Exc) = Input Voltase (5V DC)
- +Out (+Sig) dan -Out (-Sig) = Output / Signal Loadcell

Pengukuran Loadcell tanpa beban, di dapatkan persamaan sebagai berikut :



Gambar 4.7 Pengukuran Loadcell tanpa beban.

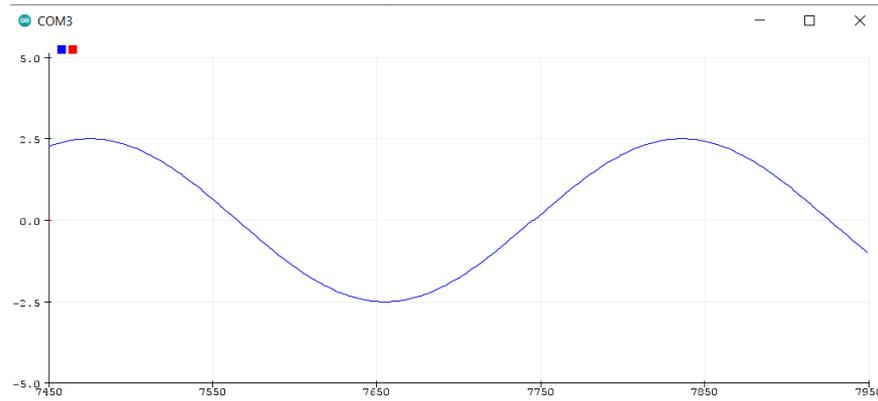
Resistansi semua Strain Gauge tetap sama selama tidak ada beban yang diterima Load Cell. Tegangan drop pada titik 1 dan 2 bisa kita hitung menggunakan Hukum Ohm. Setiap cabang mempunyai resistansi $350\Omega + 350\Omega = 700\Omega$. Arus yang mengalir tiap cabang adalah tegangan di tiap cabang dibagi resistansi setiap cabang.

$$\begin{aligned} \sum E + \sum I.R &= 0 \\ 5V + I.(350\Omega + 350\Omega) &= 0 \\ 5 + 700.I &= 0 \\ 700.I &= -5 \\ I &= \frac{-5}{700} = \frac{1}{140} \text{ A atau } (0,00714A) \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan pada titik Signal 2 atau kita sebut dengan (V_{AC}) adalah sebagai berikut :

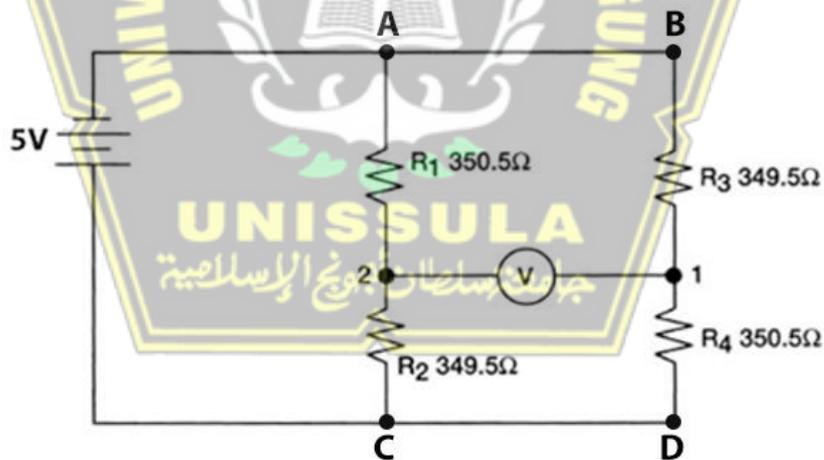
$$\begin{aligned} V_{AC} &= \sum E + \sum I.R \\ V_{AC} &= 5 + (-0,00714 \times 350) \\ V_{AC} &= 5 - 2,499 \\ V_{AC} &= 2,501 \text{ V} \end{aligned}$$

Hasil keluaran signal yang dihasilkan oleh sensor berat (Loadcell), dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tegangan Keluaran Sensor Loadcell.

Tegangan pada titik 1 juga 2,5Volt karena semua resistornya sama. Tidak ada beda potensial antara titik AC dan BD, dan inilah kondisi dimana Indikator kita menunjukkan Zero. Sekarang, berikan beban pada load cell sehingga R1 dan R4 mengalami gaya tarik dan resistannya membesar, sedangkan R2 dan R3 mengalami gaya tekan sehingga resistannya mengecil, seperti terlihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengukuran Loadcell terdapat beban.

Catatan: Resistansi total setiap cabang tetap 700Ω sehingga arus yang mengalir disetiap cabang tetap $7,14mA$

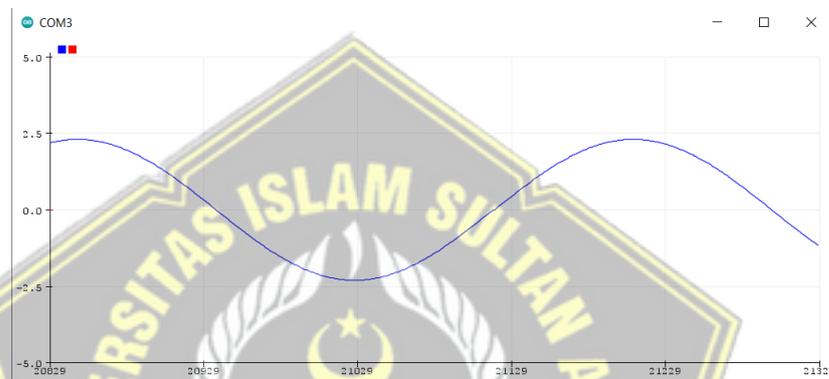
Untuk mengukur tegangan di titik1, ukurlah terlebih dahulu tegangan drop pada R3. Sebagaimana kita ketahui, arus yang melewati R3 adalah 7,14mA.

$$V_B = I_{R3} \cdot R_3$$

$$V_B = 0,00714 \times 349,5 \Omega$$

$$V_B = 2,4955 \text{ V}$$

Hasil keluaran signal yang dihasilkan oleh sensor berat (Loadcell), dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tegangan sensor Loadcell saat terjadinya beda potensial pada titik R3.

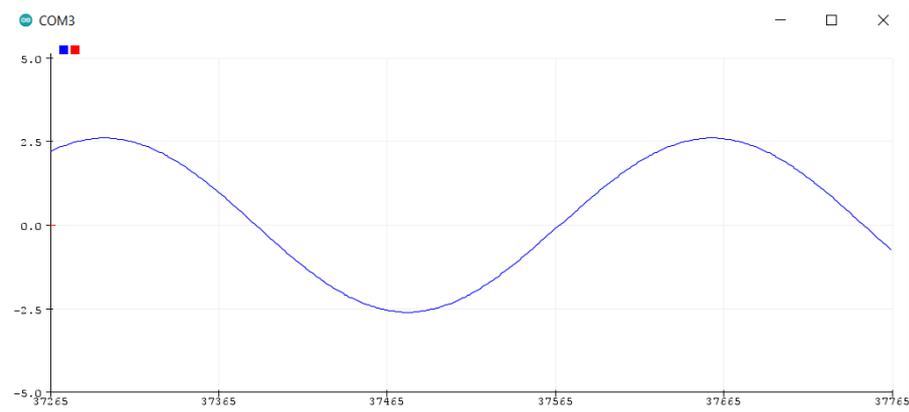
Dan untuk mengetahui tegangan dititik 2, hitunglah dahulu tegangan drop pada R1. Ingat, arus yang melewati R1 adalah 7,14mA.

$$V_A = I_{R1} \cdot R_1$$

$$V_A = 0,00714 \times 350,5 \Omega$$

$$V_A = 2,5026 \text{ V}$$

Hasil keluaran signal yang dihasilkan oleh sensor berat (Loadcell), dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Tegangan sensor Loadcell saat terjadinya beda potensial pada titik R1.

Beda potensial pada titik 1 dan 2 adalah selisih ER3 dan ER1 yaitu 0,0071V atau 7,1mV. Disini terlihat rangkaian menjadi tidak seimbang dan terjadi beda potensial pada rangkaian sebesar 7,1mV. Indikator dikalibrasi sedemikian rupa sehingga sedikit perubahan pada millivolt akan diterjemahkan perubahan pembacaan pada pengukuran berat.

Data Kalibrasi Sensor Loadcell

Setiap Load Cell dilengkapi dengan data kalibrasi atau sertifikat kalibrasi sebagai informasi tentang Load Cell yang bersangkutan. Setiap data sheet harus cocok dengan nomor seri, nomor model dan kapasitas. Informasi yang lain berupa karakteristik dalam mV/V, tegangan Excitasi, non-linearity, hysteresis, zero balance, input resistance, output resistance, efek temperature pada output dan zero balance, insulation resistance dan cable length.

Output Hasil pengukuran load Cell selain ditentukan oleh besarnya beban, juga ditentukan oleh besarnya tegangan Eksitasi, dan karakteristik (mV/V) Load Cell itu sendiri. Salah satu karakteristik load Cell yaitu 3mV/V. Yang berarti setiap satu volt tegangan Excitasi, pada saat Load Cell dibebani maksimal akan mengeluarkan signal sebesar 1mV. Jika beban 5Kg diberikan pada Load Cell kapasitas 5Kg dengan tegangan Excitasi 5V, maka signal yang terkirim dari Load Cell tersebut adalah sebesar 5mV.

Tabel 4.3 Perbandingan Kalibrasi Tegangan dengan Sisa Cairan Infus.

No	Sisa Cairan Infus	Signal Yang Di Hasilkan
1.	Tidak Ada Beban	0,2 mV
2.	502 ml	0,6 mV
3.	443 ml	0,5 mV
4.	294 ml	0,4 mV
5.	192 ml	0,3 mV

Jika sensor loadcell menghasilkan kekuatan signal dengan perbandingan 1V=1mV Max kekuatan Signal terhadap beban, maka menghasilkan perhitungan beban sebagai berikut.

$$1V = 1mV$$

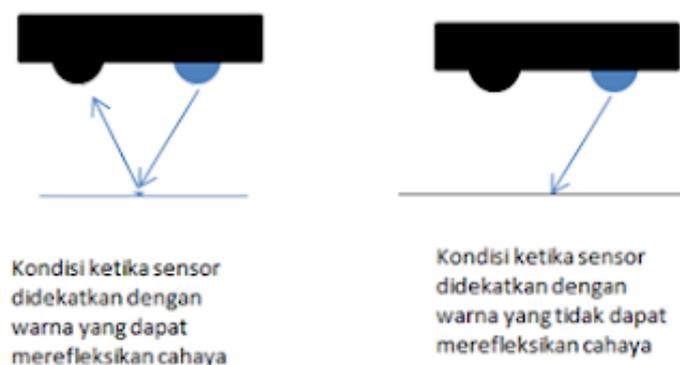
$$5V = 1mV \times 5$$

$$= 5mV \text{ untuk beban max } 5Kg$$

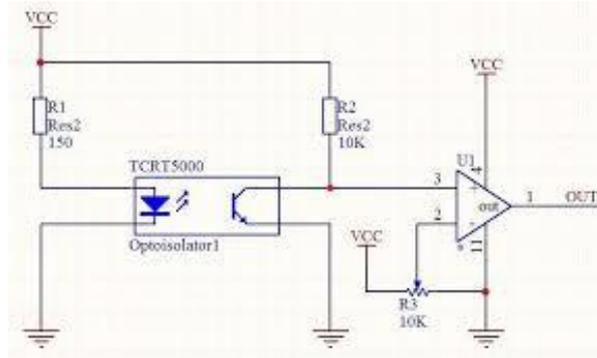
4.2 Pengujian Sensor Tetesan (TCRT5000)

Dalam sensor TCRT5000 terdapat 2 sensor infrared yang masing-masing berfungsi sebagai pemancar dan penerima, bentuknya seperti LED kecil, dari gambar diatas dapat dilihat Infrared yang berwarna biru berfungsi sebagai pemancar cahaya, dan yang berwarna hitam berfungsi sebagai penerima cahayanya.

Cara kerja dari sensor ini dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Cara kerja sensor TCRT5000.



Gambar 4.13 Skema sensor TCRT5000

Dari gambar diatas dapat kita pahami bahwa ketika sensor dihadapkan dengan benda yang dapat merefleksikan cahaya maka cahaya, maka cahaya akan diteruskan kepada sensor receiver. Jika sensor dihadapkan dengan benda yang tidak dapat merefleksikan cahaya, maka cahaya InfraRed tidak akan diteruskan. Dari hasil percobaan yang dilakukan, keluaran dari sensor akan bernilai LOW ketika dihadapkan dengan warna yang tidak dapat merefleksikan cahaya, misalnya dengan warna hitam, kemudian pada saat dihadapkan dengan benda/warna yang dapat merefleksikan cahaya keluaran dari sensor bernilai HIGH.

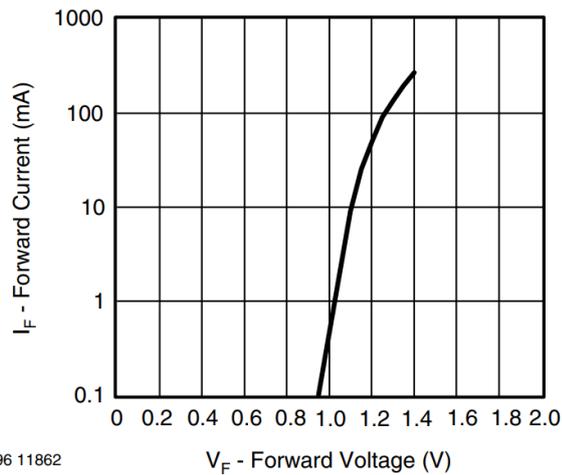
Features

- Package type: Leaded
- Detector type: Phototransistor
- Dimensions:
L 10.2 mm x W 5.8 mm x H 7.0 mm
- Peak operating distance: 2.5 mm
- Operating range: 0.2 mm to 15 mm
- Typical output current under test: $I_C = 1 \text{ mA}$
- Daylight blocking filter
- Emitter wavelength 950 nm
- Lead (Pb)-free soldering released
- Lead (Pb)-free component in accordance to RoHS 2002/95/EC and WEEE 2002/96/EC



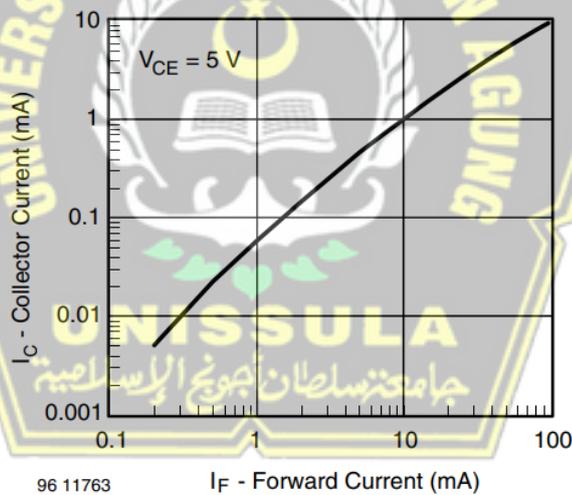
Keterangan :

Untuk spektrum Photodiode ada sebesar 840nm - 950nm dan Panjang gelombang Infrared berkisar 700nm – 1mm. Didapati bahwa spektrum range Photodiode dapat menerima Panjang gelombang Infrared dengan baik.



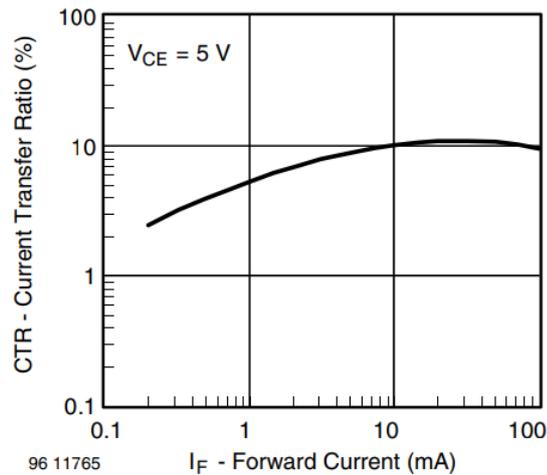
Gambar 4.14 Perbandingan arus terhadap tegangan kerja.

Pada grafik tersebut dijelaskan bahwa tegangan awal berada di 0,9V dengan beban arus sebesar 0,1mA dan akan meningkat pada titik tegangan 1,4V dengan beban arus sebesar lebih dari 100mA.



Gambar 4.15 Perbandingan arus kolektor terhadap arus utama.

Pada gambar 4.15 grafik tersebut dijelaskan pada penggunaan sensor TCRT5000 menggunakan tegangan kerja sebesar 5V DC. Arus pada sisi kolektor adalah kurang dari 0,01mA dapat dikatakan sangat kecil hingga 10x lipat dari arus utama nya sebesar 0,1mA.



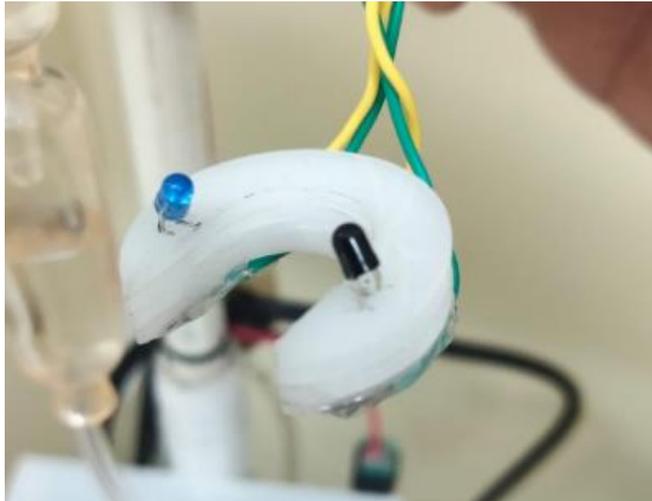
Gambar 4.16 Penghantar arus rasio terhadap arus utama.

Pada Gambar 4.16 grafik ini di jelaskan bahwa CTR / Penghantar Arus dalam Rasio adalah lebih dari 10% menghasilkan bebas arus sebesar 100mA dengan tegangan kerja sebesar 5V DC.

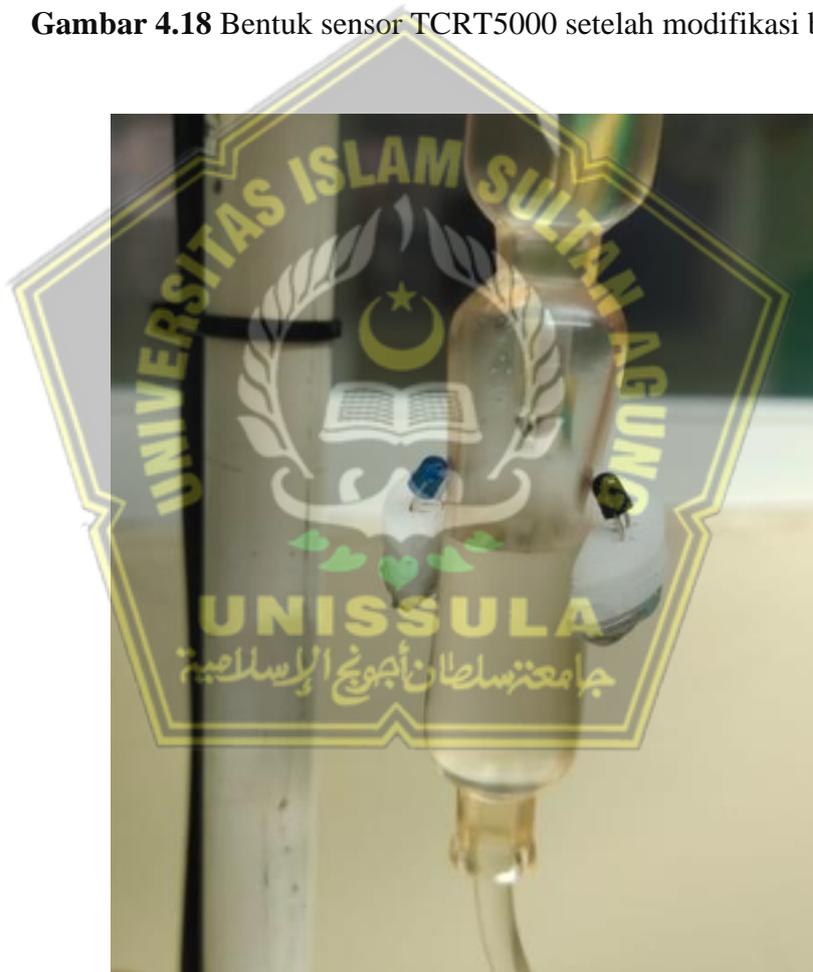
Jika pada bentuk asli sensor infrared (LED) dan phototransistor menghadap sejajar kedepan namun peneliti merubah bentuknya untuk membalikkan fungsi dimana aslinya adalah menerima pantulan dari infrared ke phototransistor maka fungsi dibalik dan kedua LED dalam hal ini adalah (Infrared dan phototransistor) saling berhadapan. Sistem kerjanya adalah jika terdapat tetesan infus melewati antara infrared dan phototransistor maka akan terdeteksi sebagai tetesan infus yang menetes. Dijelaskan pada gambar 4.17 sampai gambar 4.19.



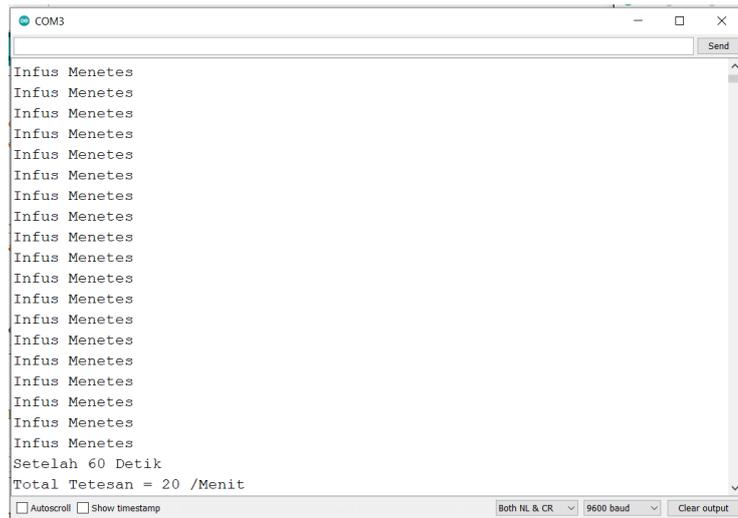
Gambar 4.17 Bentuk asli sensor TCRT5000 [36].



Gambar 4.18 Bentuk sensor TCRT5000 setelah modifikasi bentuk.

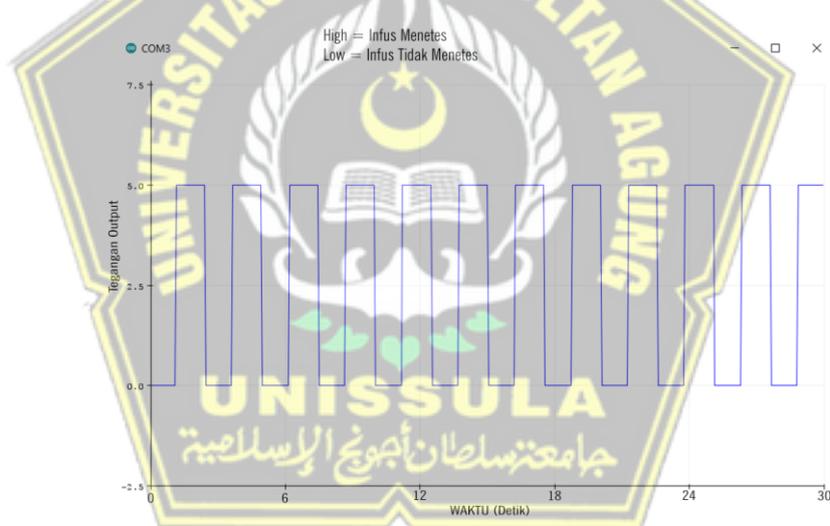


Gambar 4.19 Sensor TCRT5000 setelah modifikasi dan digunakan untuk menghitung tetesan infus.



Gambar 4.20 Hasil perhitungan tetesan infus selama 1 menit.

Pada gambar 4.20 diatas di jelaskan bahwa dalam 1 menit tetesan yang infus menetes sejumlah 20 tetes dan data tersebut akan dikirimkan melalui internet.



Gambar 4.21 Hasil pengukuran tegangan pada sensor TCRT5000 untuk tetesan infus.

Didalam gambar 4.21 tersebut dijelaskan bahwa jika adanya tetesan maka sensor akan mendeteksi HIGH dengan tegangan puncak sebesar 4,95V dan jika tidak ada tetesan maka sensor akan mendeteksi LOW atau 0 Volt.

4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem dan Alat

4.3.1 Pengujian cairan infus baru (500ml) dengan sensor berat (Loadcell) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian cairan infus baru 500ml.

No	Tanggal dan Waktu	Berat Infus (ml)	
		Infus 1	Infus 2
1.	2022-01-26 → 13:53:13	501	499
2.	2022-01-26 → 13:54:20	500	500
3.	2022-01-26 → 13:55:23	500	500
4.	2022-01-26 → 13:56:29	500	500
5.	2022-01-26 → 13:57:32	499	500
6.	2022-01-26 → 13:58:36	500	501
7.	2022-01-26 → 13:59:43	500	500
8.	2022-01-26 → 14:00:50	500	500
9.	2022-01-26 → 14:01:53	501	501
10.	2022-01-26 → 14:02:57	501	500

Dari table diatas memiliki kesimpulan nilai sebagai berikut.

Hasil Pengujian	Infus 1	Infus 2
Rata – Rata Nilai	500,2	500,1
Simpangan Baku	0,64	0,57
Banyak Data Uji Coba	10	10
Tingkat <i>Error</i> Sistem	0,2 %	0,1%

4.3.2 Pengujian cairan infus 1 berat awal 500ml dengan bukaan 20 tetes per menit terhadap sensor berat dan sensor penghitung tetesan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian bukaan 20 tetes per menit pada Infus 1.

No	Tanggal dan Waktu	Data	
		Infus 1 (ml)	Tetes Terdeteksi
1.	2022-01-26 → 15:20:13	500	14
2.	2022-01-26 → 15:21:40	500	18
3.	2022-01-26 → 15:22:43	498	23
4.	2022-01-26 → 15:23:50	497	21
5.	2022-01-26 → 15:24:52	496	20

6.	2022-01-26 → 15:25:58	495	20
7.	2022-01-26 → 15:27:03	494	21
8.	2022-01-26 → 15:28:10	493	20
9.	2022-01-26 → 15:29:12	492	20
10.	2022-01-26 → 15:30:18	491	20

Dari table diatas memiliki kesimpulan nilai sebagai berikut.

Hasil Pengujian	Infus 1	Keterangan
Rata – Rata Tetesan	19,7	Standar 20 TPM
Banyak Data Uji Coba	10	10
Tingkat <i>Error</i> Sistem	0,7%	Valid

4.3.3 Pengujian cairan infus 2 berat awal 500ml dengan bukaan 20 tetes per menit terhadap sensor berat dan sensor penghitung tetesan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengujian bukaan 20 tetes per menit pada Infus 2.

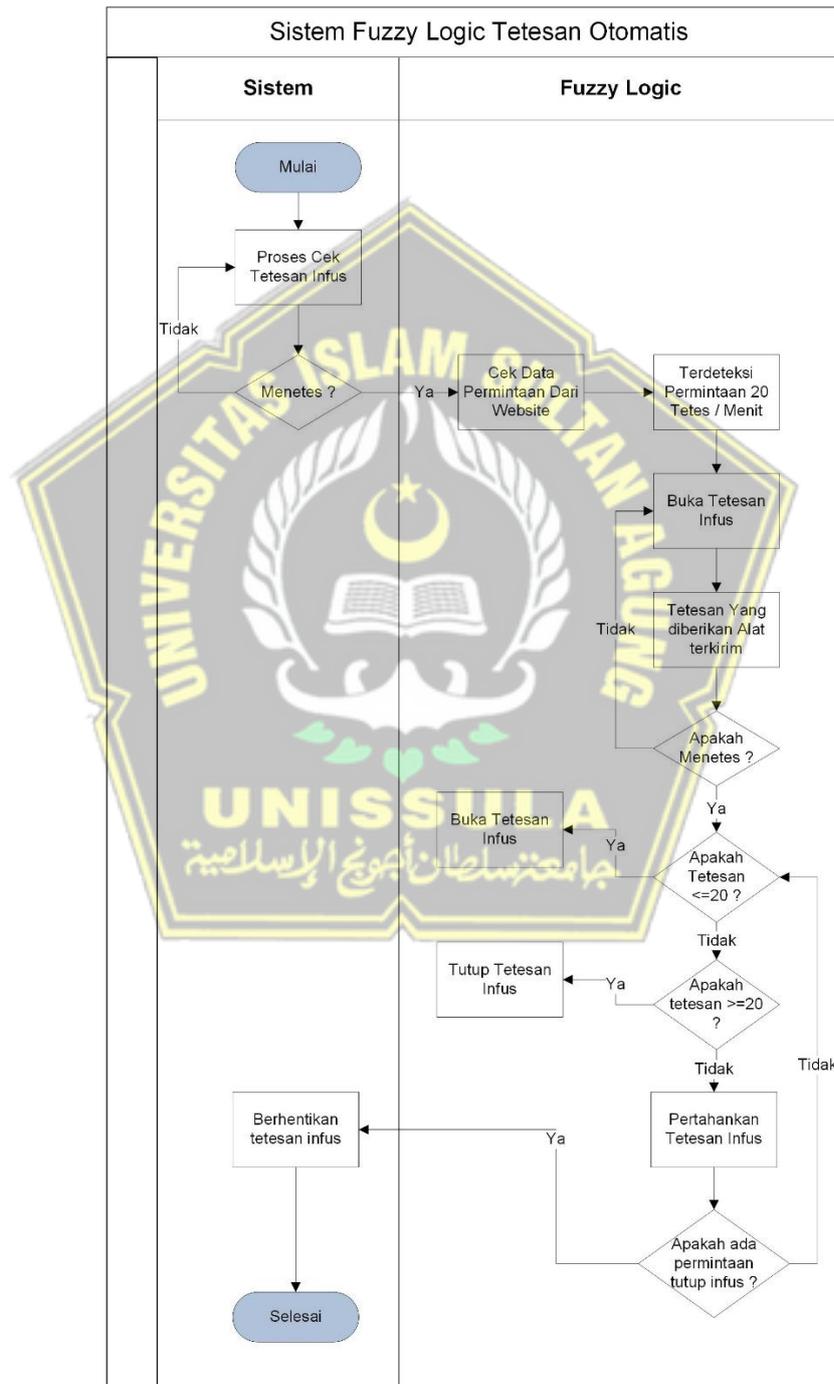
No	Tanggal dan Waktu	Data	
		Infus 2 (ml)	Tetes Terdeteksi
1.	2022-01-26 → 16:40:10	501	18
2.	2022-01-26 → 16:41:37	500	23
3.	2022-01-26 → 16:42:40	499	21
4.	2022-01-26 → 16:43:47	498	20
5.	2022-01-26 → 16:44:49	497	20
6.	2022-01-26 → 16:45:55	496	21
7.	2022-01-26 → 16:47:01	495	19
8.	2022-01-26 → 16:48:07	494	20
9.	2022-01-26 → 16:49:10	493	20
10.	2022-01-26 → 16:50:12	492	21

Dari table diatas memiliki kesimpulan nilai sebagai berikut.

Hasil Pengujian	Infus 2	Keterangan
Rata – Rata Tetesan	20,3	Standar 20 TPM
Banyak Data Uji Coba	10	10
Tingkat <i>Error</i> Sistem	0,4%	Valid

4.4 Alur Fuzzy Logic pada sistem Tetesan Infus Otomatis

Diagram alur dibawah ini ada sistem kerja penggunaan fuzzy logic untuk mengoptimalkan akurasi tetesan yang di inginkan oleh tenaga medis, dan alat kerja akan mendeteksi secara otomatis dan menyesuaikan dengan sendirinya dan mengusahaakan agar tetesan tepat / sesuai permintaan. Dijelaskan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Alur Fuzzy Logic sistem Tetesan Otomatis.

Keterangan Alur Fuzzy Logic :

Pada gambar 4.22 di jelaskan bahwa setiap permintaan akan di analisis oleh program yang sudah dilengkapi oleh metode fuzzy logic, setiap perulangan dilakukan selama 1 menit sekali untuk pengujian tiap variable tetesan yang di berikan alat, dan sistem akan memproses untuk melakukan penyesuaian dengan data yang diminta oleh tenaga medis. Proses ini berjalan otomatis dan realtime yang setiap saat bias di monitoring oleh dokter / perawat.

4.5 Amankah Sensor TCRT 5000 dengan basis sensor Phototransistor bagi cairan infus.

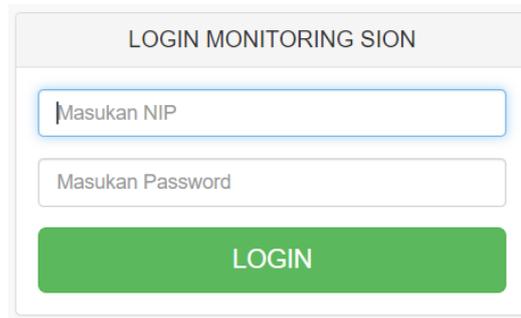
Pada penelitian ini menggunakan dua jenis sensor optik, yaitu photodiode dan phototransistor dan dua jenis pemancar cahaya, yaitu Red LED dan InfraRed. Photodiode dan phototransistor merupakan jenis sensor yang dapat menerima cahaya, baik cahaya tampak ataupun cahaya yang tak tampak. Red LED merupakan komponen yang dapat memancarkan cahaya tampak berwarna merah, sedangkan InfraRed merupakan komponen yang dapat memancarkan cahaya tak tampak. Proses pengambilan data menggunakan konfigurasi refleksi, yaitu: antara pemancar dan penerima dipasang secara. Pada konfigurasi refleksi pemancar memancarkan gelombang cahaya dan dipantulkan ke penerima. Besar intensitas cahaya yang diterima oleh penerima dipengaruhi oleh volume darah yang mengalir pada suatu organ. Pada penelitian diatas ditunjukkan bahwa sensor phototransistor tidak memiliki dampak apapun terhadap kesehatan, dan justru dapat bermanfaat untuk kesehatan jika di gunakan dengan baik[37].

4.6 Pengembangan Fitur dan Tampilan Notifikasi Website

Link website untuk pengujian adalah <http://sion.twobeemicro.store/>

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh penulis berikut rancangan software yang telah di kembangkan, maka dapat di implementasikan sebagai berikut :

4.6.1 Tampilan Form Login



LOGIN MONITORING SION

Masukan NIP

Masukan Password

LOGIN

Gambar 4.23 Tampilan Form Login.

Ini adalah bentuk tampilan dari form login pada *Smart Infusion Online* (SION). Login ini khusus pengguna dalam hal ini adalah perawat dan dokter.

4.6.2 Tampilan Jika Infus Online Dalam Keadaan Baik.



MONITORING DATA SION - SMART INFUSION ONLINE

SION "Smart Infusion On

1 2 3

Pasien Infus 1 Infus 2 Status

LAWLAW ELC 500 ml 500 ml Lancar

Data Pasien Rawat Inap

No	ID Alat	No Rekam Medik	Nama Lengkap	Alamat	Tempat Tanggal Lahir	Umur	Jenis Kelamin	Opsi
1	1002	14086	LAWLAW ELC	Jalan Kyai Toyib Gunung Pati	31 Mei 1996	22	Laki-Laki	Lancar

Monitoring Infus

ID	Tanggal dan Waktu	Infus 1	Infus 2	ID Alat	Opsi
853	2022-01-29 15:11:32	500	500	1001	Lancar

Jumlah Pemakaian Infus Pasien

ID	Tanggal dan Waktu	Nama Pasien	Total Pemakaian	Opsi
701	2022-01-26 13:53:13	LAWLAW ELC	5	Lancar

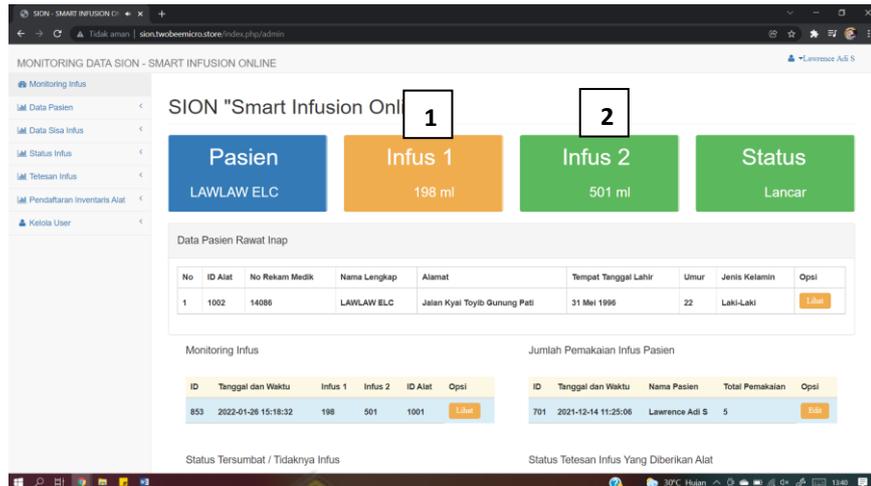
Status Tersumbat / Tidaknya Infus

Status Tetesan Infus Yang Diberikan Alat

Gambar 4.24 Tampilan jika infus online dalam keadaan baik.

Pada gambar 4.24 di jelaskan bahwa jika infus dalam keadaman normal maka pada poin 1 / poin 2 akan berwarna hijau. Warna hijau ini diambil dari sisa infus1 / infus2 yang nilainya lebih dari 200 ml dan poin 3 berisi status infus yang lancar.

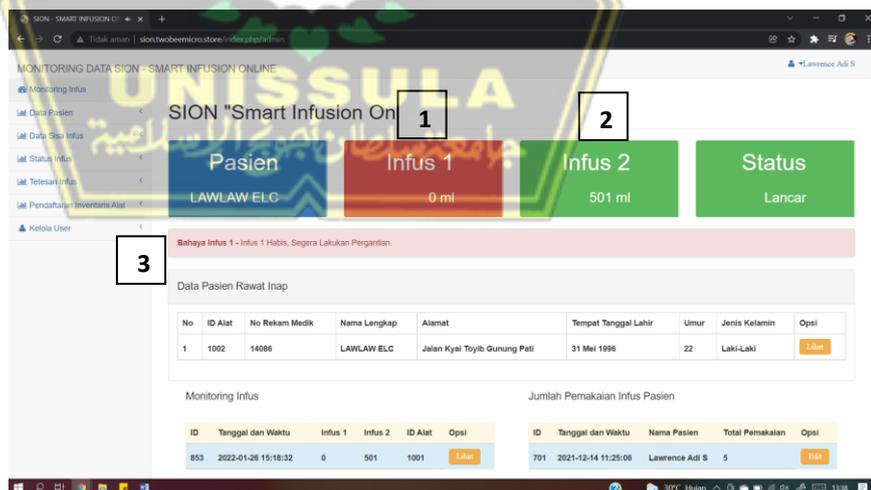
4.6.3 Tampilan Jika Infus Akan Habis.



Gambar 4.25 Tampilan jika infus akan habis.

Pada gambar 4.25 di jelaskan bahwa jika infus dalam keadaan akan habis / mendekati habis maka pada poin 1 / poin 2 akan berwarna kuning dan berbunyi kesiapan untuk mengganti infus, pada contoh sekarang adalah pada poin 1. Warna kuning ini diambil dari sisa infus1 / infus2 yang nilainya $\leq 200\text{ml}$ dan $> 10\text{ml}$.

4.6.4 Tampilan Darurat Jika Infus Habis.

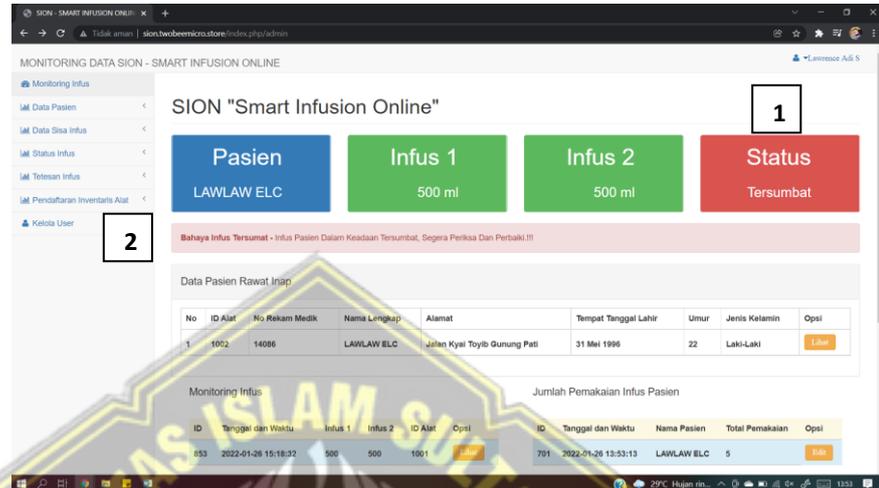


Gambar 4.26 Tampilan darurat jika infus habis.

Pada gambar 4.26 di jelaskan bahwa jika infus dalam keadaan habis maka pada poin 1 / poin 2 akan berwarna merah serta memberikan

pesan dan bunyi yang ditunjukkan pada poin 3, pada contoh sekarang adalah pada poin 1. Warna merah ini diambil dari sisa infus1 / infus2 yang nilainya kurang dari 10ml.

4.6.5 Tampilan Jika Selang Infus Tersumbat.

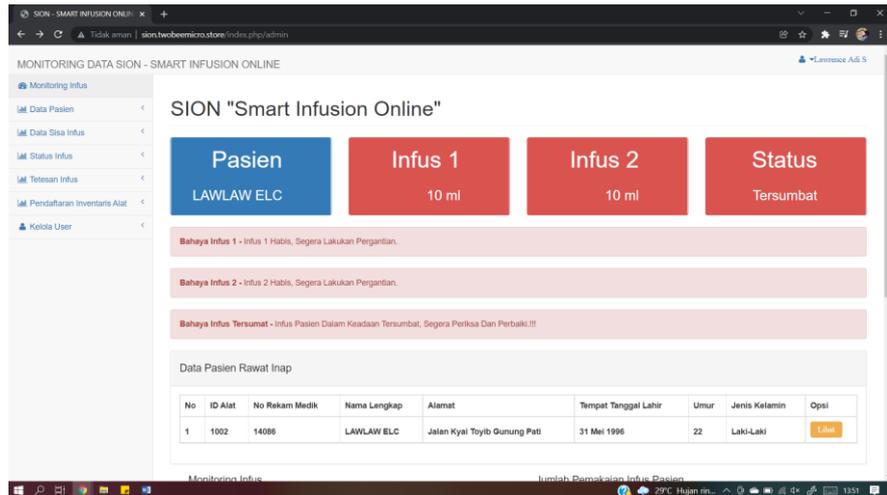


Gambar 4.27 Tampilan jika selang infus tersumbat.

Pada gambar 4.27 di jelaskan bahwa jika selang infus dalam keadaan tersumbat maka pada poin 1 akan berwarna merah serta memberikan pesan dan bunyi yang ditunjukkan pada poin 2. Warna merah ini diambil dari jumlah tetesan per menit, apabila dalam satu menit infus tidak menetes maka alat akan mengirimkan data ke website.

4.6.6 Tampilan Jika Darurat Sistem

Pada gambar 4.28 di jelaskan bahwa jika kedua infus habis total dan secara otomatis infus akan menutup dengan sendirinya berakibat status tersumbat di karenakan infus menutup salurannya agar udara tidak masuk dalam pembuluh darah yang dapat mengakibatkan emboli udara. Pesan singkat yang berwarna merah dan memberikan peringatan suara untuk segera dilakukan pemeriksaan dan pergantian infus.



Gambar 4.28 Tampilan jika darurat infus.

4.6.7 Tampilan Data Penunjang Pada Menu Utama



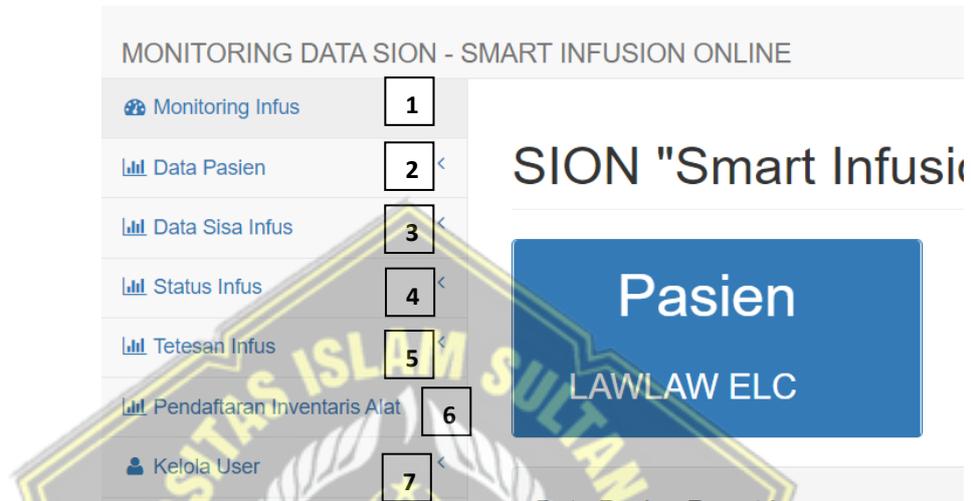
Gambar 4.29 Tampilan data penunjang pada menu utama.

Keterangan Gambar 4.29 adalah sebagai berikut:

- Poin 1 : Data pasien yang sedang dirawat menggunakan alat tersebut.
- Poin 2 : Data sisa infus secara detail dengan tambahan tanggal dan waktu.
- Poin 3 : Data Status tersumbat atau tidak nya selang infus pasien.
- Poin 4 : Data terakhir diubahnya tetesan cairan infus pasien. Terdapat juga fitur pengubah tetesan jarak jauh dan penutup tetesan infus jarak jauh.

- Poin 5 : Data pemakaian cairan infus yang diberikan pasien selama rawat inap.
- Poin 6 : Data tetesan infus per menit (TPM) yang sedang berlangsung.

4.6.8 Sub Menu dan Fitur Monitoring Sistem



Gambar 4.30 Fitur Monitoring Sistem.

Keterangan Gambar 4.30 adalah sebagai berikut:

- Poin 1 : Menu tampilan awal untuk monitoring cairan infus beserta fitur notifikasi secara *realtime*.
- Poin 2 : Detail data pasien yang menggunakan alat tersebut.
- Poin 3 : Detail data sisa cairan infus dari penggunaan awal sampai akhir atau selesai rawat inap.
- Poin 4 : Detail data status selang infus (tersumbat / lancar) dari penggunaan awal sampai akhir atau selesai rawat inap.
- Poin 5 : Detail data tetesan infus dari penggunaan awal sampai akhir atau selesai rawat inap.
- Poin 6 : Form untuk mendaftarkan ID Alat ke sistem monitoring terpusat.
- Poin 7 : Form untuk pendaftaran user baru yang akan mengakses kedalam sistem. Dalam hal ini pendaftaran untuk sisi perawat dan tim kesehatan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan hasil perancangan sistem ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan sistem yang baru disimpulkan bahwa kelebihan alat ini sebagai berikut:
 - a. Alat dapat mendeteksi sisa infus dan berganti otomatis ke infus cadangan apabila infus habis dan notifikasi jika terjadi gangguan.
 - b. Alat dapat mengitung laju tetesan infus per menit.
 - c. Pengontrol laju tetesan infus dapat dikendalikan secara jarak jauh melalui website yang terhubung dengan alat dan dapat menyesuaikan otomatis dengan metode Fuzzy Logic.
2. Uji coba awal berupa berat infus baru di ukur dan menghasilkan data error sistem sebesar 0,1% - 0,2% yang menunjukkan bahwa alat dan algoritma fuzzy berjalan efektif.
3. Pengujian bukaan infus jarak jauh, pengukuran berat infus secara berkala, dan tetesan infus sesuai permintaan sudah dilakukan uji coba dan menghasilkan data rata-rata tetesan tetesan adalah 19,7 dengan permintaan 20 tetesan dan memiliki tingkat error 0,4% hingga 0,7%.

5.2 Saran

Dari kesimpulan di atas dan sistem yang telah dibuat, maka dapat diajukan beberapa saran sebagai bahan pertimbangan guna pengembangan lebih lanjut, yaitu seperti berikut :

1. Dari sistem yang telah dirancang masih terdapat kekurangan-kekurangan di dalamnya, maka bisa dikembangkan dengan cara menambahkan aplikasi yang mendukung untuk handphone Android / iPhone.

Daftar Pustaka

- [1] R. S. Hartanti and M. P. Aji, "Analisis Konsentrasi Cairan Infus Terhadap Tegangan Pada Sensor Infus," *J. Ilmu Pendidik. Fis.*, vol. 1 No 2, no. September, pp. 45–48, 2016, doi: 2477-8451.
- [2] R. Arviza, "Emboli Udara," *REFFERATE*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [3] D. NATALIANA, N. TARYANA, and E. RIANDITA, "Alat Monitoring Infus Set pada Pasien Rawat Inap Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 4, no. 1, p. 1, 2016, doi: 10.26760/elkomika.v4i1.1.
- [4] R. Agussalim, A. Adnan, and M. Niswar, "Monitoring Cairan Infus Berdasarkan Indikator Kondisi Dan Laju Cairan Infus Menggunakan Jaringan Wifi," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 8, no. 3, p. 145, 2019, doi: 10.33096/ilkom.v8i3.69.145-152.
- [5] Y. A. Wicaksono, "Sistem Monitoring Infus Menggunakan LoadCell Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dan Web," *ELKOM J. Elektron. dan Komput.*, vol. 10, no. 1, p. 12, 2017.
- [6] H. MUHAMAD, *SISTEM MONITORING INFUS MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA 2560*, vol. 102, no. 4. 2017.
- [7] R. T. Yunardi *et al.*, "PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL DAN PEMANTAUAN TETESAN CAIRAN INFUS OTOMATIS BERBASIS LABVIEW DENGAN LOGIKA FUZZY," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. (JTIK)*, vol. 5, no. 4, pp. 403–410, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201854766.
- [8] H. Msy Hartina Ulfa, Sigit Purwanto, "PROTOTYPE SEDERHANA ALAT MONITORING ALIRAN DARAH NAIK KE SELANG INFUS A SIMPLE PROTOTYPE BLOOD FLOW MONITORING TOOL GOES UP TO THE INFUSION HOSE," *J. Keperawatan Sriwij.*, vol. 6, no. 2355, p. 8, 2019.
- [9] R. Maharani, A. Muid, U. Ristian, J. Rekayasa, and S. Komputer, "SISTEM MONITORING DAN PERINGATAN PADA VOLUME CAIRAN INTRAVENA (INFUS) PASIEN MENGGUNAKAN," vol. 07, no. 03, 2019.
- [10] D. K. Abadi, A. Kholiq, and S. Luthfiah, "Pemantauan Infus Pump Secara Wireless Menggunakan Modul RF HC-11," *TEKNOKES*, vol. 12, no. 2, pp. 1–8, 2019, doi: 10.35882/teknokes.v12i2.1.
- [11] I. Suhendra, "Aplikasi Load Cell Untuk Otomasi Pada," *Apl. LOAD CELL UNTUK OTOMASI PADA DEPOT AIR MINUM ISI ULANG*, vol. Volume 1,N, no. November, 2016.
- [12] H. Pranjoto *et al.*, "OTOMATIS LEWAT PARAMETER BERAT MENGGUNAKAN JARINGAN NIRKABEL Fakultas Keperawatan ,

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya sebuah set infus seperti pada Gambar 1, lain dengan melakukan penghitungan jumlah tetesan yang telah,” pp. 11–21.

- [13] Abdul Kadir, “Pengenalan Sistem Informasi Edisi Revisi,” *Edisi Revisi*. 2014.
- [14] mercy corps, “Design, Monitoring and Evaluation GUIDEBOOK,” in *Design, Monitoring and Evaluation GUIDEBOOK*, 1st ed., no. August, America: Mercy Coprs, 2005, p. 63.
- [15] W. Wayunah, E. Nurachmah, and S. Mulyono, “Pengetahuan Perawat Tentang Terapi Infus Mempengaruhi Kejadian Plebitis dan Kenyamanan Pasien,” *J. Keperawatan Indones.*, vol. 16, no. 2, pp. 128–137, 2013, doi: 10.7454/jki.v16i2.12.
- [16] M. Siska, “Rancang bangun sistem pemantauan sisa cairan infus dan pengendalian aliran infus menggunakan jaringan nirkabel,” p. 109, 2016.
- [17] Syahrul, “SISTEM PEMANTAUAN INFUS PASIEN TERPUSAT,” *J. Tek. Komput.*, vol. 17, no. 112, pp. 1–27, 2009.
- [18] A. B. Santoso, “PEMBUATAN OTOMASI PENGATURAN KERETA API, Pengereman, dan Palang Pintu pada Rel Kereta Api Mainan Berbasis Mikrokontroler,” *J. FEMA*, vol. 1, pp. 16–23, 2013.
- [19] M. Yusfi, “Pemanfaatan Sensor Fototransistor Dan Led Inframerah Dalam Pendeteksi Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroler At89S51,” *J. Ilmu Fis. / Univ. Andalas*, vol. 3, no. 2, pp. 80–85, 2011, doi: 10.25077/jif.3.2.80-85.2011.
- [20] R. Sistem, A. Setiawan, and A. I. Purnamasari, “Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan Perumahan,” *J. RESTI*, vol. 1, no. 10, pp. 6–9, 2019.
- [21] L. Erawan, “Dasar-Dasar PHP,” in *Udinus*, 1st ed., Semarang: Fasilkom, 2014, pp. 1–47.
- [22] A. R. K. Lena, “Pengertian PHP dan MySQL,” *Ilmu Teknol. Inf.*, pp. 2–3, 2015.
- [23] H. Handayani, “Xampp,” *Ilmu Teknol. Inf.*, pp. 1–3, 2008, [Online]. Available: <http://ilmuti.org/wp-content/uploads/2014/05/Henni-Handayani-XAMPP.pdf>.
- [24] M. K. Timur Dali Purwanto, *Pemrograman C & C ++*, 1st ed. Palembang, 2013.
- [25] M. A. Bakri, “Studi Awal Implementasi Internet Of Things Pada Bidang Pendidikan,” *JREC (Journal Electr. Electron.*, vol. 4, no. 1, pp. 18–23, 2018, doi: 10.33558/jrec.v4i1.565.

- [26] R. Rittenberry, "Hands-on technology.," *Occup. Health Saf.*, vol. 74, no. 2, p. 24, 2005.
- [27] Haige Elektronik, "Single-Channel DC Motor Driver HG7881C," pp. 1–4.
- [28] S. Kusumadewi, "Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)," *Artif. Intell. (Teknik dan Apl.)*, 2003.
- [29] H. P. Sri Kusumadewi, *Fuzzy logic application for decision support*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [30] A. P. H. Lamria Manalu, "Artificial Intelligence (AI) Susun Angka Bentuk Kotak 4 X 4," *J. Tek. Inform. Unika St. Thomas (JTIUST)*, Vol. 03 Nomor 01, Juni 2018, ISSN 2548-1916 *Artif.*, vol. 03, no. 479, pp. 2548–1916, 2018.
- [31] E. Haerani, "Analisa Kendali Logika Fuzzy Dengan Metode Defuzzifikasi COA (Center of Area), Bisektor , MOM (mean of Maximum), LOM (Largest of Maximum), DAN SOM (Smallest of Maximum)," *J. Sains dan Teknol. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 245–253, 2013.
- [32] A. Atina, "Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis," *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 1, no. 1, p. 28, 2019, doi: 10.31851/jupiter.v1i1.3123.
- [33] M. Nega, E. Susanti, and A. Hamzah, "Internet Of Things (Iot) Kontrol Lampu Rumah Menggunakan Nodemcu Dan Esp-12e Berbasis Telegram Chatbot," *J. Scr.*, vol. 7, no. 1, pp. 88–99, 2019.
- [34] Yuhan Fitria, "Prototipe Sistem Buka Tutup Bascule Bridge Otomatis untuk Perlintasan Kapal Berbasis Arduino Mega," *Elektro, Jur. Tek. Fak. Jember, Univ.*, p. 65, 2018.
- [35] Robotshop, "Datasheet 3133-Micro Load Cell (0-5kg)-CZL635 What do you have to know?," *Robotshop*, p. 4, 2011, [Online]. Available: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/datasheet-3133.pdf>.
- [36] V. Semiconductors, "Vishay Semiconductors BLOCKING FILTER PARAMETER SYMBOL Vishay Semiconductors Reflective Optical Sensor with PARAMETER PARAMETER," *Pulse*, pp. 1–6, 2002.
- [37] A. H. Noviyanto, "Pengujian Sensor Cahaya Phototransistor Dan Photodiode Pada Pemantau Denyut Jantung Dengan Metode Photoplethysmograph Refleksi," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 1,