

# Infus Pintar untuk Meminimalisasi Terjadinya Penyumbatan pada Selang Infus Terintegrasi Fuzzy Logic

Krisna Seiya Ekiawan<sup>1</sup>, Evlyn Lydia<sup>2</sup>, Verousson Ahmad<sup>3</sup>, Eka Maulana<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Kota Malang, 65145, email: ekiawan28@student.ub.ac.id

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Kota Malang, 65145, email: evlynlydia@student.ub.ac.id

<sup>3</sup>Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Kota Malang, 65145, email: verouss@student.ub.ac.id

<sup>4</sup>Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Kota Malang, 65145, email: ekamaulana@ub.ac.id

Corresponding Author: Krisna Seiya Ekiawan

**INTISARI** — Perkembangan teknologi berperan penting dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam pemberian infus intravena. Infus digunakan untuk berbagai tujuan medis, seperti menggantikan cairan tubuh, menjaga keseimbangan elektrolit, dan memperbaiki fungsi ginjal. Namun, pengawasan infus saat ini masih manual dan rentan terhadap kesalahan serta kurang efisien karena keterbatasan tenaga medis. Keterlambatan dalam mengganti infus dapat menimbulkan risiko komplikasi, seperti pembentukan gumpalan darah pada selang infus atau bahkan sirkulasi balik darah. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi sistem pemantauan otomatis menggunakan *smart infusion* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan integrasi *fuzzy logic*. Sistem ini dilengkapi dengan alarm peringatan untuk kondisi kritis, seperti habisnya infus atau penyumbatan selang. Data dari sensor terintegrasi dengan *fuzzy logic* dikirim secara *real-time* ke platform Firebase yang dapat diakses oleh tenaga medis. *Smart infusion* meningkatkan pengawasan infus dengan akurasi yang, mengurangi risiko kesalahan dalam pemberian infus, dan meningkatkan keselamatan pasien secara signifikan. Perancangan alat mengedepankan metode pemrototipean dan pengambilan data uji alat meliputi tiga hal, yaitu kinerja komponen, performansi alat, data simulasi *fuzzy logic*, dan uji performa sistem alat *smart infusion* dan *fuzzy logic*. Rancangan alat pemantauan aliran infus otomatis dengan Sensor TCRT5000 dan Load Cell serta penerapan *fuzzy logic* dapat mendeteksi tetesan cairan infus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mencapai tingkat keberhasilan sebesar 98,2% dengan nilai acuan 20 tetes dalam 1 menit, serta tetap mempertimbangkan berat terukur.

**KATA KUNCI** — Tetesan infus, Berat infus, Penyumbatan infus, *Fuzzy logic*, *Internet of Things*

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini sangatlah diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Banyaknya tuntutan kemudahan dan ketepatan dari segala pekerjaan turut berkontribusi dalam berkembangnya teknologi. Hal ini juga selaras dengan manfaat dari teknologi itu sendiri yaitu untuk mengurangi dan meminimalisasi kesalahan dalam melakukan suatu aktivitas, seperti pemberian cairan infus yang diberikan kepada pasien oleh tenaga kesehatan secara intravena. Infus adalah pemberian cairan yang dilakukan melalui pembuluh darah vena pasien. Cairan infus yang diberikan dapat bermacam-macam tergantung tujuan pemberian infus dan kondisi pasien.

Cairan diberikan untuk mengatasi diare, menggantikan cairan dan elektrolit yang hilang, menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit, serta meningkatkan pengeluaran metabolit nitrogen pada pasien dengan penyakit ginjal akut [1]. Pentingnya tujuan dari pemberian infus harus diikuti dengan tanggung jawab dan ketelitian yang tinggi dalam melakukannya. Hal ini dikarenakan monitoring infus masih dilakukan secara manual oleh tenaga kesehatan dengan mengeceknya setiap waktu. Hal ini dianggap kurang efektif karena tenaga medis tidak selalu ada di samping pasien dan bisa menyebabkan kesalahan karena keterbatasan manusia.

Keterlambatan dalam melakukan penggantian cairan infus memiliki potensi untuk menimbulkan komplikasi pada pasien, di antaranya adalah peningkatan risiko sirkulasi balik darah menuju selang infus. Fenomena ini termasuk dalam mekanisme protektif tubuh untuk mencegah udara dari selang infus masuk ke dalam pembuluh darah. Meskipun demikian, darah yang

masuk ke dalam selang infus memiliki potensi untuk membentuk gumpalan darah (*clot*) dan jika gumpalan tersebut masuk ke dalam pembuluh darah, dapat menyebabkan penyumbatan serupa dengan emboli udara. Pembentukan bekuan darah dapat berpotensi menghambat kelancaran aliran cairan infus yang diberikan kepada pasien dan berdampak pada kinerja penyampaian cairan yang optimal dan mengganggu homeostasis pasien [2][3]. Tindakan untuk mengatasi *blood clotting* harus dilakukan dengan segera karena dapat menyebabkan penyumbatan dalam pembuluh darah, bahkan berakibat fatal dengan menyebabkan kematian [4].

Studi sebelumnya mengenai pengembangan sistem kontrol dan pemantauan otomatis untuk tetesan cairan infus berbasis LabVIEW dengan *fuzzy logic* telah dilakukan. Namun, masih terdapat banyak pertimbangan untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas sistem, termasuk batasan data yang dapat mempengaruhi efisiensi sistem, pemilihan variabel dan parameter yang mungkin tidak mencakup semua faktor penting, serta kekurangan dalam verifikasi model dan evaluasi kinerja secara menyeluruh. Selain itu, studi sebelumnya menggunakan *fuzzy logic* model sugeno yang kompleks dan sulit dalam bentuk matematisnya. Pada pemilihan komponen seperti sensor untuk memonitoring jumlah tetesan pada studi tersebut menggunakan sensor optocoupler dinilai kurang efektif dan efisien untuk memonitoring jumlah tetesan karena dari segi ekonomis mempunyai perbandingan yang jauh dengan sensor TCRT5000 untuk kegunaan monitoring jumlah tetesan infus [5].

Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan sistem dan alat monitoring otomatis yang dapat mengatur jumlah tetesan infus dan mendeteksi berat infus agar pengawasan dapat lebih terjaga dan meminimalisasi adanya kesalahan dari tenaga kesehatan yang lebih efektif, efisien, ergonomis, dan dapat dijangkau oleh tenaga kesehatan dengan mudah. Selain mengatasi permasalahan utama, inovasi yang diciptakan tentunya harus mengedepankan kenyamanan pasien yang memakainya. *Smart infusion* berbasis IoT terintegrasi *fuzzy logic* hadir sebagai monitoring infus otomatis yang dapat mengatur jumlah tetesan infus dan mendeteksi berat infus guna meminimalisir terjadinya penyumbatan pada selang infus. Alat ini dilengkapi dengan alarm peringatan yang akan berbunyi pada keadaan tertentu, seperti infus telah habis atau terjadi penyumbatan pada selang infus.

Di samping itu, *smart infusion* menerapkan prinsip *Internet of Things* (IoT) sebagai kerangka utama dalam mengirimkan data dari pembacaan sensor terintegrasi *fuzzy logic*. Data tersebut dikirim ke platform Firebase, yang memungkinkan akses bagi tenaga medis guna memperoleh informasi yang relevan secara *real-time*.

## II. METODE DASAR PENGEMBANGAN KARYA

### A. STUDI LITERATUR

Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan studi literatur. Studi literatur digunakan untuk mencari informasi lebih dalam mengenai latar belakang masalah yang akan dibahas. Selain itu, studi literatur juga dilakukan dengan mencari data mengenai beberapa hal yang akan digunakan dalam pengembangan piranti cerdas ini, seperti pencarian data jumlah tetesan infus saat kondisi normal, sebab akibat penyumbatan pada selang infus, serta studi mengenai komponen-komponen yang akan digunakan pada pembuatan *smart infusion* nantinya.

### B. MEMBUAT DESAIN PERANCANGAN SMART INFUSION

Langkah awal perancangan *smart infusion* dimulai dengan pembuatan desain dari casing dan *smart infusion* agar lebih efektif dan efisien dalam kerjanya sehingga lebih nyaman digunakan untuk pasien rawat inap. Kemudian merancang tata peletakan komponen-komponen di dalam casing. Komponen-komponen yang akan diletakan di dalam *smart infusion* adalah mikrokontroler, buzzer sebagai alarm peringatan, sensor untuk mendeteksi parameter yang telah ditentukan, dan baterai *rechargeable* yang memiliki daya tahan tinggi.

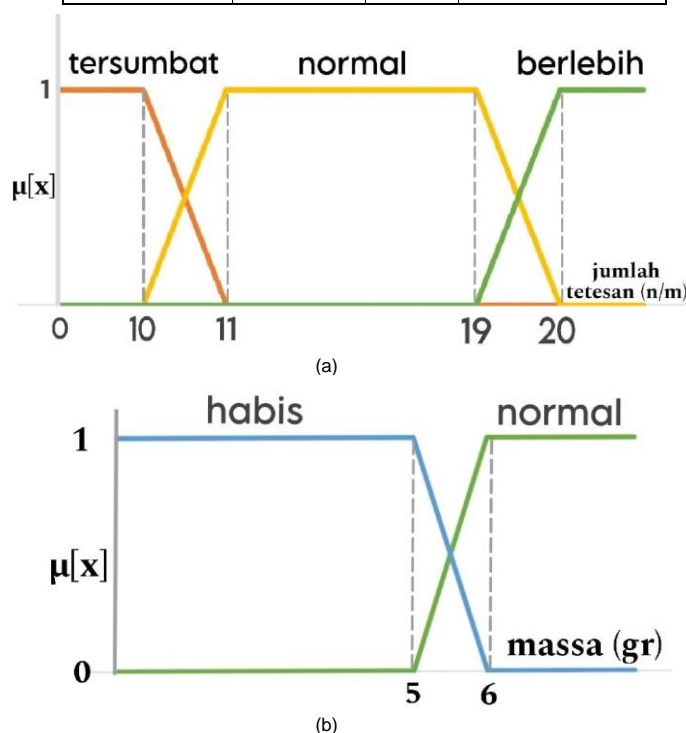
### C. PERANCANGAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (KECERDASAN BUATAN)

Setelah melakukan perancangan desain, selanjutnya adalah perancangan kecerdasan buatan menggunakan prinsip *fuzzy logic* pada *smart infusion*. *Smart infusion* dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi tetesan pada sistem infus (per menit) dan berat infus (g). Data dari hasil pembacaan sensor akan diolah menggunakan prinsip *fuzzy logic* sehingga *smart infusion* dapat mengklasifikasikan kondisi selang infus terjadi penyumbatan atau tidak. Hasil klasifikasi penyumbatan selang infus ini akan dapat diakses secara *real-time* oleh tenaga medis, pusat informasi rumah sakit, dan orang terdekat pasien yang telah mengunduh aplikasi *smart infusion*. Ketika kondisi selang infus terjadi penyumbatan dan membutuhkan perbaikan segera, *smart infusion* akan langsung mengirimkan notifikasi ke tenaga medis dan pusat informasi rumah sakit agar pihak rumah sakit bisa langsung mengirimkan tenaga medis untuk memperbaiki

segera selang infus agar tidak terjadinya hal yang tidak diinginkan. Alarm peringatan juga akan otomatis berbunyi agar pertolongan dapat lebih cepat diberikan saat perawat ada di dekat tempat tersebut. Fuzzy rules dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I  
FUZZY RULES

| Jumlah Tetesan (per menit) | Berat Infus (g) | Buzzer | Keterangan (Kondisi Infus) |
|----------------------------|-----------------|--------|----------------------------|
| $\leq 10$                  | $\geq 5.0$      | On     | Tersumbat                  |
|                            | $< 5.0$         | On     | Tersumbat, Habis           |
| 11-19                      | $\geq 5.0$      | Off    | Normal                     |
|                            | $< 5.0$         | On     | Habis                      |
| $\geq 20$                  | $\geq 5.0$      | On     | Berlebih                   |
|                            | $< 5.0$         | On     | Berlebih, Habis            |



Gambar 1. (a) Grafik jumlah tetesan, (b) Grafik berat infus

Gambar 1(a) menunjukkan grafik jumlah tetesan dimana sumbu x merepresentasikan jumlah tetesan (tetes/menit) dan sumbu y merepresentasikan *return*. Gambar 1(b) menunjukkan grafik berat infus dimana sumbu x merepresentasikan berat infus (gram) dan sumbu y merepresentasikan *return*.

### D. PERANCANGAN INTERNET OF THINGS (IOT)

Prinsip *Internet of Things* (IoT) ini digunakan untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor yang telah diolah menggunakan prinsip *fuzzy logic* ke firebase agar bisa diakses oleh tenaga medis, pusat informasi rumah sakit dan juga orang terdekat pasien yang telah mengunduh aplikasi *smart infusion*. Selain itu, prinsip *Internet of Things* juga digunakan untuk mengirimkan notifikasi kepada tenaga medis dan juga pusat informasi rumah sakit untuk mengontrol kondisi pasien jika

terdeteksi terjadinya penyumbatan pada infus dan pada saat infus habis.

**E. PEMBENTUKAN DAN PENGUJIAN PROTOTIPE SMART INFUSION**

Pembentukan dan pengujian prototipe dilakukan di Bengkel UB Tech Universitas Brawijaya. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh data yang riil akan penggunaan *smart infusion* untuk mengetahui kinerja alat, agar nantinya apabila terjadi hal yang masih belum tepat dapat segera dibenahi. Pengujian ini penting dilakukan karena dapat dijadikan tolak ukur keberhasilan kerja alat sehingga nantinya dapat diimplementasikan pada rumah sakit di seluruh Indonesia.

**F. EVALUASI DAN PENYEMPURNAAN SMART INFUSION**

Setelah dilakukan pengujian, kesalahan-kesalahan yang terdapat pada alat akan segera diperbaiki, baik dari sisi perangkat lunak maupun perangkat keras, melalui tahap ini, masalah yang menyebabkan alat tidak bekerja dengan semestinya dapat diperbaiki sehingga alat dapat diimplementasikan dan dikembangkan lebih lanjut.

**III. DESAIN PURWARUPA/MODEL**

**A. PENGGUNAAN KOMPONEN**

1) ESP 32 C3

Ultra-Low-Power SoC with RISC-V Single-Core CPU 2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n) and Bluetooth® 5 (LE) Optional 4 MB flash in the chip’s package QFN32 (5×5 mm) Package [6]. ESP 32 C3 digunakan sebagai mikrokontroler untuk menerima sinyal dan mengirim sinyal output yang dibutuhkan.

2) TCRT5000 SENSOR

Sensor garis TCRT5000 adalah perangkat yang menggabungkan sensor *infrared* sebagai pemancar dan fototransistor sebagai penerima yang menyatu dalam satu modul. Fototransistor adalah tipe transistor yang menggunakan basis seperti fotokonduktor, di mana performa basisnya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Prinsip kerjanya adalah fototransistor tidak akan mengalirkan arus (I) dari kolektor (C) ke emitor (E) jika tidak mendapat cahaya, dan sebagai akibatnya, tegangan keluaran (Vout) akan meningkat [7]. Sensor TCRT5000 berfungsi sebagai kombinasi antara sensor *infrared* dan fototransistor yang bertindak sebagai detektor perubahan intensitas cahaya dalam konteks penggunaannya pada perangkat *smart infusion*.

3) LOADCELL DENGAN MODUL HX711

Load Cell adalah komponen sentral yang terdapat dalam timbangan digital yang digunakan untuk mengukur massa suatu objek. Secara umum, sensor load cell terdiri dari berbagai komponen, termasuk strain gauge konduktor, Wheatstone, dan jembatan [8]. Modul HX711 adalah suatu komponen penguat yang seringkali diterapkan dalam sirkuit timbangan digital untuk mengubah sinyal analog yang dihasilkan oleh load cell menjadi sinyal digital.

4) BUZZER

Buzzer digunakan sebagai alat peringatan dalam situasi-situasi khusus, seperti ketika laju aliran infus berada di atas ambang batas yang ditentukan atau ketika volume infus mencapai tingkat yang kritis. Buzzer diaktifkan oleh perangkat lunak saat kondisi yang memenuhi kriteria peringatan muncul. Buzzer akan mengeluarkan suara atau bunyi yang dapat dikenali untuk memberikan informasi kepada pengguna mengenai adanya potensi masalah dalam sistem infus.

5) BATERAI LITHIUM ION POLYMER (LIPO) 3.7 VOLT 1500 MAH

Dalam pengembangan *smart infusion*, sumber daya yang dipergunakan adalah sebuah baterai Lithium Ion Polymer (LiPo) dengan tegangan 3.7 volt dan kapasitas 1500 miliampere hour (mAh). Baterai LiPo adalah jenis baterai yang dapat diisi ulang sehingga *smart infusion* dapat digunakan secara berulang dan memiliki dampak positif terhadap lingkungan. Baterai Lithium Ion Polymer (LiPo) diperkirakan memiliki kapasitas untuk menyediakan daya pada *smart infusion* selama periode 12 hingga 15 jam, dengan proses pengisian ulang yang memerlukan waktu sekitar 1 hingga 2 jam hingga baterai mencapai kapasitas penuh.

6) FIREBASE DATABASE

Firestore adalah sebuah layanan yang disediakan oleh Google untuk mempermudah pengembangan aplikasi oleh para pengembang [9]. Firestore, dikenal sebagai *Backend as a Service*, merupakan solusi yang ditawarkan oleh Google untuk mempercepat proses pengembangan aplikasi oleh para pengembang.

**B. ANALISIS FUNGSIONAL**

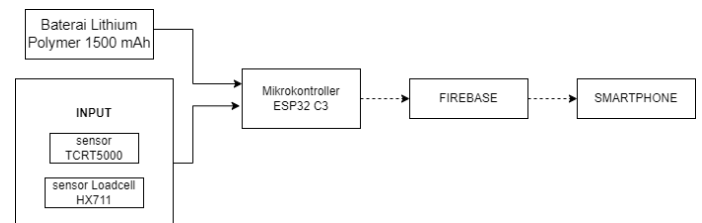
TABEL II  
ANALISIS FUNGSIONAL

| Nama Komponen               | Fungsi                                                                                  |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ESP 32 C3                   | Sebagai mikrokontroler untuk menerima sinyal dan mengirim sinyal output yang dibutuhkan |
| TCRT5000 Sensor             | Sebagai penangkap perubahan intensitas cahaya pada tetesan infus                        |
| Loadcell dengan modul HX711 | Sebagai sensor berat pada infus untuk mengetahui jumlah volume infus yang masih tersisa |
| Buzzer                      | Untuk memberitahu pengguna tentang adanya masalah pada sistem infus.                    |
| Baterai LiPo                | Sebagai sumber daya/power source pada alat                                              |

**IV. SKEMA RANGKAIAN ALAT**

**A. DIAGRAM BLOK SISTEM KERJA SMART INFUSION**

Berikut adalah gambar diagram blok sistem kerja antar rangkaian alat *smart infusion*.

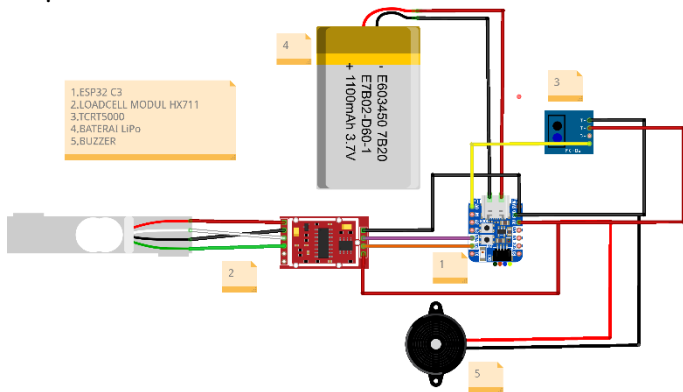


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kerja

*Smart infusion* terdiri dari beberapa bagian yaitu suplai daya, input, output, mikrokontroler, dan database. Suplai daya berasal dari baterai LiPo 3.7 volt dengan kapasitas 1500 mAh. Komponen input terdiri dari sensor TCRT5000 dan sensor load cell HX711. Database menggunakan firebase yang dapat

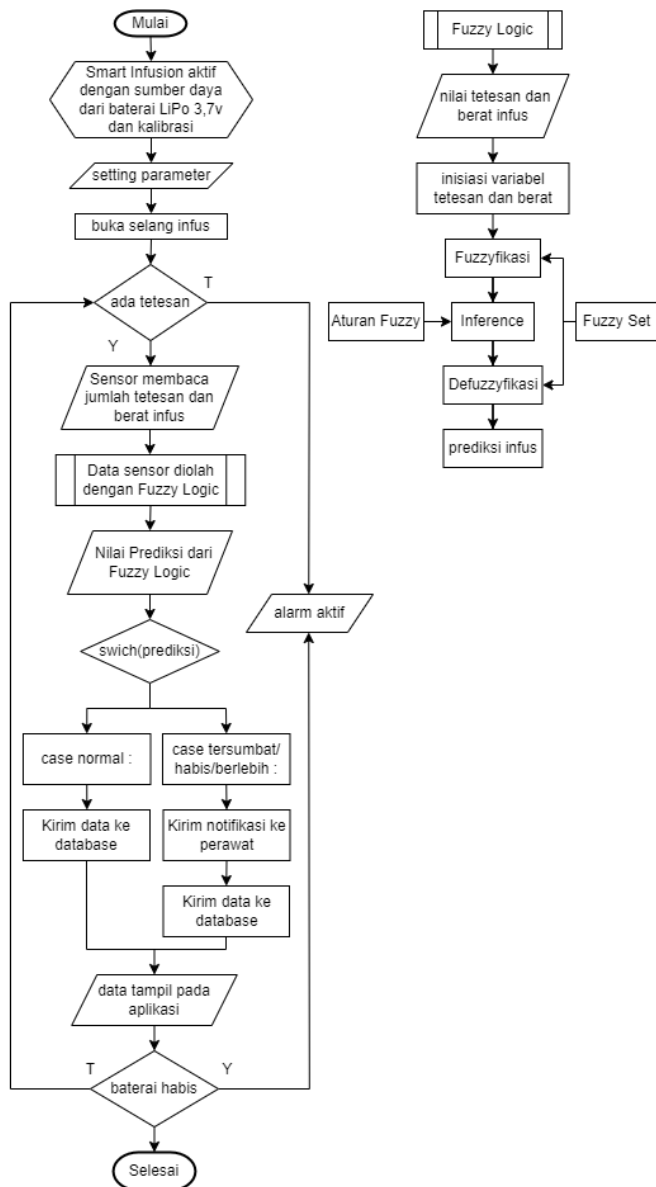
melakukan pertukaran data secara *wireless* dengan mikrokontroler dan aplikasi pada *smartphone*.

**B. RANGKAIAN ELEKTRONIK SMART INFUSION**



Gambar 2. Rangkaian elektronik *smart infusion*

**C. FLOWCHART ALUR KERJA ALAT**



Gambar 3. Alur kerja alat

**V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. KINERJA KOMPONEN**

TABEL III  
KINERJA KOMPONEN

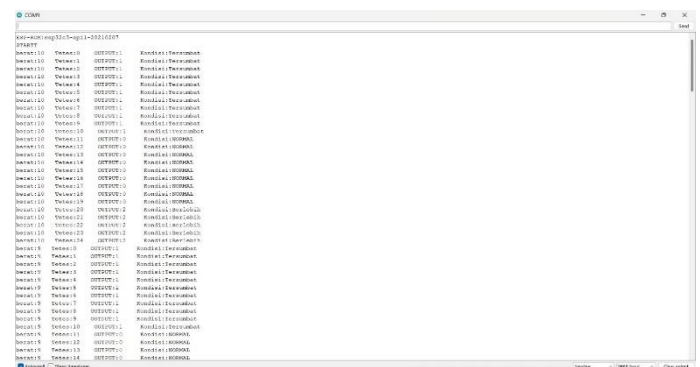
| Pengujian                   | Hasil     |
|-----------------------------|-----------|
| ESP 32 C3                   | berfungsi |
| TCRT5000 Sensor             | berfungsi |
| Loadcell dengan modul HX711 | berfungsi |
| Buzzer                      | berfungsi |
| Baterai LiPo                | berfungsi |

**B. PERFORMASI ALAT**

TABEL IV  
PERFORMASI ALAT

| Pengujian                                        | Hasil |
|--------------------------------------------------|-------|
| Sensor TCRT5000 membaca jumlah tetesan infus     | ✓     |
| Load Cell dengan modul HX711 membaca berat infus | ✓     |
| Data terbaca di Firebase secara <i>real-time</i> | ✓     |
| Buzzer berbunyi saat infus habis/ tersumbat      | ✓     |
| Hasil terbaca di aplikasi                        | ✓     |

**C. DATA SIMULASI FUZZY LOGIC PADA ESP 32 C3**



Gambar 4. Ujicoba Fuzzy Logic pada ESP32 C3

Gambar 4 merupakan uji coba pada mikrokontroler untuk mengetahui apakah mikrokontroler dapat menjalankan program *fuzzy logic* dengan memasukkan input tabel *fuzzy logic*.

**D. UJI PERFORMA SISTEM ALAT SMART INFUSION DAN FUZZY LOGIC**

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengintegrasikan kinerja sistem alat *smart infusion* dengan

menggunakan *fuzzy logic*. Dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan membandingkan nilai tetesan per menit dengan nilai acuan dan berat terukur. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mencapai 98,2% dari nilai acuan 20 tetes per menit, menunjukkan kinerja yang baik dengan menerapkan *fuzzy logic*, seperti pada Tabel V.

TABEL V  
PENGUJIAN KINERJA SISTEM

| No.                               | Nilai Acuan Tetesan (Tetes/Menit) | Tetesan Terukur (Tetes/menit) | Berat Terukur (gr) | Persentase Keberhasilan (%) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1.                                | 20                                | 20                            | 6,2                | 100                         |
| 2.                                | 20                                | 17                            | 5,7                | 92,5                        |
| 3.                                | 20                                | 20                            | 7,4                | 100                         |
| 4.                                | 20                                | 20                            | 4,9                | 99                          |
| 5.                                | 20                                | 20                            | 6,3                | 100                         |
| 6.                                | 20                                | 19                            | 6,6                | 97,5                        |
| 7.                                | 20                                | 18                            | 9,2                | 93,9                        |
| 8.                                | 20                                | 20                            | 8,3                | 100                         |
| 9.                                | 20                                | 20                            | 6,5                | 100                         |
| 10.                               | 20                                | 20                            | 9,2                | 98,9                        |
| 11.                               | 20                                | 20                            | 7,4                | 100                         |
| 12.                               | 20                                | 19                            | 6,5                | 97,5                        |
| 13.                               | 20                                | 20                            | 7,2                | 100                         |
| 14.                               | 20                                | 20                            | 7,9                | 100                         |
| 15.                               | 20                                | 18                            | 5,2                | 95                          |
| Rata-rata persentase keberhasilan |                                   |                               |                    | 98,2                        |

Data ini didapat dari perhitungan 3 kondisi yaitu:

- a. Apabila terdeteksi berat terukur sebesar <5 gram, dimana konstanta berat adalah 5, maka:

$$\left( \frac{\text{Nilai tetesan terukur}}{2 \text{ Nilai acuan tetes}} + \frac{\text{Berat terukur}}{2 \text{ konstanta berat}} \right) \times 100\%$$

- b. Apabila terdeteksi berat terukur sebesar 5-9 gram, maka:

$$\left( \frac{\text{Nilai tetesan terukur}}{2 \text{ Nilai acuan tetes}} + 0,5 \right) \times 100\%$$

- c. Apabila terdeteksi berat terukur sebesar >9 gram, dimana konstanta berat adalah 9, maka:

$$\left( \frac{\text{Nilai tetesan terukur}}{2 \text{ Nilai acuan tetes}} + \frac{\text{Konstanta berat}}{2 \text{ Berat terukur}} \right) \times 100\%$$

### E. PERSAMAAN TEORETIS

Persamaan (1) dan (2) merupakan hukum refleksi Fresnel yang menggambarkan bagaimana cahaya memantul saat memasuki permukaan antara dua medium dengan indeks bias berbeda. Hal ini melibatkan perhitungan koefisien refleksi dan transmitansi. Untuk gelombang tegak lurus yang datang pada permukaan antara medium dengan indeks bias  $n_1$  dan  $n_2$ , koefisien refleksi  $R$  dan koefisien transmitansi  $T$  dihitung sebagaimana yang tertera [10][11].

Persamaan (3) merupakan formula untuk menghitung laju aliran infus yang ditunjukkan dengan  $Y$  pada satuan gtt/menit. Persamaan (3) dibutuhkan juga perhitungan antara volume (mL), waktu (menit), dan drip factor (gtts/mL). Gtt atau Guttae adalah bahasa latin yang berarti tetes dan memungkinkan tenaga kesehatan untuk menghitung dan memastikan pasien mendapat jumlah obat yang tepat [12].

Persamaan (4) adalah langkah sistem inferensi fuzzy dalam perancangan sistem monitoring menggunakan model Mamdani [13].

$$R = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (1)$$

$$T = 1 - R \quad (2)$$

$$\frac{V \times df}{t} = Y \quad (3)$$

$$z = \frac{\int_z \mu(z)z d}{\int_z \mu(z)d} \quad (4)$$

Keterangan:  
 $R$ =Koefisien refleksi  
 $n_1$ =indeks refraksi dari medium pertama  
 $n_2$ =indeks refraksi dari medium kedua  
 $T$ =Koefisien Transmisi  
 $R$ =Koefisien Refleksi  
 $V$ =Volume (mL)  
 $t$ =Waktu (menit)  
 $df$ =Drip factor (gtts/mL)  
 $Y$ =Laju aliran infus (ett/menit)  
 $z$ =Nilai rata-rata tertimbang  
 $\mu(z)$ =Fungsi keanggotaan fuzzy

### VI. KESIMPULAN

Setelah mengeksekusi proses perancangan, menjalani tahap pengujian, dan melakukan analisis terhadap data hasil pengujian, maka dapat disimpulkan perancangan rangkaian tetesan cairan infus menggunakan sensor TCRT5000 dan Load Cell dengan menerapkan *fuzzy logic* dapat mendeteksi tetesan cairan infus. Performa dari sistem *smart infusion* dengan menggunakan *fuzzy logic* yang telah dievaluasi memiliki persentase keberhasilan 98,2% dengan nilai acuan 20 tetes dalam waktu 1 menit, serta tetap mempertimbangkan hasil berat terukur.

Limitasi dalam studi ini yaitu penggunaan alat hanya dapat dilakukan pada kondisi tertentu pasien pengguna infus, serta manajemen daya alat yang masih berbentuk prototipe. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperkuat hasil studi ini.

### REFERENSI

- E. Nuryanti, C. Cipto, and S. Sutarni, "Pengaruh Intravena Dressing Nyrangan Dan Kasa Betadin Terhadap Kejadian Flebitis," *Jurnal Studi Keperawatan*, vol. 2, no. 1, pp. 9–13, Mar. 2021, doi: <https://doi.org/10.31983/j-sikep.v2i1.6803>.
- R. Maharani, A. Muid, and U. Ristian, "Sistem Monitoring Dan Peringatan Pada Volume Cairan Intravena (Infus) Pasien Menggunakan Arduino Berbasis Website," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 7, no. 03, Oct. 2019, doi: <https://doi.org/10.26418/coding.v7i03.37170>.
- I. Umar and Reza Widianto Sujud, "Hemostasis dan Disseminated Intravascular Coagulation (DIC)," *Journal of Anaesthesia and Pain*, vol. 1, no. 2, pp. 53–66, May 2020, doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jap.2020.001.02.04>.
- M. F. Syaqui, Japeri, M. Zaini, and Nurachman, "Implementasi Microcontroller Arduino Dalam Rancang Bangun Pendeteksi Naiknya Darah Pada Selang Infus," *Technologia : Jurnal Ilmiah*, vol. 13, no. 1, p. 72, Feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.31602/tji.v13i1.5891>.
- R. T. Yunardi, D. Setiawan, F. Maulina, and T. A. Prijo, "Pengembangan Sistem Kontrol dan Pemantauan Tetesan Cairan Infus Otomatis Berbasis Labview dengan Logika Fuzzy," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 4, p. 403, Oct. 2018, doi: <https://doi.org/10.25126/jtiik.201854766>.
- M. Babiuch, P. Folytnyk, and P. Smutny, "Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing," *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, May 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/iccarpathiancc.2019.8765944>.
- L. Pitriyanti, Y. Saragih, and U. Latifa, "Implementasi Modul Infrared Pada Rancang Bangun Smart Detection For Queue Otomatic Berbasis Iot," *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 188–193, Jul. 2022, doi: <https://doi.org/10.30591/polekro.v12i1.3750>.
- W. Wahyudi, A. Rahman, and M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 5, no. 2, p. 207, Feb. 2018, doi: <https://doi.org/10.26760/elkomika.v5i2.207>.
- C. Khawas and P. Shah, "Application of Firebase in Android App Development-A Study," *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, vol. 179-No.46, pp. 49–53, Jun. 2018.
- K. Rochford, "Polarization and Polarimetry," *ScienceDirect*, Jan. 01, 2002.

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B0122274105005901> (accessed Aug. 28, 2023).
- [11] R. Hui and M. O'Sullivan, "Chapter 1 - Fundamentals of Optical Devices," *ScienceDirect*, Jan. 01, 2009. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012373865300001X> (accessed Aug. 28, 2023).
- [12] Pamela Barbara Lynn and C. Taylor, *Taylor's handbook of clinical nursing skills*. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- [13] T. J. Ross, *FUZZY LOGIC WITH ENGINEERING APPLICATIONS, 3RD ED.* John Wiley & Sons, 2011.