

## Sistem Pemantauan Botol Infus Pasien Berbasis IoT

### *IoT-Based Patient Infusion Bottle Monitoring System*

**Firman Choiri Okta<sup>1</sup>, Muhammad Al Farizin<sup>2</sup>, Seta Samsiana<sup>3</sup>, Sugeng<sup>4</sup>, Sri Marini<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Universitas Islam 45 Bekasi

Jalan Cut Mutia Raya No. 83, Margahayu, Kota Bekasi, 17113

firmanchoirio.fco@gmail.com<sup>1</sup>, alfarizin28zx@gmail.com<sup>2\*</sup>, seta@unismabekasi.ac.id<sup>3</sup>,

sugeng@unismabekasi.ac.id<sup>4</sup>, srimarini@unismabekasi.ac.id<sup>5</sup>

**Abstrak** – Pada sektor kesehatan, pemberian cairan melalui infus intravena merupakan salah satu prosedur vital dalam proses pemulihan pasien. Meskipun demikian, kegiatan pemantauan serta penggantian botol infus sering kali menjadi tantangan bagi pihak rumah sakit karena keterbatasan jumlah tenaga medis dan waktu kerja. Sistem pemantauan infus yang masih dilakukan secara manual kerap mengakibatkan keterlambatan dalam penanganan ketika cairan infus telah habis, yang pada akhirnya dapat meningkatkan risiko terbentuknya bekuan darah pada pasien. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengembangkan perangkat pemantauan serta sistem peringatan otomatis terhadap kondisi botol infus pasien berbasis Internet of Things (IoT) yang menampilkan data secara waktu nyata melalui laman web. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur, perancangan sistem, perakitan perangkat, dan pengujian performa sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan berupa tiang infus dengan sensor beban terintegrasi dan aplikasi web mampu memberikan informasi mengenai volume cairan infus secara langsung dari ruang perawatan. Perbandingan hasil pengukuran antara sensor dan timbangan digital menunjukkan persentase galat sebesar 0,11% pada sensor beban A dan 0,14% pada sensor beban B. Sementara itu, hasil pengujian terhadap variasi kecepatan aliran infus menunjukkan perbedaan yang sangat kecil, dengan kisaran nilai antara -0,04% hingga -0,19%. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dirancang terbukti memiliki tingkat akurasi dan efisiensi yang tinggi dalam memantau kondisi botol infus pasien.

**Kata Kunci:** Pemantauan, Infus, Load cell, IoT

**Abstract** – In the healthcare sector, administering fluids through intravenous infusion is one of the vital procedures in the patient recovery process. However, monitoring and replacing infusion bottles often pose a challenge for hospitals due to limited medical personnel and working hours. Manual infusion monitoring systems often result in delays in treatment when the infusion fluid has run out, which can ultimately increase the risk of blood clots in patients. Based on these issues, this study was conducted to design and develop a monitoring device and automatic warning system for patient infusion bottles based on the Internet of Things (IoT) that displays data in real time via a web page. The research methods used included literature studies, system design, device assembly, and system performance testing. The test results showed that the developed device, consisting of an infusion pole with an integrated load sensor and a web application, was able to provide information about the volume of infusion fluid directly from the nursing room. A comparison of the measurement results between the sensors and digital scales showed an error percentage of 0.11% for load sensor A and 0.14% for load sensor B. Meanwhile, the results of testing the variation in infusion flow rate showed very small differences, with values ranging from -0.04% to -0.19%. Based on these results, the designed system has been proven to have a high level of accuracy and efficiency in monitoring the condition of patient infusion bottles.

**Keywords:** Monitoring, Infusion, Load cell, IoT

## 1. Pendahuluan

Pada bidang kesehatan, pemberian cairan melalui infus intravena merupakan salah satu prosedur penting dalam proses pemulihan pasien. Infus intravena berfungsi untuk menggantikan kehilangan cairan atau nutrisi dari tubuh dengan memasukkan cairan secara langsung ke dalam pembuluh vena melalui jarum. Proses ini membutuhkan pemantauan yang cermat agar cairan infus dapat diberikan secara optimal dan aman bagi pasien [1], [2].

Pemantauan botol infus masih menjadi tantangan di berbagai rumah sakit karena keterbatasan jumlah tenaga medis dan padatnya aktivitas pelayanan. Dalam praktiknya, perawat harus melakukan pengecekan secara berkala ke setiap ruangan untuk memastikan volume cairan infus pasien tetap mencukupi. Kondisi ini tidak efisien, karena selain memakan waktu, keterlambatan dalam penggantian botol infus dapat menimbulkan risiko serius bagi pasien, seperti terbentuknya bekuan darah akibat tekanan negatif pada selang infus ketika cairan telah habis [3], [4]. Bekuan darah yang tersedot kembali ke pembuluh vena berpotensi menyebabkan emboli pada paru-paru atau gangguan sirkulasi darah lainnya [5].

Hingga saat ini, sebagian besar sistem pemantauan infus di rumah sakit masih dilakukan secara manual tanpa dukungan teknologi otomatisasi. Beberapa penelitian seperti [6], [7] telah mengembangkan sistem pemantauan berbasis sensor, namun sebagian besar masih bersifat lokal dan belum terintegrasi dengan sistem pemantauan jarak jauh secara waktu nyata. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu inovasi yang dapat membantu tenaga medis dalam memantau kondisi infus pasien secara efisien dan akurat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan botol infus pasien berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu menampilkan data volume cairan secara waktu nyata melalui laman web. Sistem ini diharapkan dapat membantu tenaga medis dalam meminimalkan keterlambatan penggantian botol infus serta meningkatkan kualitas pelayanan di rumah sakit.

## 2. Metode Penelitian

Setelah dilakukan identifikasi terhadap permasalahan dan penetapan tujuan penelitian, langkah berikutnya adalah menentukan metode penelitian yang digunakan untuk merancang serta menguji sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT. Metode penelitian ini disusun secara sistematis agar setiap tahapan, mulai dari proses perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, hingga pengujian kinerja sistem, dapat dilakukan secara terukur dan menghasilkan data yang valid. Pada setiap tahap, penelitian ini menekankan aspek ketepatan rancangan, keakuratan pengambilan data, serta keandalan sistem yang dihasilkan agar hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dengan penerapan metode yang terstruktur dan berorientasi pada keakuratan, diharapkan sistem yang dikembangkan mampu berfungsi secara optimal sesuai tujuan penelitian serta memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan efektivitas pemantauan cairan infus pasien di lingkungan rumah sakit.

### 2.1. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini digunakan sejumlah alat dan bahan yang berperan penting dalam proses perancangan, perakitan, dan pengujian sistem pemantauan botol infus pasien berbasis *Internet of Things* (IoT). Pemilihan komponen dilakukan secara selektif agar perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan mampu bekerja secara optimal, akurat, dan mudah diintegrasikan antara sistem elektronik dan aplikasi web. Berikut disajikan Tabel 1 yang memuat daftar alat penelitian serta Tabel 2 yang berisi daftar bahan yang digunakan untuk mendukung proses perancangan dan implementasi sistem pemantauan botol infus berbasis IoT.

Tabel 1. Alat Yang Digunakan

No	Nama Alat	Jumlah (Unit)
1	Laptop	1
2	Arduino IDE	1
3	Visual Studio Code	1
4	Fritzing	1
5	Solder	1
6	Atraktor	1
7	Obeng + dan -	1
8	Mistar	1
9	Tang Potong	1
10	Cutter	1
11	Cutter Akrilik	1
12	Tespen	1

Tabel 2. Bahan Yang Digunakan

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Sensor Load Cell	2 Unit
2	Modul HX-711	2 Unit
3	NodeMCU ESP8266	1 Unit
4	Kabel MikroUSB	1 Unit
5	LCD 16x2 I2C	2 Unit
6	Frame LCD 16x2	2 Unit
7	Battery Shield 18650	1 Unit
8	Battery 18650	1 Unit
9	Bandul Kalibrasi 100gr	1 Unit
10	Isolasi Kabel Bakar	164 Pcs
11	Timah 10m	1 Gulungan
12	Lem Super Glue	1 Unit
13	Skrup Gantungan	2 Unit
14	Pin Header Female Single Row 1x40	1 Unit
15	Pin Header Female Double Row 2x40	2 Unit
16	Power Switch 2P	1 Unit
17	PCB Dot Matrix Single Layer	1 Unit
18	Kabel Pelangi 40 Pin	1 Meter
19	Kabel Jumper Male to Male	40 Pcs
20	Kabel Jumper Male to Female	40 Pcs
21	Connector XH2.54 4P	2 Unit
22	Akrilik	18 Unit
23	Mur, Baut, dan Ring	50 Pcs
24	Box Putih 230x150x85	1 Unit
25	Infus Asering 5000ml	1 Unit
26	Infus Set Dewasa	1 Unit

Seluruh alat dan bahan yang tercantum pada Tabel 1 dan 2 digunakan untuk mendukung proses perancangan serta pengujian sistem secara menyeluruh. Pemilihan setiap komponen dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kompatibilitas, ketersediaan, dan kemampuan dalam menunjang kinerja sistem. Melalui pemilihan alat dan bahan yang tepat, sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT diharapkan dapat berfungsi secara optimal serta menghasilkan data pengukuran yang akurat dan reliabel.

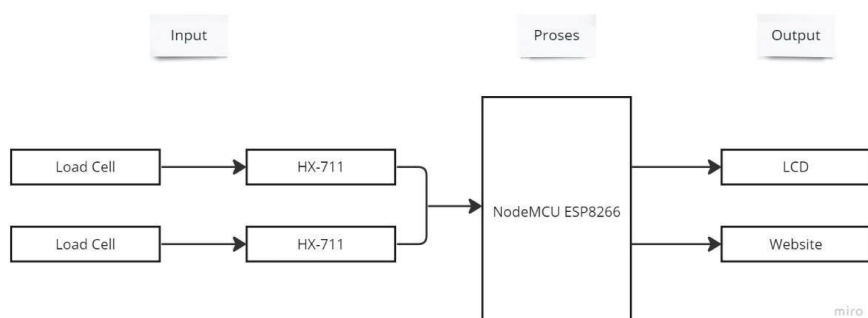
## 2.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan tahap krusial dalam penelitian ini karena menentukan cara integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan

tujuan yang telah ditetapkan. Pada tahap ini dilakukan perancangan struktur sistem yang mencakup dua komponen utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

### 2.2.1. Perancangan Hardware

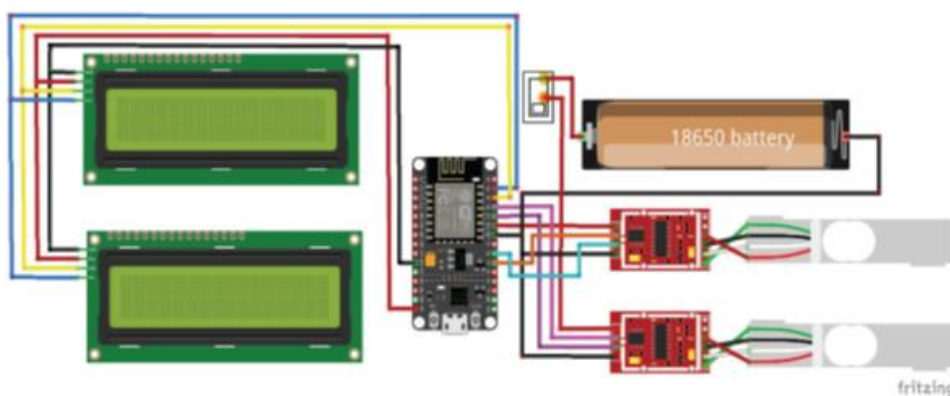
Perancangan perangkat keras merupakan tahap awal dalam pengembangan sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT. Tahap ini mencakup penyusunan komponen elektronik yang saling terhubung untuk membentuk sistem yang berfungsi mendeteksi berat cairan infus, mengolah data, dan menampilkannya dalam bentuk informasi digital secara waktu nyata. Rancangan perangkat keras sistem ditunjukkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan hubungan antara komponen input, proses, dan output dalam alur kerja sistem pemantauan.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pemantauan Botol Infus

Diagram blok pada Gambar 1 menunjukkan komponen utama sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT yang saling terhubung. Bagian input terdiri dari dua sensor load cell yang mengukur berat botol infus dan mengirimkan data ke modul HX-711 sebagai penghubung dengan mikrokontroler. Bagian proses menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk mengolah data, mengatur koneksi Wi-Fi, dan mengirim informasi ke server atau website. Hasil pengolahan ditampilkan pada LCD sebagai tampilan lokal serta dapat dipantau secara *real-time* melalui website menggunakan komputer atau *smartphone*.

Untuk mendukung integrasi antar-komponen, sistem dirancang dengan skematik pengkabelan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik Pengkabelan Sistem Pemantauan Botol Infus

Rangkaian pada gambar 2 menunjukkan koneksi antara NodeMCU ESP8266, dua modul HX-711, dan dua sensor Load Cell, di mana pin data (DT) dan *clock* (SCK) masing-masing modul dihubungkan ke pin digital NodeMCU. Dua LCD 16x2 juga terhubung melalui antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*) menggunakan pin *Serial Data Line* (SDA) dan *Serial Clock Line* (SCL).

Sistem mendapat suplai daya dari baterai 18650, yang memberikan keunggulan dalam portabilitas dan efisiensi energi. Dengan konfigurasi ini, sistem dapat membaca perubahan massa botol infus secara akurat, menampilkan hasil pengukuran pada LCD secara langsung, serta mengirimkan data ke server untuk ditampilkan di website. Desain perangkat keras ini menjadi dasar penting bagi kestabilan dan keandalan sistem pemantauan yang dikembangkan.

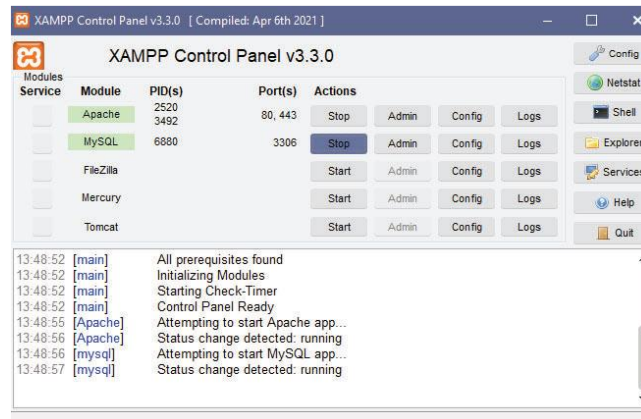
### 2.2.2. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini melibatkan dua aplikasi utama, yaitu Arduino IDE untuk pemrograman NodeMCU ESP8266 dan *Visual Studio Code* untuk pengembangan aplikasi website. Arduino IDE digunakan untuk mengatur logika dan fungsionalitas sistem, seperti pembacaan data dari sensor dan pengiriman data ke server. Pada tahap awal, dilakukan instalasi Arduino IDE serta pengaturan konfigurasi board dan port serial agar dapat terhubung dengan NodeMCU ESP8266 dengan baik. Langkah ini memastikan proses pemrograman mikrokontroler berjalan lancar dan sesuai dengan kebutuhan sistem. Rancangan alur pemrograman NodeMCU ESP8266 menggunakan Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 3, yang menunjukkan hubungan antara proses instalasi, konfigurasi board, serta pengunggahan program ke mikrokontroler sebagai inti kendali sistem.



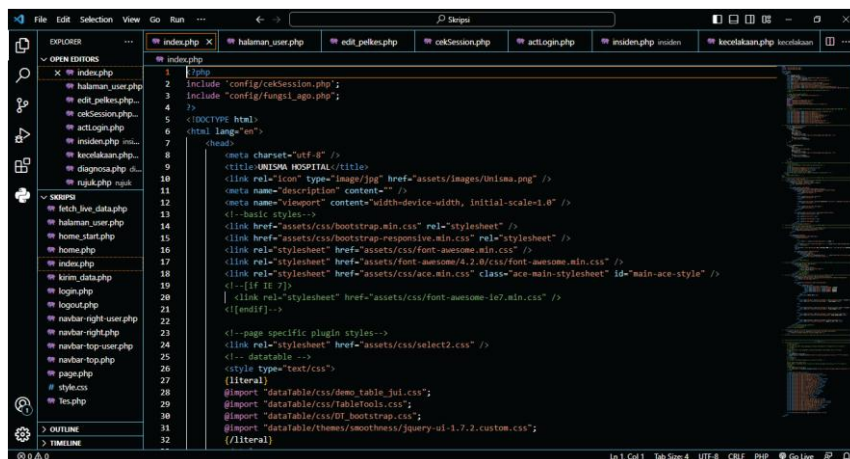
Gambar 3. Tampilan Arduino IDE

Selanjutnya, pengembangan aplikasi website dilakukan menggunakan *Visual Studio Code* sebagai editor kode utama dengan dukungan XAMPP sebagai server lokal, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. XAMPP berperan penting karena menyediakan komponen *Apache* sebagai server web, MySQL sebagai sistem manajemen basis data, dan PHP sebagai bahasa pemrograman sisi server. Tahapan awal dalam proses ini adalah pembuatan database untuk menyimpan data hasil pemantauan infus sebelum sistem diimplementasikan dan dapat diakses secara global melalui jaringan internet.



Gambar 4. Tampilan XAMPP

Setelah database berhasil dibuat, tahap selanjutnya adalah menulis kode program menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript di *Visual Studio Code*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5. Ketiga bahasa pemrograman tersebut digunakan untuk membangun antarmuka web yang interaktif, responsif, dan informatif sehingga data volume cairan infus dapat ditampilkan secara waktu nyata. Melalui integrasi antara Arduino IDE dan *Visual Studio Code*, sistem pemantauan botol infus berbasis IoT yang dikembangkan dapat beroperasi secara sinkron, mulai dari pengambilan data sensor hingga penyajian informasi kepada pengguna melalui laman web yang mudah diakses melalui berbagai perangkat.

Gambar 5. Tampilan *Visual Studio Code*

### 3. Hasil dan Pembahasan

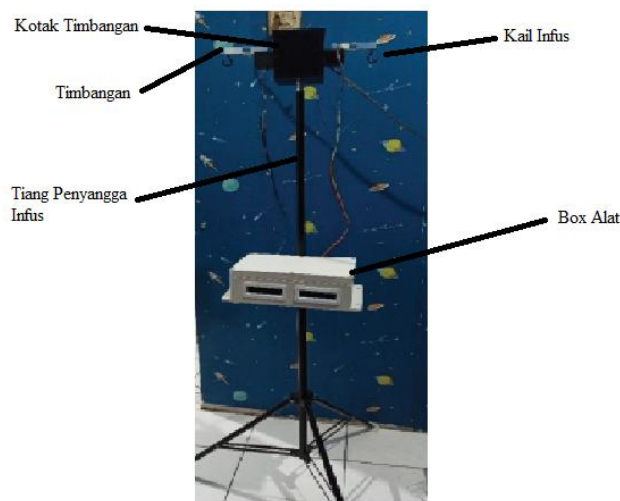
Pada bagian ini membahas hasil dari proses perancangan, pembuatan, dan pengujian sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, bekerja sesuai rancangan dan tujuan penelitian. Analisis difokuskan pada akurasi pembacaan sensor Load Cell, stabilitas sistem, tampilan data pada LCD, serta kemampuan NodeMCU ESP8266 dalam mengirim data secara waktu nyata ke website. Hasil pengujian dibandingkan dengan alat ukur digital untuk mengetahui tingkat ketelitian dan galat sistem. Berdasarkan hasil tersebut, sistem dinilai mampu membantu tenaga medis memantau kondisi cairan infus pasien secara otomatis, efisien, dan *real-time*.

### 3.1. Hasil Perancangan

Hasil dari proses perancangan sistem ini terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada bagian *hardware*, kegiatan yang dilakukan meliputi pembuatan kerangka alat serta pengkabelan komponen yang terhubung dengan mikrokontroler agar sistem dapat berfungsi dengan baik. Sementara itu, pada bagian *software*, dilakukan proses pemrograman mikrokontroler untuk mengendalikan seluruh komponen perangkat keras serta pengembangan aplikasi website yang digunakan sebagai antarmuka pemantauan data secara waktu nyata.

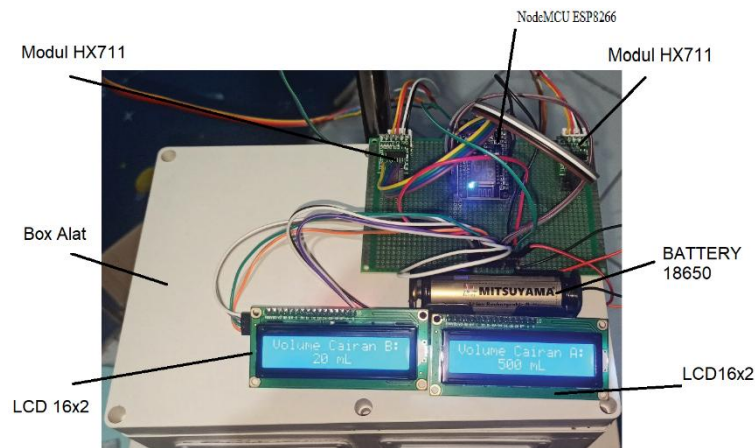
#### 3.1.1. Hasil Perancangan Hardware

Sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Perangkat yang dibuat mampu berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan, yaitu melakukan pemantauan volume cairan infus secara otomatis. Tampilan hasil pembuatan kerangka alat ditunjukkan pada Gambar 6, yang memperlihatkan susunan komponen utama serta bentuk fisik sistem secara keseluruhan.



Gambar 6. Hasil Perancangan *Hardware*

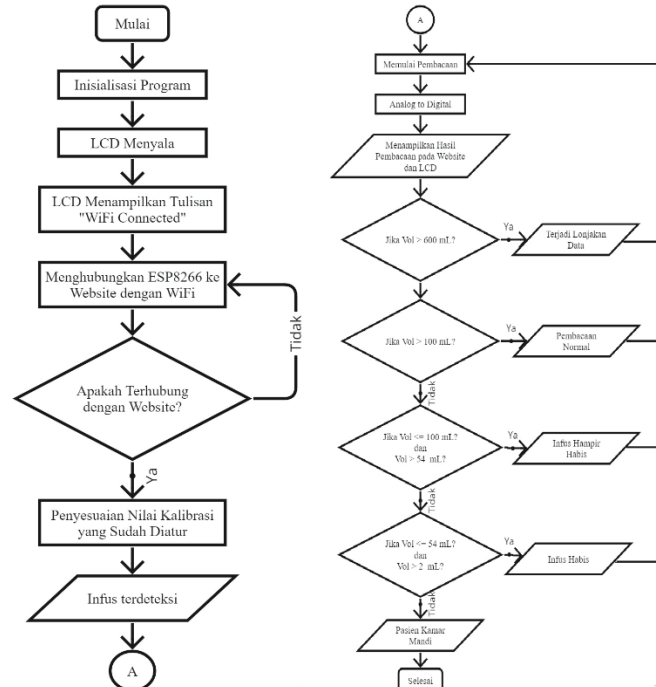
Gambaran hasil pengkabelan komponen terhadap mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 7. Rangkaian ini menggunakan PCB Board berlubang sebagai media penyusunan dan penghubung antar komponen dengan bantuan solder dan timah solder. Pada papan PCB terpasang Pin Header Female sebagaiudukan untuk NodeMCU ESP8266, Modul HX711, serta koneksi pin menuju LCD. Selain itu, kabel jumper sepanjang 20 cm digunakan untuk menyalurkan arus dari NodeMCU ke komponen lain, sedangkan kabel pita dengan konektor XH 4 Pin dipasang untuk menghubungkan sensor Load Cell. Sistem ini mendapat daya dari rechargeable battery 18650, yang memungkinkan alat prototipe bekerja secara portabel tanpa ketergantungan pada sumber listrik tetap.



Gambar 7. Hasil Pengkabelan Komponen Elektrik

### 3.1.2. Hasil Perancangan Software

Hasil perancangan perangkat lunak pada sistem pemantauan botol infus pasien berbasis IoT ditunjukkan melalui tampilan antarmuka web yang menampilkan data berat cairan infus secara real-time melalui koneksi Wi-Fi, serta dijelaskan pada flowchart cara kerja sistem di Gambar 8. Program pada NodeMCU ESP8266 dibuat menggunakan Arduino IDE untuk membaca data dari dua sensor Load Cell, mengonversinya menjadi satuan gram, lalu mengirimkannya ke server melalui protokol HTTP. Data tersebut disimpan dalam database MySQL melalui XAMPP, sedangkan antarmuka web dikembangkan dengan HTML, CSS, PHP, dan JavaScript menggunakan Visual Studio Code yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 8. Diagram Alir Sistem Pemantauan



The screenshot displays the 'SISTEM PEMANTAUAN BOTOL INFUS & PELAYANAN KESEHATAN (SIMNANKES)' Admin Dashboard. The main section, 'Data Pemantauan Botol Infus Pasien', features a table with 7 columns: Tanggal Rawat Inap, Nama Lengkap, Kamar, Cairan Infus, Tetesan Infus, Status, and Aksi. The table contains 5 data entries. A sidebar on the left includes navigation links for Home, Daftar, Data, User, and Logout. The top right shows a user profile and a search bar.

Tanggal Rawat Inap	Nama Lengkap	Kamar	Cairan Infus	Tetesan Infus	Status	Aksi
08 Mei 2023	Sams	1	Asring	27 tetes	444	[Edit] [Delete]
09 Mei 2023	Dia	2	Ringer Laktat	20 tetes	230	[Edit] [Delete]
10 Mei 2023	Tiga	3	Albumin	24 tetes	444	[Edit] [Delete]
26 Juni 2023	Engat	4	Saline	32 tetes	230	[Edit] [Delete]
20 Juni 2023	Lima	5	Albumin	33 tetes	444	[Edit] [Delete]

Gambar 9. Tampilan Dashboard Admin

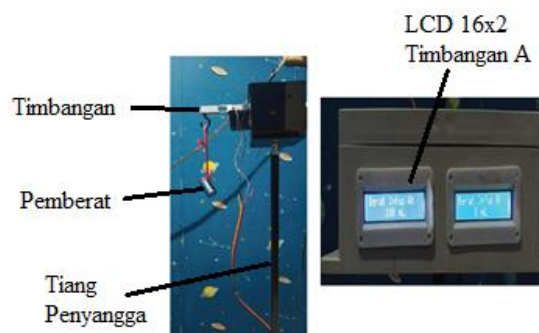
Penerapan sistem login terintegrasi pada website memberikan lapisan keamanan tambahan dengan memastikan hanya pengguna yang berwenang dapat mengakses fitur-fitur tertentu. Mekanisme ini berfungsi untuk menjaga keamanan dan integritas data, sekaligus memberikan pengaturan akses yang sesuai dengan peran masing-masing pengguna di lingkungan rumah sakit, sehingga sistem dapat digunakan secara lebih aman dan terkontrol.

### 3.2. Hasil Pengujian

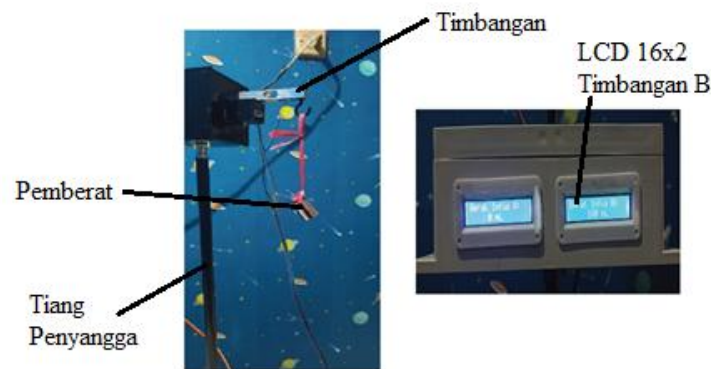
Setelah tahap perancangan prototipe, perakitan komponen elektronik, dan pembuatan aplikasi website selesai, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian menyeluruh menggunakan cairan infus secara langsung. Pengujian ini mencakup tiga bagian utama, yaitu pengujian ketepatan kalibrasi sensor, pengujian penurunan berat pada berbagai kecepatan tetesan infus (pelan, sedang, dan cepat) dalam rentang waktu 0 hingga 180 menit, serta pengujian notifikasi pada website untuk memastikan sistem dapat memberikan peringatan secara akurat dan waktu nyata.

#### 3.2.1. Pengujian Ketetapan Kalibrasi

Pengujian ketepatan kalibrasi dilakukan untuk memastikan sistem mampu menghasilkan pembacaan yang akurat sesuai dengan standar kalibrasi yang telah ditetapkan. Proses pengujian ini dilakukan berdasarkan program kalibrasi awal dengan cara memasang batu kalibrasi seberat 100 gram pada masing-masing sensor Load Cell. Hasil lengkap pengujian ketepatan kalibrasi kedua sensor tersebut dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Kalibrasi Pada Load Cell A

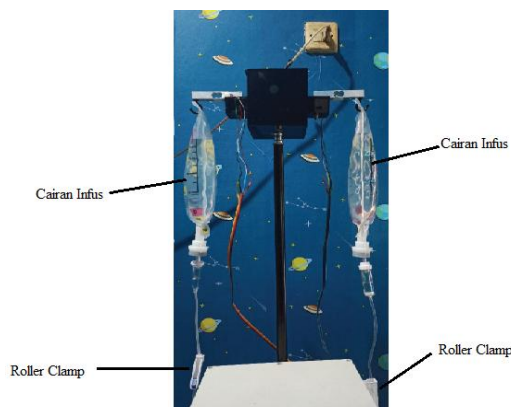


Gambar 11. Kalibrasi Pada Load Cell B

Pada pengujian ketepatan kalibrasi ini, digunakan batu kalibrasi seberat 100 gram sebagai acuan untuk memverifikasi keakuratan pembacaan dari setiap sensor Load Cell. Melalui pengukuran nilai faktor kalibrasi pada masing-masing sensor, dapat diketahui tingkat ketepatan dan konsistensi hasil pembacaan sistem. Hasil pengujian yang ditampilkan pada gambar 10 dan 11, memberikan gambaran visual mengenai tingkat keakuratan kalibrasi yang dicapai oleh setiap Load Cell, sehingga dapat dipastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

### 3.2.2. Hasil Pengujian Terhadap Pengukuran Aliran Tetesan Botol Infus

Setelah proses kalibrasi selesai, dilakukan pengujian pengukuran berat berdasarkan kecepatan tetesan infus menggunakan program utama sistem. Pengujian mencakup tiga kategori kecepatan, yaitu pelan, sedang, dan cepat, dengan durasi 0 sampai 180 menit untuk kecepatan pelan serta 0 sampai 60 menit untuk kecepatan sedang dan cepat. Tujuannya adalah menilai kinerja sensor Load Cell dalam mendeteksi perubahan berat cairan pada berbagai kecepatan aliran. Pengaturan tetesan dilakukan melalui *roller clamp* pada set infus, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Pengaturan Tetesan

Data hasil pengukuran berat cairan infus berdasarkan variasi kecepatan tetesan disajikan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, yang menunjukkan perubahan berat infus pada masing-masing kategori kecepatan.

Tabel 3. Data Pengukuran Berat Berdasarkan Kecepatan Aliran Infus Pelan

Waktu	Infus A			Toleransi (%)	Infus B			Toleransi (%)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
0	100	100	100	0	100	100	100	0
10	97.2	97	97.1	-0.21	98.8	98.6	98.6	-0.2
20	94.4	94.2	94.2	-0.21	95.6	95.4	95.4	-0.21
30	90.8	91	90.8	-0.22	92.4	92.4	92.6	0.22
40	87.6	87.4	87.6	-0.23	89.2	89.4	89.2	0.22
50	84.2	84	84.2	-0.24	86.4	86.4	86.2	-0.23
60	81.2	81.4	81.4	-0.23	83.4	83.6	83.2	-0.23
70	78.4	78.6	78.4	-0.26	80.8	80.8	80.6	-0.26
80	75.8	75.8	75.6	-0.26	78	78	78	-0.26
90	73.2	73.2	73.2	-0.26	75.6	75.6	75.6	-0.26
100	69.4	69.4	69.3	-0.29	72.3	72.4	72.4	-0.26
110	66.3	66.4	66.4	-0.32	69.4	69.6	69.6	-0.26
120	63.2	63.4	63.4	-0.34	66.4	66.8	66.6	-0.26
130	60.4	60.6	60.6	-0.32	63.4	63.4	63.2	0
140	57.2	57.4	57.4	-0.37	60.4	60.6	60.6	0
150	53.6	53.8	53.8	-0.37	57.2	57.4	57.4	0.35
160	50.4	50.2	50.2	0	54.2	54.2	54.4	0
170	47.4	47.2	47.2	0	51.4	51.4	51.4	0
180	44.2	44.4	44.4	0.45	47.8	47.8	47.6	0
Rata-Rata Toleransi				-0.04	Rata-Rata Toleransi			-0.06

Tabel 4. Data Pengukuran Berat Berdasarkan Kecepatan Aliran Infus Sedang

Waktu	Infus A			Toleransi (%)	Infus B			Toleransi (%)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
0	100	100	100	0	100	100	100	0
10	78.2	78	78.2	-0.26	79.8	79.6	79.8	-0.25
20	56.4	56.4	56.2	0	58	58.2	58.2	0.34
30	34.6	34.4	34.8	-0.58	36.2	36	36.2	-0.55
40	12.8	13	12.8	0.16	14.4	14.4	14.2	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
Rata-Rata Toleransi				-0.12	Rata-Rata Toleransi			-0.07

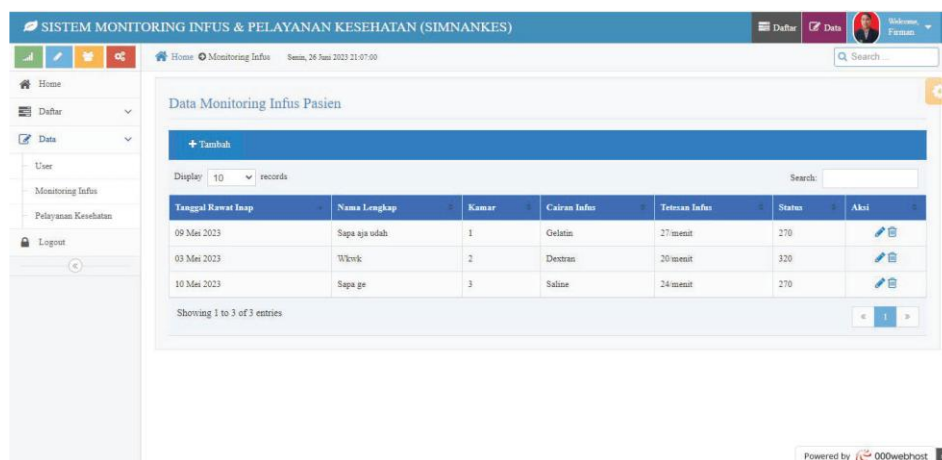
Tabel 5. Data Pengukuran Berat Berdasarkan Kecepatan Aliran Infus Cepat

Waktu	Infus A			Toleransi (%)	Infus B			Toleransi (%)
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	
0	100	100	100	0	100	100	100	0
10	65.8	65.6	65.8	-0.26	67.4	67.2	67.4	-0.30
20	31.6	31.4	31.6	0	33.2	33.2	33.2	0
30	0	0	34.8	-0.58	0	0	0	0
40	0	0	0	0.16	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
	Rata-Rata Toleransi			-0.19	Rata-Rata Toleransi			-0.04

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tiga variasi kecepatan aliran infus pelan, sedang, dan cepat diperoleh data sebagai berikut. Pada aliran pelan, infus A dan B masing-masing memiliki volume awal 500 ml (100%). Setelah 180 menit, volume infus A berkurang menjadi 221 ml (44,2%), sedangkan infus B menjadi 239 ml (47,8%). Rata-rata toleransi pengujian tiga kali menunjukkan nilai -0,04% untuk infus A dan -0,06% untuk infus B. Pada aliran sedang, volume awal infus A dan B juga sebesar 500 ml (100%). Setelah 60 menit, kedua infus habis (0 ml). Hasil rata-rata tiga kali percobaan menunjukkan toleransi sebesar -0,12% untuk infus A dan -0,07% untuk infus B. Sementara itu, pada aliran cepat, volume awal infus A dan B sama, yaitu 500 ml (100%). Setelah 10 menit, volume infus A turun menjadi 329 ml (65,8%) dan infus B menjadi 337 ml (67,4%). Setelah 60 menit, kedua infus habis. Rata-rata toleransi hasil tiga kali pengujian adalah -0,19% untuk infus A dan -0,04% untuk infus B.

### 3.2.3. Hasil Pengujian Terhadap Notifikasi Website

Pengujian terhadap fitur notifikasi pada website dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mengirimkan pesan pemberitahuan secara tepat waktu dan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 13. Pengujian ini berfungsi untuk menjamin keandalan sistem dalam menyampaikan informasi penting kepada perawat atau admin mengenai kondisi botol infus, termasuk perubahan volume cairan maupun peristiwa lain yang berkaitan dengan pemantauan infus secara *real-time*.



Gambar 13. Hasil Pengujian Notifikasi Website

### 3.3. Analisa dan Pembahasan

Setelah rangkaian pengujian selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dan pembahasan hasil. Proses analisis ini mencakup perbandingan antara hasil pengujian dengan standar yang telah ditetapkan, identifikasi terhadap kemungkinan penyebab ketidaksesuaian, serta penelaahan terhadap berbagai faktor yang dapat memengaruhi kinerja sistem. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk menilai sejauh mana sistem mampu memenuhi spesifikasi, kebutuhan, dan tujuan yang telah dirancang sebelumnya.

#### 3.3.1. Analisa Hasil Pengujian Terhadap Pengukuran Berat Botol Infus

Pada tahap analisis ini, dilakukan proses perbandingan antara hasil pengukuran yang diperoleh dari sensor Load Cell dengan hasil pengukuran menggunakan timbangan berakurasi 1 gram dan berkapasitas 10 kilogram. Pengambilan data dilakukan pada setiap penurunan berat sebesar 50 ml untuk Infus A dan Infus B. Selanjutnya, data hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan hasil pengukuran dari timbangan tersebut untuk menilai tingkat akurasi dan konsistensi sensor. Gambaran perbandingan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15.



Gambar 14. Hasil Timbangan Tanpa Load Cell



Gambar 15. Hasil Timbangan Menggunakan Load Cell A Dan B

Data hasil pengukuran yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel 6, yang disusun berdasarkan ilustrasi perbandingan pengukuran yang telah disajikan pada bagian sebelumnya.

Tabel 6. Perbandingan Timbangan Digital Dengan Load Cell

Skala (ml)	Timbangan Digital (ml)	Infus A (ml)	Selisih (ml)	Error (%)	Infus B (ml)	Selisih (ml)	Error (%)
500	500	500	0	0	501	1	0.2
450	450	451	1	0.2	451	1	0.2
400	400	400	0	0	400	0	0
350	350	350	0	0	351	1	0.3
300	300	301	1	0.3	300	0	0
250	250	250	0	0	250	0	0
200	200	201	1	0.5	200	0	0
150	150	150	0	0	151	1	0.6
100	100	100	0	0	100	0	0
Rata-rata			0.33	0.11		0.44	0.14

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa sensor Load Cell pada Infus A dan Infus B memiliki tingkat ketepatan pengukuran yang tergolong baik. Hasil pengukuran yang diperoleh dari sensor menunjukkan tingkat akurasi yang hampir setara dengan timbangan berakurasi 1 gram dan berkapasitas 10 kilogram. Nilai rata-rata error yang diperoleh pada Infus A sebesar 0,11%, sedangkan pada Infus B sebesar 0,14%. Dengan demikian, perbandingan hasil pengukuran antara sensor Load Cell dan timbangan menunjukkan selisih yang sangat kecil, menandakan bahwa perbedaan hasil yang muncul tidak signifikan dan masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima.

Berdasarkan hasil perbandingan dengan penelitian sebelumnya, terdapat perbedaan tingkat akurasi pengukuran. Pada penelitian [8], diperoleh nilai error sebesar 1,11%. Sementara itu, pada penelitian ini, tingkat error yang dihasilkan jauh lebih rendah, yakni sebesar 0,11% untuk Infus A dan 0,14% untuk Infus B. Perbedaan ini menunjukkan adanya peningkatan akurasi sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Pada penelitian [9], diperoleh tingkat error masing-masing sebesar 1,04% dan 1,14%. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya, sehingga dapat dinilai lebih andal dalam melakukan pemantauan volume cairan infus secara presisi.

### 3.3.2. Analisa Hasil Pembacaan Pengukuran

Pada tahap analisis ini, diterapkan konsep batas wajar terhadap hasil pengukuran untuk mencegah terjadinya anomali data atau lonjakan nilai yang berada di luar rentang yang diizinkan. Batas wajar tersebut ditetapkan sebesar 600 ml. Apabila hasil pengukuran melebihi nilai tersebut, sistem akan secara otomatis menampilkan peringatan berupa pesan “Terjadi Lonjakan Data” pada layar LCD maupun pada tampilan website. Peringatan ini berfungsi sebagai indikator bahwa data yang sedang ditampilkan tidak berada dalam kondisi normal, serta menunjukkan kemungkinan adanya kesalahan atau gangguan dalam proses pengukuran. Ilustrasi dari kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 16 dan 17.



Gambar 16. Notifikasi Pada Website Saat Terjadi Lonjakan Data



Gambar 17. Lonjakan Data pada Timbangan A dan B

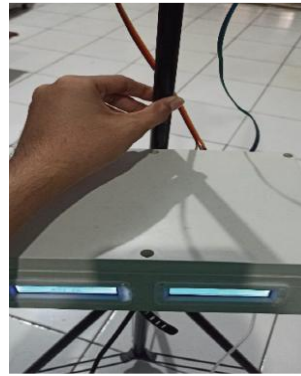
### 3.3.3. Analisa Terhadap Pengukuran Ketika Terdapat Gangguan

Analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi serta mengevaluasi respons sistem ketika terjadi gangguan pada proses pengukuran berat botol infus. Gangguan yang dimaksud meliputi perubahan mendadak pada kecepatan tetesan cairan maupun gangguan mekanis yang terjadi pada perangkat. Berdasarkan Gambar 18, pengujian dilakukan dengan memberikan gangguan pada selang infus, sedangkan pada Gambar 19, analisis dilakukan dengan menimbulkan gangguan pada tiang infus. Pengujian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana sistem mampu mendeteksi dan merespons kondisi abnormal yang dapat memengaruhi akurasi hasil pengukuran.



Gambar 18. Gangguan Pada Selang Infus





Gambar 19. Gangguan Pada Tiang Infus

Ketika terjadi gangguan signifikan pada selang infus, sistem mendeteksi adanya penurunan berat botol infus sekitar 3 gram. Namun, setelah gangguan tersebut berhenti, nilai pengukuran kembali ke kondisi semula. Kondisi serupa juga teramati ketika tiang infus mengalami pergerakan bebas; saat tiang melewati permukaan yang tidak rata, hasil pengukuran sempat menurun sekitar 3 gram, tetapi kembali stabil setelah tiang berada di jalur yang mulus. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan diri terhadap gangguan mekanis sementara tanpa menimbulkan perubahan signifikan terhadap akurasi pengukuran secara keseluruhan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem pemantauan botol infus berbasis IoT berhasil dirancang dan berfungsi dengan baik. Hasil perbandingan antara sensor dan timbangan digital menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan error sebesar 0,11% pada Load Cell A dan 0,14% pada Load Cell B. Pengujian pada berbagai kecepatan aliran infus menunjukkan toleransi yang masih dalam batas wajar, dan sistem mampu mengirimkan data serta menampilkan notifikasi secara tepat waktu. Saat terjadi gangguan mekanis, berat infus sempat menurun sekitar 3 ml namun kembali normal setelah gangguan berakhir, menandakan stabilitas sistem yang baik. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penambahan fitur pemantauan multi-infus, kontrol tetesan, perekaman data otomatis, pengujian langsung pada pasien, peningkatan stabilitas Load Cell, serta penggunaan VPN guna menjaga keandalan koneksi dan integritas data.

#### Referensi

- [1] M. Safitri, H. Da Fonseca, and E. Loniza, "Short text message based infusion fluid level monitoring system," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 2, pp. 60–64, 2021, doi: 10.18196/jrc.2253.
- [2] G. M. Eastwood *et al.*, "Intravenous fluid administration and monitoring for adult ward patients in a teaching hospital," *Nurs. Health Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 265–271, Jun. 2012, doi: 10.1111/j.1442-2018.2012.00689.x.
- [3] T. Afrianda and A. Asman, "Design And Implementation of Intravenous Infusion Monitoring System Based on Wireless Sensor Network with Smartphone Display," *J. Exp. Appl. Phys.*, vol. 2, no. 1, pp. 106–117, 2024. Available: <https://doi.org/10.24036/jeap.v2i1>.
- [4] R. Yulianto and Sumarno, "Design of Intravenous Fluid Monitoring in Inpatients Based on Internet of Things (IoT)," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 2, no. 2, 2022, doi: 10.21070/pels.v2i2.1221.
- [5] H. Meng, F. Chen, L.-H. He, and J.-H. Wan, "The effects of using a micro-infusion pump without accompanying fluid at a low flow rate on patients undergoing cardiac surgery," *Transpl. Immunol.*, vol. 73, p. 101611, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.trim.2022.101611.
- [6] K. E. Swedarma, I. K. Saputra, F. Tri Mulyani Hastuti, and D. Irfan Mudhoep, "Infusion Fluid Monitoring System Using Arduino Microcontroller and Internet of Think (IoT) to Increase Work Efficiency of Nurses in Hospital," *Nurs. Heal. Sci. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 175–183, 2023, doi: 10.53713/nhsj.v3i2.204.
- [7] F. MSN, A. Muhajar, A. Chobir, and A. U. Rahayu, "Sistem Kendali dan Monitoring Infus Berbasis



- Internet of Things,” *J. Appl. Electr. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 10–16, 2022, doi: 10.30871/jaee.v6i1.4017.
- [8] G. Priyandoko, “Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 56–61, 2021, doi: 10.37905/jjee.v3i2.10508.
- [9] K. N. T. Yayer, W. A. Weliamto, R. Sitepu, and H. Pranjoto, “Monitoring Dan Penghentian Cairan Infus Menggunakan Timbangan Infus Digital Dengan Memanfaatkan Web Server,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 55–64, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3601.