

Pengembangan Prototipe Infus Berbasis *Internet Of Things* Untuk *Monitoring* Pasien Secara *Real Time*

1st Sonia Rachel Dwi Laura Br
Sigalingging
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
soniasigalingging@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Rifalia Witri Arsyada
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
rifaliawitri@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Mario Kevin Pratama Woy
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
mariokevin@student.telkomuniversity.ac.id

4th Rangga Saputra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
ranggars@student.telkomuniversity.ac.id

5th Irmayatul Hikmah, S.Si., M.Si
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
irmayatulh@telkomuniversity.ac.id

6th Sevia Indah Purnama, S.ST., M.T
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Purwokerto, Indonesia
seviaindah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Prototipe infus yang dilengkapi IoT ini dirancang untuk membangun sistem pemantauan real-time terhadap cairan infus pasien, meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam pelayanan kesehatan. Dengan menggunakan sensor sel beban untuk mengukur berat kantong infus, sistem ini mentransmisikan data secara nirkabel melalui WiFi ke aplikasi *Blynk*. Peringatan otomatis akan dikirimkan kepada staf perawat ketika volume infus mendekati ambang batas minimum yang telah ditentukan. Penilaian kinerja mencakup empat area utama: fungsi peringatan, presisi sensor, perhitungan tetes per menit (DPM), dan kualitas jaringan. Uji peringatan memastikan sistem secara andal menyalakan indikator LED dan menghasilkan notifikasi saat tingkat cairan mencapai atau turun di bawah 50 ml. Evaluasi presisi membandingkan *output* sensor beban dengan timbangan digital yang dikalibrasi. Sensor 1 menunjukkan MAE sebesar 0.416666667 (0.14970%) dan RMSE sebesar 0.6454972244 (0.232%). Sensor 2 menunjukkan MAE sebesar 0.3846153846 (0.12837%) dan RMSE sebesar 0.6201736729 (0.207%). Pengujian akurasi DPM menunjukkan Sensor 1 mencapai MAE sebesar 3.91011236 (19,55%) dan RMSE sebesar 4.546884351 (22,73%). Sensor 2, bagaimanapun, menunjukkan kesalahan yang lebih tinggi: MAE sebesar 5.714285714 (28,57%) dan RMSE sebesar 7.55928946 (37,80%). Akhirnya, metrik Kualitas Layanan (QoS) menunjukkan latensi rata-rata 1,502 ms (Sangat Baik), throughput 57,45 Kbps (Moderat), tingkat kehilangan paket yang signifikan sebesar 41,08% (Sangat Buruk), dan nilai jitter 3,296 ms (Baik).

Kata kunci—Infus, Load Cell, Platform *Blynk*, QoS, ESP32, *Monitoring Real-time*

I. PENDAHULUAN

Dengan pesatnya kemajuan teknologi, berbagai inovasi baru telah diciptakan untuk mempermudah kehidupan manusia di berbagai bidang, termasuk sektor kesehatan. Teknologi ini memungkinkan pekerjaan yang sebelumnya dilakukan secara manual untuk digantikan atau dibantu oleh sistem otomatis, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi dan mengurangi kemungkinan kesalahan manusia. Salah satu bidang yang paling diuntungkan dari kemajuan teknologi ini adalah pemantauan infus di rumah sakit [1].

Infus merupakan perangkat medis yang sangat penting dan kerap digunakan untuk memberikan cairan, vitamin, dan obat-obatan kepada pasien secara berkelanjutan [2]. Infus dipasang dengan tujuan untuk membantu pasien memulihkan cairan yang hilang, menyediakan nutrisi, serta membawa obat ke dalam tubuh pasien. Proses penggantian infus harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari timbulnya komplikasi yang dapat memperburuk keadaan pasien jika penggantian dilakukan terlambat [3].

Salah satu tanggung jawab perawat terhadap pasien adalah memastikan bahwa laju tetesan infus sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh dokter, untuk menjaga kenyamanan dan memastikan keselamatan pasien [4]. Di bidang pelayanan kesehatan, penggantian infus harus dilakukan tepat waktu, karena jika terlambat, hal ini dapat menimbulkan problem lain, seperti emboli udara yang bisa terjadi akibat masuknya udara ke dalam selang infus, yang berpotensi menghambat peredaran darah [5]. Namun dalam implementasinya, cairan infus kerap kali habis sebelum sempat diganti. Kondisi ini umumnya terjadi karena jumlah pasien yang harus diawasi tidak sebanding dengan jumlah perawat yang ada, khususnya pada malam hari saat jumlah tenaga medis yang berjaga lebih sedikit [6]. Dibutuhkan kesiapsiagaan dari tenaga medis, agar

infus yang telah habis dapat segera diganti. Sehingga, keterlambatan pergantian infus yang menyebabkan darah masuk dan naik ke dalam selang atau kantong infus dapat diminimalisir [7].

Saat ini, teknologi pemantauan telah berkembang menjadi alat yang krusial dalam meningkatkan mutu layanan kesehatan, khususnya dalam menunjang efisiensi kerja. Di lingkungan rumah sakit, pemantauan volume infus menjadi sangat penting agar cairan tetap dalam kondisi terkontrol [8].

Sejalan dengan pertumbuhan teknologi IoT, banyak penelitian yang mulai menggabungkan IoT, mikrokontroler, serta teknologi cloud untuk membangun sistem monitoring infus yang lebih modern dan adaptif [9]. Dalam menghadapi persoalan ini, diperlukan suatu perangkat yang dapat membantu petugas medis dalam memantau infus pasien secara efisien.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah sistem pemantauan berat kantong infus berbasis IoT [10]. Inovasi ini menawarkan solusi hemat tenaga dan waktu, karena mampu menjalankan pemantauan dari jarak jauh melalui perangkat seperti komputer maupun ponsel pintar [11]. Teknologi ini bekerja dengan menggunakan sensor *load cell* untuk menimbang kantong infus, kemudian menghitung sisa volume cairan dari awal pemasangan hingga hampir habis. Sistem ini juga terkoneksi dengan basis data secara real-time, sehingga memungkinkan proses pemantauan berlangsung secara terus-menerus.

Selain itu, sistem ini dilengkapi fitur peringatan berupa notifikasi serta indikator LED yang akan menyala untuk menandai kamar pasien yang perlu diperhatikan. Informasi status infus juga dapat langsung dilihat oleh petugas dari ruang perawat [12].

Prototipe infus berbasis IoT ini dirancang untuk membantu perawat dalam mengelola infus pasien secara lebih efisien. Dengan adanya notifikasi yang dikirim ke perangkat Android, perawat bisa segera melakukan persiapan penggantian infus sebelum cairan benar-benar habis. Perangkat ini juga mendukung pengaturan tetesan infus secara otomatis melalui aplikasi, sehingga proses pemantauan menjadi lebih cepat, praktis, dan mendukung peningkatan kualitas layanan terhadap pasien.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT)

IoT merupakan konsep yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung dan saling bertukar data melalui internet tanpa memerlukan interaksi langsung antar individu [13]. Pemanfaatan IoT dalam sektor pelayanan kesehatan memungkinkan pemantauan kondisi pasien secara langsung dari jarak jauh, yang dapat meningkatkan efisiensi layanan medis dan kecepatan respons terhadap kondisi darurat [14].

B. Sistem Monitoring Infus

Infus digunakan sebagai metode medis untuk menyalurkan cairan ke dalam tubuh pasien melalui pembuluh darah (vena), guna menjaga keseimbangan cairan tubuh, memberikan obat, serta memberikan nutrisi pada pasien yang tidak bisa makan dan minum secara normal [15]. Pemantauan cairan infus penting dilakukan

guna mencegah risiko komplikasi akibat kantong infus yang kosong, seperti emboli udara, yang bisa terjadi jika kantong infus dibiarkan kosong. Sistem monitoring otomatis bertujuan untuk mengatasi tantangan pengawasan manual yang kurang efisien.

C. Sensor Load Cell

Sensor beban atau *load cell* merupakan jenis sensor yang mampu mendeteksi adanya perubahan gaya beban fisik pada suatu objek, yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat dianalisis [16]. Komponen alat elektronika ini sering dimanfaatkan sebagai sistem pengukur berat, karena sistem kerjanya yang mana ketika sebuah beban diberikan pada bagian logam utamanya, maka akan terjadi perubahan nilai hambatan listrik pada elemen *strain gauge* yang terpasang di dalamnya. Dalam sistem ini, *load cell* digunakan untuk melakukan pemantauan berat kantong infus secara terus-menerus [17].

Sinyal analog yang dihasilkan oleh *load cell* kemudian diperkuat dan dikonversi menjadi data digital oleh modul HX711, sebuah *Analog-to-Digital Converter* (ADC) 24-bit presisi tinggi, sehingga data berat dapat diproses secara akurat oleh mikrokontroler [18].

D. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sebuah *System on a Chip* (SoC) yang memiliki konsumsi daya rendah berdaya rendah yang sudah terintegrasi dengan fitur jaringan nirkabel seperti Wi-Fi dan *Bluetooth* [19]. Dengan prosesor *dual-core* dan berbagai antarmuka komunikasi, ESP32 menjadi pilihan ideal untuk perangkat IoT. Kemampuannya dalam menangani komunikasi nirkabel secara efisien sangat relevan untuk mengirimkan data sensor dari perangkat ke platform *cloud* [20].

E. Platform Blynk

Blynk merupakan platform IoT yang menyediakan infrastruktur *backend* (server), aplikasi seluler, dan pustaka perangkat keras untuk mempermudah pengembangan proyek IoT [21]. *Blynk* memungkinkan pengguna merancang dashboard secara visual untuk memantau data secara real-time dari perangkat yang terhubung. Dalam penelitian ini, *Blynk* digunakan sebagai dashboard pemantauan jarak jauh bagi tenaga medis.

F. Quality of Service (QoS)

QoS merupakan indikator performa jaringan yang digunakan untuk mengatur lalu lintas data dalam jaringan agar transmisi berjalan optimal [22]. Untuk sistem IoT yang bergantung pada koneksi nirkabel, analisis QoS sangat penting untuk memastikan keandalan pengiriman data. Parameter yang diukur meliputi *throughput* (laju transfer data efektif), *packet loss* (persentase paket yang hilang), *delay* (waktu tunda pengiriman), dan *jitter* (variasi *delay*), yang secara kolektif menentukan kualitas dan stabilitas koneksi jaringan [23].

III. METODE

Penelitian dilakukan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode eksperimen untuk merancang dan menguji sistem monitoring infus. Tahapan penelitian

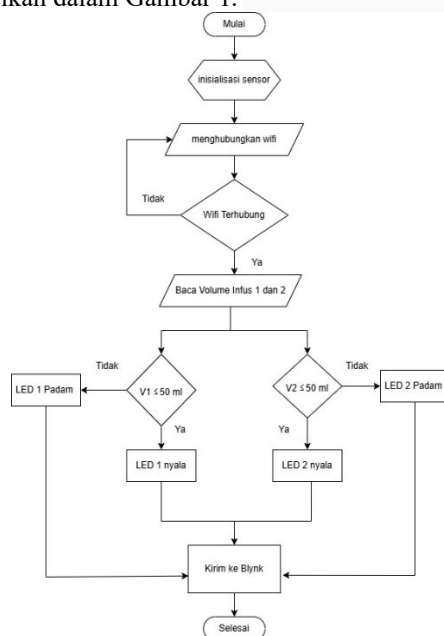
meliputi studi literatur, perancangan *software* dan *hardware* implementasi, pengujian fungsional dan performa sistem, serta evaluasi. Data dikumpulkan secara numerik untuk menganalisis akurasi pembacaan sensor, respons indikator, dan kestabilan pengiriman data.

A. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang terdiri dari dua unit utama yang saling berkomunikasi: unit pengirim (*transmitter*) dan unit penerima (*receiver*).

1. *Transmitter*: Unit ini berfungsi sebagai pengukur berat cairan infus. Terdiri dari dua buah sensor *load cell* (kapasitas 1 kg) yang masing-masing terhubung ke modul penguat sinyal HX711. Nilai hasil pembacaan dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32, lalu dikirimkan secara nirkabel dalam interval waktu lima menit melalui protokol ESP-NOW.
2. *Receiver*: Unit ini berfungsi sebagai jembatan komunikasi dan pusat notifikasi. Sebuah mikrokontroler ESP32 kedua menerima data berat dari unit *transmitter*. Data tersebut kemudian dikirimkan ke platform *cloud Blynk* melalui koneksi Wi-Fi untuk pemantauan jarak jauh. Selain itu, unit ini mengendalikan dua buah LED sebagai indikator visual lokal yang akan aktif jika kondisi infus kritis.

Alur kerja sistem secara keseluruhan, mulai dari inisialisasi sensor hingga pengiriman notifikasi pengguna, ditampilkan dalam Gambar 1.



GAMBAR 1
ALUR KERJA SISTEM MONITORING INFUS

B. Alat dan Bahan

Perangkat keras utama yang digunakan dalam perancangan prototipe meliputi: dua buah Mikrokontroler ESP32, dua buah Sensor *Load Cell*, dua buah Modul HX711, dan LED. Untuk pengembangan dan analisis, digunakan perangkat lunak Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, platform *Blynk* untuk antarmuka pemantauan, dan *Wireshark* untuk analisis kualitas jaringan.

C. Skenario Pengujian

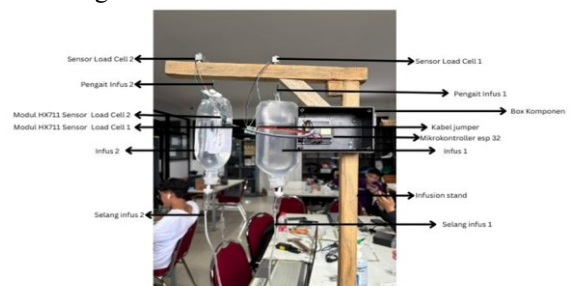
Evaluasi sistem dilakukan melalui empat skenario pengujian utama untuk memvalidasi fungsionalitas dan keandalannya.

1. **Pengujian Sistem Notifikasi**: Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem mampu memberikan peringatan saat jumlah cairan infus berkurang hingga batas tertentu. Dengan cara membiarkan volume infus menurun secara alami. Sistem dinyatakan berfungsi dengan baik apabila dapat secara otomatis menyalakan indikator LED dan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi *blynk* ketika volume infus terdeteksi mencapai ambang batas yang ditentukan yaitu ≤ 50 ml.
2. **Pengujian Akurasi Sensor**, diuji dengan cara membandingkan hasil data sensor *load cell* terhadap alat ukur standar berupa timbangan digital. Pengukuran dilakukan pada berbagai tingkat volume cairan. Selisih hasil pengukuran dianalisis menggunakan dua parameter evaluasi kesalahan, yakni *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui rata-rata deviasi dan sebaran kesalahan dari hasil pengukuran sensor.
3. **Pengujian Tetes Per Menit (TPM)**: Kemampuan sistem dalam mengestimasi laju tetesan diuji dengan menghitung perubahan volume yang tercatat setiap interval waktu lima menit. Nilai selisih volume ini kemudian dikonversi menjadi satuan tetes per menit (TPM) dengan acuan standar infus makro (20 tetes/ml).
4. **Pengujian *Quality of Service* (QoS)**: Evaluasi performa jaringan nirkabel dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Wireshark*. Dalam proses ini, lalu lintas data antara *receiver* dan server *Blynk* direkam untuk dianalisis lebih lanjut. Empat parameter utama yang diukur meliputi *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, guna menilai sejauh mana kualitas koneksi mendukung transmisi data pada sistem pemantauan infus.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Sistem

Sistem prototipe pemantauan infus berbasis IoT telah berhasil dibangun dan diuji. Fungsi utama sistem ini dibuat untuk melakukan pemantauan volume cairan infus secara langsung (*real-time*) menggunakan teknologi IoT.



GAMBAR 2
TAMPILAN *HARDWARE* PENGIRIM

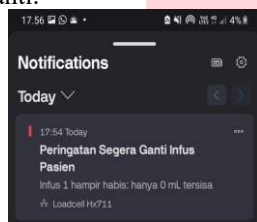
Pada Gambar 2, perangkat pengirim menggunakan sensor load cell yang dipasang pada tiang infus untuk mendeteksi volume cairan secara berkala, ESP32 sebagai pengolah dan pengirim data, serta modul Wi-Fi untuk koneksi ke jaringan internet. Data berat infus dikirimkan secara periodik setiap lima menit ke aplikasi *Blynk*.



GAMBAR 3

TAMPILAN *HARDWARE* PENERIMA

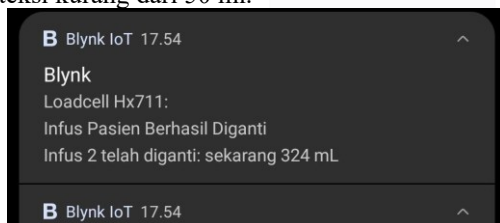
Perangkat penerima yang ditampilkan pada Gambar 3 ditempatkan di ruang pengguna. Perangkat ini berfungsi untuk menerima data dari perangkat pengirim yang kemudian dikirimkan ke aplikasi *Blynk*. Indikator LED akan menyala secara otomatis sebagai tanda bahwa infus perlu segera diganti.



GAMBAR 4

NOTIFIKASI INFUS KETIKA CAIRAN HAMPIR HABIS

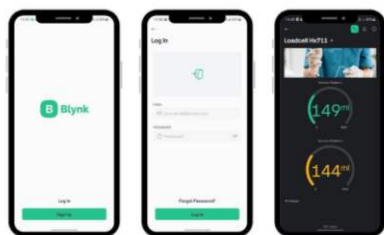
Gambar 4 menampilkan pesan peringatan yang muncul di aplikasi *Blynk* melalui perangkat *smartphone*. Notifikasi ini dikirim otomatis oleh sistem ketika volume cairan infus terdeteksi kurang dari 50 ml.



GAMBAR 5

TAMPILAN NOTIFIKASI INFUS SETELAH DIGANTI

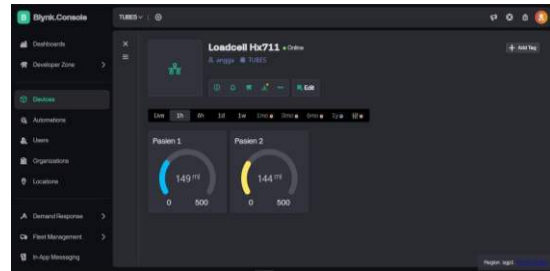
Gambar 5 menunjukkan notifikasi yang menginformasikan bahwa proses penggantian infus telah berhasil dilakukan, ditunjukkan dengan keterangan volume cairan yang telah kembali ke kondisi normal yaitu lebih dari 50 ml. Notifikasi tersebut turut memberikan update volume infus secara *real time* dalam satuan mililiter.



GAMBAR 6

ANTARMUKA MONITORING VOLUME INFUS DI SMARTPHONE
Tampilan yang ditunjukkan Gambar 6 menunjukkan antarmuka pengguna pada aplikasi *Blynk* yang diakses melalui *smartphone*. Aplikasi ini menampilkan dua panel terpisah yang digunakan untuk memantau sisa cairan infus dari masing-masing pasien. Visualisasi data disajikan dalam bentuk *gauge* guna mempermudah proses

pemantauan, dengan pembaruan nilai berat cairan yang diperbarui secara otomatis.



GAMBAR 7

TAMPILAN DATA INFUS PADA DESKTOP

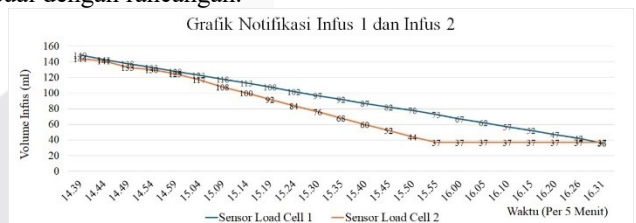
Gambar 7 menampilkan tampilan versi desktop atau laptop dari aplikasi yang sama. Kedua tampilan tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran berat infus dan menyajikan data secara *real-time* melalui koneksi internet.

B. Hasil Pengujian

Evaluasi sistem dilakukan melalui empat skenario pengujian utama yang telah dijelaskan pada bagian Metode. Hasil dari setiap pengujian dipaparkan dan dianalisis sebagai berikut.

1. Pengujian Fungsionalitas Sistem dan Notifikasi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi utamanya dalam memantau volume cairan dan memberikan peringatan secara *real-time*. Sistem secara konsisten mengaktifkan indikator LED dan mengirimkan notifikasi ke aplikasi *blynk* ketika volume infus terdeteksi berada pada atau di bawah ambang batas 50 ml. Dari Gambar 7, terlihat bahwa respons sistem terjadi tepat waktu sesuai dengan penurunan volume. Perbedaan waktu aktivasi notifikasi antara kedua sensor disebabkan oleh variasi minor pada laju aliran infus yang diatur secara manual. Hasil ini memvalidasi bahwa mekanisme peringatan dini pada sistem berfungsi dengan andal dan sesuai dengan rancangan.



GAMBAR 7

GRAFIK PEMANTAUAN VOLUME INFUS DAN TITIK AKTIVASI NOTIFIKASI

2. Analisis Akurasi Sensor *Load Cell*

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi ketepatan pembacaan sensor *load cell* dengan cara membandingkannya terhadap timbangan digital. Hasil pengujian yang ditunjukkan oleh tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa kedua sensor memberikan akurasi yang sangat tinggi. Sensor pertama tercatat nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,4167 dengan persentase kesalahan 0,15%, sedangkan sensor kedua mencatat MAE sebesar 0,3846 dengan persentase kesalahan 0,13%. Nilai kesalahan yang rendah ini menunjukkan bahwa sensor *load cell* mampu melakukan pengukuran berat infus dengan presisi tinggi dan dapat diandalkan untuk aplikasi medis.

TABEL 1
PENGUJIAN AKURASI SENSOR *LOAD CELL* 1

No.	Timbangan Digital (gr)	Sensor <i>Loadcell</i> (gr)	Error Absolut	Error Kuadrat
1.	556	555	1	1
2.	500	499	1	1
3.	450	450	0	0
4.	400	399	1	1
5.	350	349	1	1
6.	300	300	0	0
7.	250	250	0	0
8.	200	200	0	0
9.	150	150	0	0
10.	100	101	1	1
11.	50	50	0	0
12.	34	34	0	0
Mean Absolute Error (MAE)			0,4166666667	-
Persentase Mean Absolute Error			0,14970%	-
Root Mean Square Error (RMSE)			-	0,6454972244
Persentase Root Mean Square Error			-	0,232%

Tabel 1 menampilkan hasil uji akurasi pada sensor *load cell* 1. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai *error* yang terdeteksi sangat kecil. Pada sejumlah pengujian yang dilakukan menunjukkan *error* bernilai nol. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor *load cell* 1 memiliki performa akurasi yang tinggi.

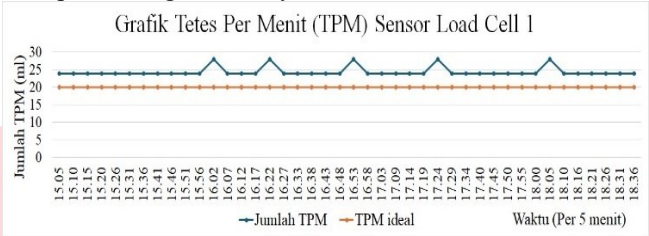
TABEL 2
PENGUJIAN AKURASI SENSOR *LOAD CELL* 2

No.	Timbangan Digital (gr)	Sensor <i>Loadcell</i> (gr)	Error Absolut	Error Kuadrat
1.	555	555	0	0
2.	550	549	1	1
3.	500	499	1	1
4.	450	450	0	0
5.	400	400	0	0
6.	350	349	1	1
7.	300	300	0	0
8.	250	250	0	0
9.	200	200	0	0
10.	150	149	1	1
11.	100	100	0	0
12.	50	51	1	1
13.	40	40	0	0
Mean Absolute Error (MAE)			0,3846153846	-
Persentase Mean Absolute Error			0,12837%	-
Root Mean Square Error (RMSE)			-	0,6201736729
Persentase Root Mean Square Error			-	0,207%

Tabel 2 menyajikan hasil uji akurasi sensor *load cell* 2 dengan metode pengujian yang sama. Nilai *error* yang dihasilkan tergolong sangat kecil atau rendah, menunjukkan bahwa sensor *load cell* 2 juga memiliki tingkat keandalan tinggi dan sesuai untuk digunakan dalam sistem monitoring infus.

3. Estimasi Tetes Per Menit (TPM)

Kemampuan sistem untuk mengestimasi laju tetesan (TPM) menunjukkan hasil yang bervariasi. Sensor 1 menghasilkan nilai MAE sebesar 3,91 TPM (*error* 19,55%), sementara Sensor 2 menghasilkan MAE 5,71 TPM (*error* 28,57%). Tingkat *error* yang relatif tinggi pada pengukuran TPM tidak mengindikasikan kegagalan sensor, melainkan merefleksikan tantangan dalam menjaga laju aliran infus yang stabil secara manual selama pengujian. Meskipun demikian, sistem tetap terbukti sensitif dalam mendeteksi setiap perubahan volume, yang merupakan fungsi utamanya.

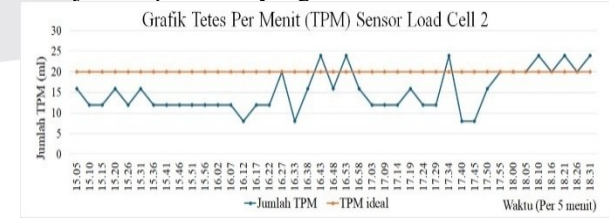


GAMBAR 8
GRAFIK TPM SENSOR *LOADCELL* 1

Gambar 8 memperlihatkan hasil perubahan laju tetesan infus per menit (TPM) yang tercatat oleh sensor *load cell* 1 selama proses pengujian. Pengukuran dilakukan secara periodik setiap lima menit. Dalam grafik tersebut, terdapat dua garis pembanding: garis berwarna biru menggambarkan hasil pembacaan TPM aktual dari sensor, sedangkan garis berwarna oranye merepresentasikan nilai acuan standar medis, yaitu 20 tetes per menit.

Secara umum, grafik menunjukkan bahwa nilai TPM cenderung stabil di kisaran 24 tetes per menit, meskipun terdapat sedikit fluktuasi yang kemungkinan disebabkan oleh perubahan kecil dalam aliran infus maupun respon dari sensor. Ketika nilai TPM lebih dari 20, ini menunjukkan bahwa cairan mengalir lebih cepat dari standar, sementara nilai di bawah 20 menandakan laju yang lebih lambat. Pada tahap awal pengujian, laju tetesan relatif stabil antara 24 hingga 27 tetes per menit tanpa adanya perubahan yang signifikan.

Sepanjang periode pengujian, tidak terdeteksi penurunan drastis pada nilai TPM, yang mengindikasikan bahwa aliran infus tetap lancar dan belum menunjukkan tanda-tanda habis atau tersumbat. Hasil ini juga memperlihatkan bahwa Sensor *Load Cell* 1 bekerja dengan baik dalam merekam laju aliran cairan secara real-time dan menunjukkan performa yang stabil serta akurat



GAMBAR 9
GRAFIK TPM SENSOR *LOADCELL* 2

Pada Gambar 9, merupakan bentuk grafik dari hasil pengujian TPM pada sensor *load cell* kedua. Pada pengujian kedua, grafik memperlihatkan fluktuasi yang lebih besar dan tidak stabil dibandingkan dengan Sensor *Load Cell* 1. Terdapat peningkatan nilai TPM yang menunjukkan adanya ketidakaturan dalam aliran infus, yang kemungkinan disebabkan oleh pengaturan klem infus

yang kurang stabil. Pola grafik yang tidak merata ini mengindikasikan bahwa sensor memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan bobot, sehingga mampu mendeteksi fluktuasi dalam laju aliran infus secara rinci.

Perbandingan antara hasil pembacaan aktual dengan nilai standar memperlihatkan bahwa sensor mampu mengenali kondisi tidak normal pada perubahan beban. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kemampuan untuk memantau fluktuasi laju aliran infus secara rinci dan konsisten sepanjang durasi pengujian yang telah ditetapkan.

4. Analisis *Quality of Service* (QoS) Jaringan

Analisis QoS pada koneksi jaringan sistem menunjukkan hasil yang beragam. Hasil pengujian yang dicatat pada Tabel 3 menunjukkan bahwa parameter *delay* (1,502 ms) dan *jitter* (3,296 ms) berada dalam rentang optimal, yang mengindikasikan proses transmisi data berlangsung cepat dan stabil. Nilai *throughput* sebesar 57,45 Kbps juga dinilai cukup (kategori "Sedang"). Namun, tantangan utama teridentifikasi pada nilai *packet loss* yang sangat tinggi (41,08%), yang masuk dalam kategori "Sangat Buruk". Tingginya kehilangan paket ini kemungkinan besar disebabkan oleh ketidakstabilan jaringan Wi-Fi di lingkungan pengujian dan menunjukkan bahwa keandalan sistem di lingkungan klinis akan sangat bergantung pada infrastruktur jaringan yang stabil.

TABEL 3

PERBANDINGAN PARAMETER QOS HASIL PERHITUNGAN

Parameter QoS	Hasil Pengujian	Kategori	Indeks	Keterangan
<i>Throughput</i>	57,45 Kbps	Sedang	2	Hasil pengukuran throughput menunjukkan bahwa kemampuan jaringan dalam mentransfer data berada pada tingkat yang cukup baik. Nilai ini menunjukkan bahwa proses pengiriman data pada sistem pemantauan infus berbasis IoT dapat berjalan dengan lancar, mengingat sistem ini tidak membutuhkan kapasitas bandwidth yang besar.
<i>Packet Loss</i>	41,08%	Sangat Buruk	1	Persentase kehilangan paket data sangat tinggi, dan melampaui batas normal, menandakan adanya gangguan kestabilan jaringan. Sehingga dibutuhkan koneksi yang stabil dan pengurangan interferensi jaringan untuk menjaga performa sistem.
<i>Delay</i>	1,502 ms	Sangat Bagus	4	Waktu tunda transmisi sangat

				rendah menunjukkan bahwa jaringan memiliki kecepatan respon yang tinggi serta mendukung kinerja sistem secara <i>real time</i> .
<i>Jitter</i>	3,296 ms	Bagus	3	Nilai jitter yang dihasilkan menunjukkan bahwa variasi waktu tunda antar paket relatif stabil dan berada dalam rentang toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi yang membutuhkan komunikasi data <i>real time</i> .

V. KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan berhasil merancang dan menguji sistem pemantauan cairan infus, yang mana sistem mampu melakukan deteksi jumlah cairan infus secara akurat dan *real time*. Dibuktikan dengan tingkat kesalahan pengukuran sensor *load cell* yang sangat rendah ($MAE < 0,5\%$). Mekanisme notifikasi peringatan dini juga terbukti andal, di mana sistem secara konsisten memberikan peringatan visual dan notifikasi ke aplikasi *Blynk* saat volume infus mencapai ambang batas kritis ≤ 50 ml. Meskipun estimasi Tetes Per Menit (TPM) menunjukkan variasi yang disebabkan oleh ketidakstabilan aliran manual, sistem tetap terbukti sensitif dalam mendeteksi setiap perubahan volume. Tantangan utama yang teridentifikasi adalah pada performa jaringan, di mana tingginya nilai *packet loss* (41,08%) menunjukkan bahwa keandalan sistem di lingkungan klinis akan sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur jaringan yang stabil untuk menjamin integritas data.

REFERENSI

- [1]L. C. Asyari and A. Budiman, "Alat Monitoring Infus Berbasis IoT," *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, pp. 183–188, 2021.
- [2]T. Akbar and I. Gunawan, "Prototype Sistem Monitoring Infus Berbasis IoT (Internet of Things)," *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, vol. 4, no. 2, pp. 155–163, 2020.
- [3]A. G. Purwosunu, H. Pujiharsono, and I. Hikmah, "Sistem Prediksi Pergantian Infus Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, vol. 5, no. 2, pp. 86–96, 2023.
- [4]H. W. Sinaga, F. Sjafrina, S. N. Rekayasa, S. Teknologi, T. D. Hendrawati, and R. A. Ruswandi, "Sistem pemantauan tetesan cairan infus berbasis Internet of Things," *Prosiding Seminar SeNTIK*, vol. 1, no. 1, pp. 25–32, 2021.
- [5]J. D. Liestanto, I. G. P. W. W. Wirawan, and A. H. Jatmika, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Massa Infus Berbasis Iot Menggunakan Sensor Load Cell Dan Vibration Motor Untuk Notifikasi," *Jurnal Teknologi*

Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTIKA), vol. 5, no. 1, pp. 42–52, 2023.

[6] R. Sulaiman, Z. Azhar, and T. Christy, “Perancangan Sistem Alat Pemantauan Cairan Infus Pada Klinik Utama Tanjung Balai Berbasis Nodemcu,” *JUTSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, vol. 1, no. 3, pp. 211–218, 2021.

[7] D. Retno, M. W. Sari, and P. W. Ciptadi, “Pengembangan Sistem Kontrol dan Monitoring Jumlah Tetesan Infus Pada Pasien Menggunakan Android,” *Seminar Nasional Dinamika Informatika*, pp. 150–154, 2021.

[8] P. Bawang And B. Otomatis, “Jurnal Prasetiya Komputer,” Vol. 1, No. 1, Pp. 18–30, 2023.

[9] P. Lansia, “Sistem Pemantauan Terapi Intravena (Iv) Berbasis Iot Untuk Perawatan Lansia 1.2,” Vol. 15, No. 4, Pp. 942–953, 2024.

[10] M. Mahpuz, H. Bahtiar, M. Sadali, and F. Kurniawan, “Prototype Monitoring Kantung Cairan Infus Berbasis Internet Of Things (IOT),” *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 189–198, 2023.

[11] S. N. Rekayasa and S. Teknologi, “Monitoring Kapasitas Infus Pada Pasien Berbasis Internet of,” *Seminar Nasional Rekayasa, Sains dan Teknologi Vol 2 No 1 Tahun 2022*, pp. 65–76, 2022.

[12] I. Sucipta, J. W. Simatupang, C. Kaswandi, and I. Purnama, “Prototipe Pemantauan Tetes Cairan Infus Berbasis IoT Terkoneksi Perangkat Android,” *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 3, p. 113, 2021.

[13] W. W. Anggoro, “The Perancangan dan Penerapan Kendali Lampu Ruangan Berbasis IoT (Internet of Things) Android,” *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 8, no. 3, pp. 1596–1606, 2021.

[14] V. Rahmadhani and Widya Arum, “Literature Review Internet of Think (Iot): Sensor, Konektifitas Dan Qr Code,” *Jurnal Manajemen Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, vol. 3, no. 2, pp. 573–582, 2022.

[15] G. Priyandoko, “Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 56–61, 2021.

[16] A. F. Saiful Rahman, M. W. Kasrani, and I. Muslimin, “Prototipe Timbangan Digital Pada Gudang Sembako Berbasis Web,” *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 6, no. 2, pp. 222–227, 2022.

[17] Y. Mukhammad, A. Santika, and S. Haryuni, “Analisis Akurasi Modul Amplifier HX711 untuk Timbangan Bayi,” *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 24–28, 2022.

[18] A. Apriansyah, A. Fauzi, and S. Faisal, “Penerapan Fuzzy Logic Untuk Menentukan Indeks Massa Tubuh (IMT) Berbasis Internet of Things (IoT),” *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 7, no. 1, p. 292, 2023.

[19] P. U. Rakhmawati, “Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk,” vol. 9, no. 2502, pp. 40–46, 2024.

[20] H. Kusumah and R. A. Pradana, “Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing,” *Journal CERITA*, vol. 5, no. 2, pp. 120–134, 2019.

[21] H. P. Sianipar, Z. Azmi, and K. Ibnutama, “Monitoring Infus Pada Pasien Berbasis Iot Dengan Aplikasi Blynk Menggunakan Metode Simplex,” *Jurnal Cyber Tech*, vol. 5, no. 2, p. 74, 2023.

[22] G. Wijaya, T. Tan, S. E. Prasetyo, and S. Pho, “Analisis Perbandingan VPN Tunnel antara ngrok Edge Cloud vs Public IP Address menggunakan Open VPN,” vol. 4, no. 1, pp. 378–391, 2024.

[23] Y. Saputra Wanggi, F. Hariadi, K. Wira, and W. Sumba, “Management Bandwidth Jaringan Komputer Di Puskesmas Rambangaru Menggunakan Hotspot Mikrotik,” *CONTAR: Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 17–22, 2023.