

Prototipe Sistem Elektronis Berbasis Mikrokontroler Berbantuan IoT Untuk Kendali Cairan Infus Pasien Terantau Melalui Ruang Sentral Perawatan

Ihsan Muhammad, Arief Goeritno

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jl. Sholeh Iskandar Km. 2, Kedungbadak, Tanah Sareal, Kota Bogor 16162
Email: ihsanmuhammad01014@gmail.com

Abstrak

Pemantauan cairan infus secara manual melalui pemeriksaan berkala berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mengetahui kondisi infus hampir habis, habis, atau mengalami hambatan aliran. Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe sistem elektronis berbasis mikrokontroler berbantuan *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau volume dan tetesan cairan infus, mengendalikan laju aliran, serta memberikan peringatan kondisi kritis melalui ruang sentral perawatan. Sistem menggunakan mikrokontroler XIAO ESP32-C3 sebagai pengendali utama, sensor *load cell* dan modul HX711 untuk mengukur berat cairan, sensor *photodiode* untuk mendeteksi tetesan, serta motor servo MG90S untuk mengatur laju aliran berdasarkan nilai setpoint tetes per menit (TPM). Data hasil pengukuran dikirimkan ke Firebase *Realtime Database* dan ditampilkan melalui *dashboard* berbasis Web yang dilengkapi notifikasi peramban dan akses pemantauan menggunakan QR Code. Tahapan penelitian meliputi pembuatan bentuk fisis, pemrograman, pengintegrasian perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *load cell* mampu mengukur berat cairan infus dengan kesalahan sebesar 0,48–1,19%. Sensor *photodiode* mampu mendeteksi tetesan infus dengan akurasi 100%. Sistem kendali motor servo mampu mempertahankan laju tetesan pada rentang setpoint 10–60 TPM dengan selisih maksimum ± 2 TPM. Pengiriman data berat, nilai TPM, posisi servo, dan status infus menuju Firebase dan *dashboard* berhasil dilakukan secara waktu nyata. Sistem alarm juga berhasil mengaktifkan buzzer, *popup dashboard*, dan notifikasi peramban pada kondisi LOW, LOW!!, EMPTY, dan BLOCK. Berdasarkan hasil tersebut, prototipe mampu menjalankan fungsi pemantauan dan kendali cairan infus secara terintegrasi melalui ruang sentral perawatan.

Kata kunci: cairan infus, *Internet of Things*, XIAO ESP32-C3, sensor *load cell*.

Abstract

Manual monitoring of intravenous fluids through periodic inspections may cause delays in identifying low, empty, or obstructed infusion conditions. This study aimed to develop a microcontroller-based electronic prototype supported by the Internet of Things (IoT) to monitor intravenous fluid volume and drops, control the flow rate, and provide critical-condition alerts through a centralized nursing station. The system employed a XIAO ESP32-C3 microcontroller as the main controller, a load cell with an HX711 module to measure fluid weight, a photodiode sensor

to detect infusion drops, and an MG90S servo motor to regulate the flow rate according to the drops-per-minute (DPM) setpoint. Measurement data were transmitted to Firebase Realtime Database and displayed on a Web-based dashboard equipped with browser notifications and QR Code monitoring access. The research stages included physical prototype construction, programming, hardware and software integration, and system performance testing. The test results showed that the load cell measured intravenous fluid weight with an error of 0.48–1.19%. The photodiode sensor detected infusion drops with 100% accuracy. The servo-based control system maintained the infusion rate within a setpoint range of 10–60 DPM, with a maximum deviation of ± 2 DPM. The system successfully transmitted fluid weight, DPM value, servo position, and infusion status to Firebase and the dashboard in real time. The alarm system also successfully activated the buzzer, dashboard pop-up, and browser notification under LOW, LOW!!, EMPTY, and BLOCK conditions. These results demonstrate that the prototype can perform integrated intravenous fluid monitoring and control through a centralized nursing station.

Keywords: *Internet of Things, intravenous fluid, load cell sensor, XIAO ESP32-C3.*

I. LATAR BELAKANG

Terapi infus merupakan tindakan medis untuk menyalurkan cairan, elektrolit, dan obat-obatan ke dalam tubuh pasien melalui pembuluh darah. Keberhasilan terapi tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan cairan dan kestabilan laju tetesan selama proses pemberian infus. Pada sejumlah fasilitas pelayanan kesehatan, pemeriksaan kondisi infus masih dilakukan secara langsung dan berkala oleh tenaga medis. Cara tersebut memungkinkan terjadinya keterlambatan dalam mengetahui cairan yang hampir habis, kantong infus kosong, atau aliran yang terhambat, terutama ketika seorang tenaga medis harus mengawasi beberapa pasien secara bersamaan [1], [2].

Teknologi *Internet of Things* memungkinkan data dari perangkat sensor dikirimkan melalui jaringan internet menuju suatu antarmuka pemantauan. Penerapan teknologi ini pada perangkat infus telah dikembangkan untuk memantau berat cairan menggunakan sensor *load cell*, mendeteksi tetesan melalui sensor optik, dan menyampaikan notifikasi kondisi infus kepada tenaga medis [3]–[8]. Penggunaan mikrokontroler dengan kemampuan komunikasi nirkabel juga memungkinkan informasi kondisi pasien dipantau tanpa pemeriksaan langsung pada setiap ruang perawatan.

Sensor *load cell* dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan sisa cairan berdasarkan perubahan berat kantong infus. Sinyal keluaran sensor diperkuat dan dikonversi menjadi data digital menggunakan modul HX711. Sementara itu, sensor optik dapat mengenali perubahan intensitas cahaya ketika tetesan cairan melewati *drip chamber*. Kombinasi kedua jenis sensor tersebut menghasilkan informasi sisa cairan dan jumlah tetesan per menit sebagai parameter utama pemantauan infus [3], [4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan pemantauan cairan infus berbasis IoT. Namun, sebagian sistem masih berfokus pada satu fungsi, seperti pengukuran berat, deteksi tetesan, atau pemberian notifikasi. Integrasi antara pemantauan sisa cairan, pendeteksian tetesan, pengendalian laju aliran, alarm kondisi kritis, serta penyajian data pada satu *dashboard* terpusat masih perlu dikembangkan [5], [9], [10].

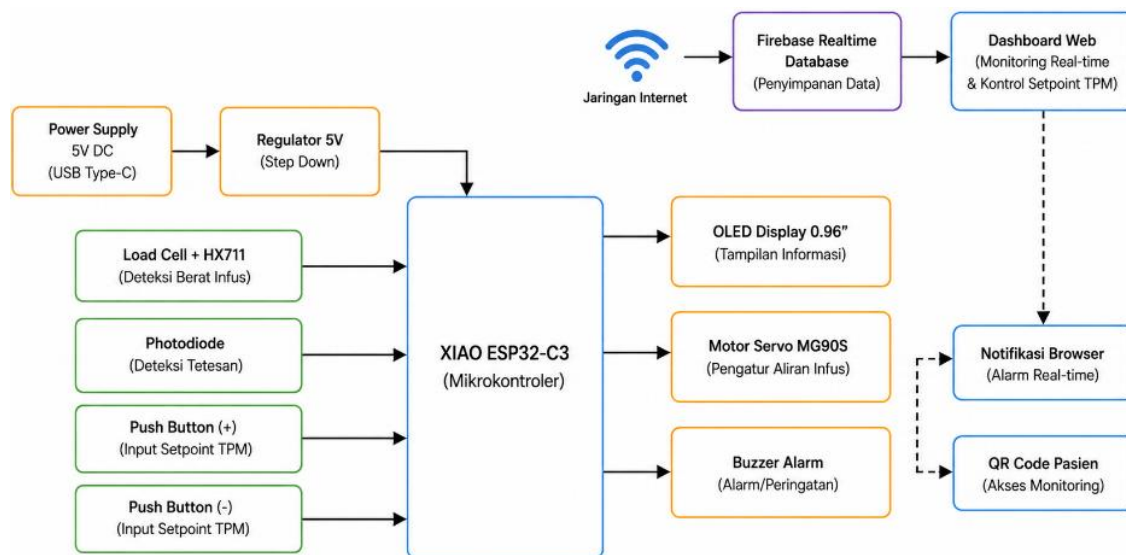
Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe sistem monitoring dan kendali cairan infus berbasis IoT. Sistem menggunakan XIAO ESP32-C3 untuk mengolah hasil pembacaan sensor sekaligus mengirimkan data menuju Firebase *Realtime Database*. Informasi kemudian ditampilkan melalui *dashboard* Web yang dapat diakses dari ruang sentral perawatan. Sistem juga dilengkapi motor servo untuk mengatur aliran, buzzer sebagai alarm lokal, notifikasi peramban, dan QR Code untuk mempermudah akses terhadap data pasien. Pengujian dilakukan

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

terhadap pembacaan berat, ketepatan deteksi tetesan, kendali laju aliran, pengiriman data, serta respons alarm pada kondisi kritis.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode perancangan dan pengujian prototipe. Pelaksanaannya terdiri atas studi literatur, penentuan kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras, penyusunan algoritma, pembuatan bentuk fisis, pemrograman mikrokontroler dan *dashboard*, pengintegrasian seluruh komponen, serta pengujian kinerja. Sistem terdiri atas sensor *load cell*, modul HX711, sensor *photodiode*, XIAO ESP32-C3, motor servo MG90S, OLED SSD1306, buzzer, dan *push button*. Sensor *load cell* membaca perubahan berat kantong infus, sedangkan sensor *photodiode* mendeteksi tetesan yang melewati *drip chamber*. Data tersebut diolah oleh mikrokontroler untuk menentukan persentase sisa cairan, nilai tetes per menit, posisi motor servo, dan status infus.



Gambar 1. Diagram blok sistem pemantauan dan kendali cairan infus

Data hasil pengolahan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju *Firestore Realtime Database*. Selanjutnya, *dashboard* Web membaca data pada basis data tersebut dan menampilkan berat cairan, persentase sisa cairan, TPM aktual, setpoint TPM, posisi servo, dan status infus secara waktu nyata. Selain tampilan data, *dashboard* menyediakan grafik perbandingan TPM aktual dengan setpoint, notifikasi kondisi kritis, serta pilihan akses data pasien.

A. Perancangan Perangkat Keras

XIAO ESP32-C3 digunakan sebagai pusat pengolah data dan pengendali keluaran sistem. Sensor *load cell* dihubungkan ke modul HX711 untuk menghasilkan pembacaan berat dalam satuan gram. Sensor *photodiode* ditempatkan pada *drip chamber* untuk mendeteksi perubahan cahaya akibat tetesan cairan. Motor servo MG90S dipasang pada bagian selang infus dan digunakan untuk mengubah tingkat penekanan selang sehingga laju cairan dapat disesuaikan. OLED SSD1306 berfungsi menampilkan informasi secara lokal, sedangkan buzzer digunakan sebagai alarm suara. Dua *push button* disediakan untuk melakukan pengaturan nilai setpoint TPM. Hubungan utama antarkomponen, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterhubungan pin perangkat utama

No	XIAO ESP32-C3	HX711	OLED	PHOTODIODE	SERVO	BUZZER	PB
1	3.3V	VCC	VCC	VCC	-	-	-
2	GND	GND	GND	GND	GND	GND	GND
3	D1	-	-	OUT	-	-	-
4	D2	DT	-	-	-	-	-
5	D3	SCK	-	-	-	-	-
6	D4	-	SDA	-	-	-	-
7	D5	-	SCL	-	-	-	-
8	D6	-	-	-	-	-	OUT
9	D7	-	-	-	-	-	OUT
10	D8	-	-	-	-	OUT	-
11	D9	-	-	-	OUT	-	-
12	5V	-	-	-	VCC	VCC	-

B. Pemrograman dan logika sistem

Pemrograman XIAO ESP32-C3 dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++. Program mengatur pembacaan sensor, perhitungan nilai TPM, penentuan status cairan, pergerakan motor servo, tampilan OLED, pengoperasian buzzer, serta komunikasi dengan Firebase. Pada tahap awal, sistem menghubungkan mikrokontroler ke jaringan Wi-Fi dan Firebase. Setelah koneksi berhasil, sensor *load cell* membaca berat kantong infus dan sensor *photodiode* menghitung jumlah tetesan. Nilai tetesan yang terdeteksi selama interval pengukuran dikonversi menjadi TPM. Hasil tersebut dibandingkan dengan setpoint untuk menentukan tindakan motor servo. Apabila TPM aktual berada di bawah setpoint, posisi servo disesuaikan untuk memperbesar aliran. Sebaliknya, ketika TPM aktual melebihi setpoint, motor servo meningkatkan penekanan pada selang untuk mengurangi laju cairan. Proses tersebut berlangsung berulang agar nilai aktual mendekati setpoint. Sistem mengelompokkan kondisi infus menjadi beberapa status, yaitu FULL, HALF, LOW, LOW!!, EMPTY, NORMAL, dan BLOCK. Status BLOCK ditetapkan apabila tetesan tidak terdeteksi selama lebih dari 40 detik. Pada kondisi LOW, LOW!!, EMPTY, dan BLOCK, sistem mengaktifkan buzzer serta mengirimkan peringatan menuju *dashboard*.

C. Pengukuran Kinerja Sistem

Pengujian prototipe dilakukan melalui lima bagian, yaitu:

1. Pengukuran berat cairan menggunakan sensor *load cell*.
2. Pengukuran tetesan menggunakan sensor *photodiode*.
3. Pengujian kendali laju aliran menggunakan motor servo.
4. Pengujian pengiriman data ke Firebase dan *dashboard* Web.
5. Pengujian alarm dan notifikasi pada kondisi kritis.

Pengujian *load cell* dilakukan dengan membandingkan berat yang terbaca oleh sistem terhadap berat aktual. Persentase kesalahan pembacaan dihitung menggunakan Persamaan.

$$Error = \frac{|W_s - W_r|}{W_r} \times 100\% \quad (1)$$

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

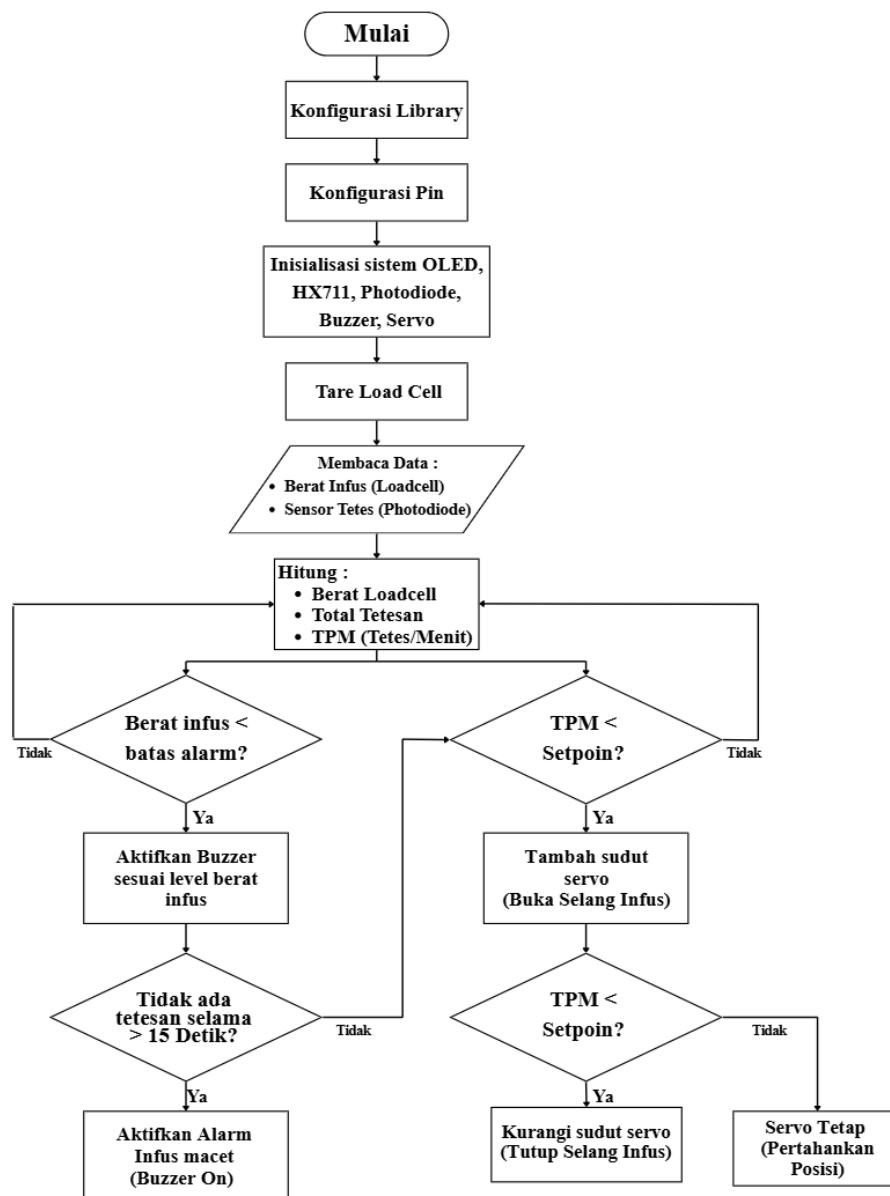
W_s = berat yang terbaca oleh sistem (gram)

W_r = berat aktual atau berat acuan (gram)

Akurasi pendeteksian tetesan dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah tetesan yang terbaca dan jumlah tetesan aktual menggunakan Persamaan.

$$Akurasi = \frac{TPM_{terbaca}}{TPM_{aktual}} \times 100\% \quad (2)$$

Kinerja motor servo diuji menggunakan lima nilai setpoint, yaitu 10, 25, 35, 50, dan 60 TPM. Sistem dinyatakan sesuai apabila selisih antara TPM aktual dan setpoint masih berada dalam batas toleransi ± 2 TPM.



Gambar 2. Algoritma sistem monitoring dan kendali cairan infus

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Hasil implementasi berupa prototipe yang mengintegrasikan perangkat pengukuran, pengendali aliran, tampilan lokal, dan komunikasi IoT. Sensor *load cell* ditempatkan pada dudukan kantong infus agar perubahan berat dapat terukur. Sensor *photodiode* dipasang pada sisi *drip chamber*, sedangkan motor servo diposisikan pada mekanisme penjepit selang. Perangkat elektronik ditempatkan pada kotak kendali yang memuat XIAO ESP32-C3, modul HX711, OLED, buzzer, dan konektor. Susunan komponen dibuat agar sensor, aktuator, dan sistem komunikasi dapat bekerja sebagai satu kesatuan.



Gambar 3. Bentuk fisis prototipe sistem monitoring dan kendali infus

B. Hasil Pengukuran Sensor Load Cell

Pengujian sensor *load cell* dilakukan menggunakan empat variasi berat cairan. Nilai hasil pembacaan sistem dibandingkan dengan nilai aktual untuk mengetahui besarnya kesalahan. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran sensor load cell

No	Berat Aktual (gram)	Berat Terbaca (gram)	Error (%)
1	210 gram	209 gram	0,48 %
2	232 gram	234 gram	0,86 %
3	442 gram	447 gram	1,13 %
4	674 gram	682 gram	1,19 %

Berdasarkan Tabel 2, kesalahan pembacaan berada pada rentang 0,48–1,19%. Kesalahan terendah diperoleh pada berat 210 gram, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada berat 674 gram. Selisih pembacaan dapat dipengaruhi oleh kalibrasi, kestabilan dudukan, distribusi beban, getaran, dan derau pada sinyal sensor. Rata-rata kesalahan dari empat pengujian adalah sekitar 0,92%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor mendekati berat aktual dan dapat digunakan untuk memperkirakan sisa cairan infus. Meskipun demikian, sistem tetap memerlukan kalibrasi sebelum digunakan karena perubahan posisi kantong dan kondisi mekanis dudukan dapat memengaruhi hasil pengukuran.

C. Hasil Pengukuran Tetesan Infus

Sensor *photodiode* diuji pada variasi laju 10–60 TPM. Jumlah tetesan yang terbaca oleh sistem dibandingkan dengan nilai aktual selama periode pengamatan yang sama. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran tetesan infus

No	TPM Aktual	TPM Terbaca	Error (%)	Akurasi (%)
1	10 TPM	10 TPM	0 %	100 %
2	25 TPM	25 TPM	0 %	100 %
3	35 TPM	35 TPM	0 %	100 %
4	50 TPM	50 TPM	0 %	100 %
5	60 TPM	60 TPM	0 %	100 %

Tabel 3 memperlihatkan bahwa seluruh tetesan pada lima variasi laju dapat dideteksi dengan benar. TPM yang ditampilkan sistem sama dengan TPM aktual sehingga nilai kesalahan sebesar 0% dan akurasi mencapai 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan intensitas cahaya ketika cairan melewati *drip chamber* dapat dikenali dengan baik oleh sensor. Keberhasilan pembacaan tetap dipengaruhi oleh posisi sensor terhadap jalur tetesan dan cahaya di sekitar *drip chamber*. Oleh sebab itu, pemasangan sensor perlu dipertahankan pada posisi yang tetap dan terlindung dari perubahan pencahayaan berlebihan.

D. Hasil Pengujian Kendali Motor Servo

Pengujian motor servo bertujuan mengetahui kemampuan sistem dalam menyesuaikan laju aliran terhadap nilai setpoint. Hasil pengujian pada lima variasi setpoint ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kendali laju aliran

No	Setpoint TPM	TPM Aktual	Selisih (TPM)	Status
1	10 TPM	12 TPM	+2	Sesuai
2	25 TPM	24 TPM	-1	Sesuai
3	35 TPM	36 TPM	+1	Sesuai
4	50 TPM	48 TPM	-2	Sesuai
5	60 TPM	60 TPM	0	Sesuai

TPM aktual memiliki selisih antara -2 hingga +2 TPM terhadap setpoint. Seluruh pengujian dinyatakan sesuai karena masih berada dalam batas toleransi yang ditentukan. Selisih terbesar terjadi pada setpoint 10 dan 50 TPM, sedangkan pada setpoint 60 TPM tidak ditemukan perbedaan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa motor servo dapat mengubah penekanan selang berdasarkan perintah mikrokontroler. Namun, perubahan mekanis pada selang tidak selalu menghasilkan perubahan aliran secara langsung. Elastisitas selang, tekanan cairan, dan posisi penjepitan dapat menimbulkan selisih antara nilai setpoint dan TPM aktual. Oleh karena itu, pemantauan tetesan tetap digunakan sebagai umpan balik untuk melakukan penyesuaian posisi servo.

E. Hasil Pengiriman Data

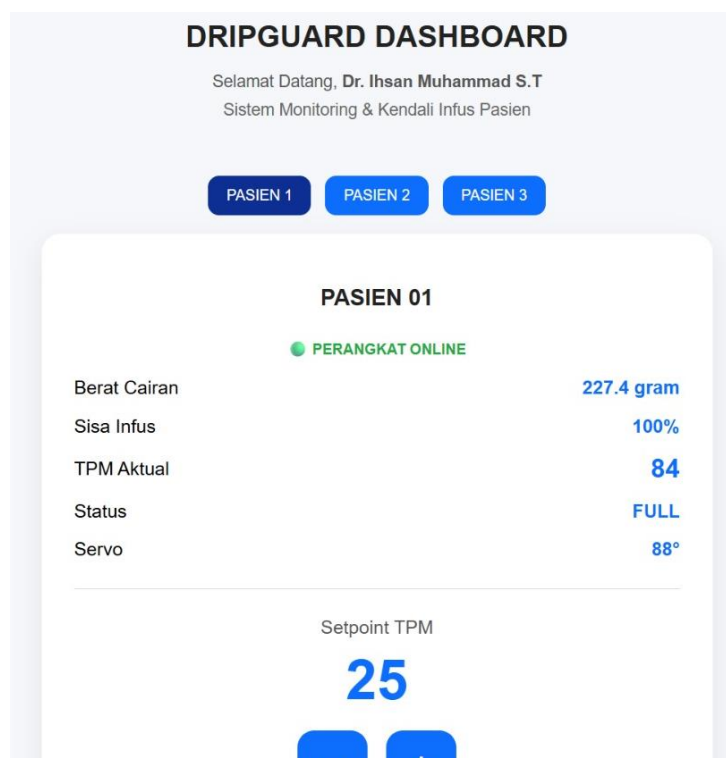
Pengujian komunikasi dilakukan untuk memastikan data dari XIAO ESP32-C3 dapat disimpan di Firebase dan ditampilkan melalui *dashboard* Web. Parameter yang diperiksa meliputi berat cairan, TPM, posisi servo, dan status infus. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengiriman data menuju Firebase dan dashboard

No	Parameter	Firestore	Dashboard	Status
1	Berat Infus	Terbaca	Terbaca	Berhasil

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTS UIKA-BOGOR

2	TPM	Terbaca	Terbaca	Berhasil
3	Servo	Terbaca	Terbaca	Berhasil
4	Status	Terbaca	Terbaca	Berhasil



Gambar 4. Tampilan data pada dashboard monitoring

Seluruh parameter berhasil dikirim dan ditampilkan pada *dashboard*. Data yang tersimpan pada Firebase memiliki kesesuaian dengan data hasil pengolahan mikrokontroler. Dengan demikian, tenaga medis dapat memantau kondisi infus tanpa harus berada di dekat alat. Dashboard juga menampilkan status koneksi perangkat berdasarkan waktu pembaruan terakhir. Apabila data tidak diperbarui dalam interval yang telah ditentukan, perangkat ditampilkan dalam kondisi *offline*. Fitur tersebut membantu pengguna membedakan kondisi infus dengan gangguan koneksi perangkat. Akses melalui QR Code mengarahkan pengguna pada halaman pasien yang dipilih. Penerapan ini dapat mempercepat pembukaan data tanpa memasukkan alamat halaman secara manual. Namun, pengujian dalam penelitian ini belum membahas latensi komunikasi dan kestabilan jaringan dalam penggunaan jangka panjang.

F. Hasil Pengujian Alarm dan Notifikasi

Alarm diuji pada kondisi LOW, LOW!!, EMPTY, dan BLOCK. Pada setiap kondisi, respons buzzer, *popup dashboard*, dan notifikasi peramban diamati. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian alarm dan notifikasi

No	Kondisi Alarm	Buzzer	Popup Dashboard	Browser Notification
1	LOW	Aktif	Muncul	Muncul
2	LOW!!	Aktif	Muncul	Muncul
3	EMPTY	Aktif	Muncul	Muncul
4	BLOCK	Aktif	Muncul	Muncul

Buzzer dan notifikasi berhasil diaktifkan pada seluruh kondisi yang diuji. Status LOW dan LOW!! menunjukkan bahwa sisa cairan telah memasuki batas peringatan. Status EMPTY diberikan ketika cairan dinyatakan habis, sedangkan BLOCK ditetapkan apabila sensor tidak mendeteksi tetesan selama lebih dari 40 detik. Pada kondisi EMPTY, alarm tetap aktif sampai kantong infus diganti dan berat cairan kembali terdeteksi. Pada kondisi BLOCK, alarm berhenti setelah gangguan aliran diperbaiki dan sensor kembali mendeteksi tetesan. Logika tersebut membuat alarm tidak hanya bekerja berdasarkan waktu, tetapi berdasarkan perubahan kondisi yang terukur oleh sensor. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsi pengukuran berat, deteksi tetesan, pengaturan laju aliran, pengiriman data, dan peringatan kondisi kritis dapat bekerja secara terintegrasi. Sistem ini masih berupa prototipe sehingga pemanfaatannya pada lingkungan pelayanan kesehatan memerlukan pengembangan lebih lanjut, terutama berkaitan dengan validasi alat, keamanan pasien, keandalan jaringan, dan pengujian operasi dalam jangka panjang.

IV. KESIMPULAN

Prototipe sistem monitoring dan kendali cairan infus berbasis IoT berhasil dibuat menggunakan XIAO ESP32-C3, sensor *load cell*, HX711, sensor *photodiode*, motor servo MG90S, OLED, buzzer, Firebase *Realtime Database*, dan *dashboard* berbasis Web. Sensor *load cell* mampu membaca berat cairan dengan kesalahan sebesar 0,48–1,19% atau rata-rata sekitar 0,92%. Sensor *photodiode* menghasilkan akurasi deteksi tetesan sebesar 100% pada rentang pengujian 10–60 TPM. Sistem kendali motor servo dapat mempertahankan laju tetesan dengan selisih maksimum ± 2 TPM terhadap setpoint. Data berat, TPM, posisi servo, dan status infus berhasil dikirimkan menuju Firebase serta ditampilkan pada *dashboard* secara waktu nyata. Sistem juga mampu mengaktifkan buzzer, *popup dashboard*, dan notifikasi peramban pada kondisi LOW, LOW!!, EMPTY, dan BLOCK. Pengembangan selanjutnya perlu mencakup pengujian latensi komunikasi, ketahanan operasi jangka panjang, perlindungan terhadap perubahan cahaya pada sensor *photodiode*, serta validasi keselamatan sebelum sistem diterapkan pada pelayanan medis.

V. REFERENSI

- [1] T. F. Aliansih, R. Hidayati, dan K. Sari, "Sistem pemantauan infus berbasis IoT dengan notifikasi *real-time* melalui Telegram," *Processor: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer*, vol. 19, no. 2, hlm. 156–164, 2024.
- [2] A. Jayadi dan S. Syofian, "Rancang bangun sistem pengawasan infus berbasis teknologi IoT," *Jurnal TIFDA*, vol. 1, no. 1, hlm. 8–12, 2024.
- [3] P. A. Rosyady dkk., "Pemantauan cairan infus menggunakan *load cell* berbasis IoT," *Techné Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 22, no. 1, hlm. 97–110, 2023.
- [4] R. Rangga, M. Syamsudin, dan Satrio, "Rancang bangun prototipe sistem pemantauan tetes cairan infus menggunakan teknologi IoT dan integrasi perangkat Android," *ENTRIES*, vol. 3, no. 2, hlm. 66–71, 2024.
- [5] M. F. Hamzah, R. Suppa, dan Dasril, "Sistem pemantauan cairan infus berbasis *Internet of Things*," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, hlm. 45–50, 2025.
- [6] I. Mardiyansyah dan D. Putra, "Analisis sistem pemantauan cairan infus berbasis IoT menggunakan sensor *load cell*," *Jurnal Teknologi Elektro dan Komputer*, vol. 12, no. 1, hlm. 22–30, 2024.
- [7] F. Lestari dan A. Nugroho, "Implementasi sistem pemantauan infus pasien berbasis IoT pada fasilitas kesehatan," *Journal of Health Technology and Public Health*, vol. 2, no. 3, hlm. 8–32, 2025.

- [8] R. Pratama dan D. Suryani, “Rancang bangun sistem pemantauan infus berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor optik,” *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem*, vol. 9, no. 2, hlm. 115–123, 2023.
- [9] R. Ridholis, “Sistem pemantauan infus berbasis IoT menggunakan *microcontroller* ESP8266 dan sensor *load cell*,” Skripsi, Universitas Negeri Semarang, 2022.
- [10] A. I. Ramadhan, J. A. Lestari, dan H. A. Azizi, “Sistem pemantauan dan kendali infus pasien dari ruang sentral perawat berbasis IoT,” Laporan Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung, 2025.