

Perancangan Alat *Smart Infus* Menggunakan *Mikrokontroler Arduino Uno* secara Real-Time

Mega Mardiani¹, Ahmad Taqwa², Ade Silvia Handayani^{3*}

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang, Indonesia. 30139
e-mail: ¹megamardiani237@gmail.com, ²taqwa@polsri.ac.id, ³ade_silvia@polsri.ac.id

Submitted Date: September 20th, 2023
Revised Date: October 15th, 2023

Reviewed Date: September 27th, 2023
Accepted Date: October 18th, 2023

Abstract

Intravenous therapy is a medical procedure that uses a needle to replace fluids or inject drugs into veins. Currently, infusion monitoring is still done manually, which often leads to problems such as infusion running out without the nurse's knowledge. In this research, by using Internet of Things (IoT) to remotely monitor the infusion and several components including load cell sensor, Optocoupler, Webcam, and Arduino Uno as the main controller, and NodeMCU ESP32 module used to connect the system to internet so that the monitoring data can be accessed through the server with serial communication and MQTT protocol in real-time. The outcome shows the sensors were successful, with an accuracy rate of about 80% in the test. Infusion monitoring data and patient control can be accessed through Android apps, enabling more efficient monitoring. With this technology, nurses can monitor infusions remotely, thus improving the overall quality of treatment and patient safety.

Keywords: Intravenous; Arduino Uno; *Internet of Things*

Abstrak

Terapi intravena adalah prosedur medis yang menggunakan jarum untuk menggantikan cairan atau menyuntikkan obat ke dalam pembuluh darah. Namun kenyataan di lapangan, umumnya pemantauan infus dilakukan secara manual, yang seringkali menimbulkan masalah seperti infus habis tanpa sepengetahuan perawat. Dalam penelitian ini, dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan infus dari jarak jauh dan sejumlah komponen, termasuk sensor load cell, Optocoupler, Webcam, dan Arduino Uno sebagai pengendali utama, serta modul NodeMCU ESP32 yang digunakan untuk menghubungkan sistem ke internet, sehingga data pemantauan dapat diakses melalui server dengan komunikasi serial dan protokol MQTT secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor berkinerja baik, dengan tingkat akurasi sekitar 80% dalam pengujian. Data pemantauan infus dan kontrol pasien dapat diakses melalui aplikasi Android, memungkinkan pemantauan yang lebih efisien. Dengan teknologi ini, perawat dapat memantau infus dari jarak jauh, sehingga dapat meningkatkan kualitas perawatan dan keselamatan pasien secara keseluruhan.

Kata Kunci: Intravena; Arduino Uno; *Internet of Things*

1. Pendahuluan

Infus merupakan metode pengobatan menggunakan jarum untuk memberikan cairan yang hilang atau obat melalui pembuluh darah. Infus diberikan kepada pasien yang mengalami dehidrasi. Saat proses infus berlangsung, tim medis akan secara intensif memantau kelancaran aliran

cairan infus guna memastikan kesehatan pasien terjaga dengan baik. Namun, saat ini pemantauan cairan infus masih dilakukan dengan cara manual oleh tim (Asyari et al., 2021; Firmansyah, 2022).

Proses pemantauan manual ini sering kali menimbulkan masalah, contohnya ketika cairan infus habis tanpa sepengetahuan tim medis yang

sedang bertugas, sehingga keluarga pasien harus melaporkan ke tim medis yang sedang jaga untuk mengganti infus yang baru. Keterlambatan penggantian cairan infus dapat mengakibatkan masalah yang serius pada nyawa pasien (Christianingsih et al., 2022).

Untuk menghindari permasalahan yang dapat terjadi akibat pemantauan secara manual, maka diperlukan alat yang dapat memantau infus secara otomatis dan memberitahukan kepada tim medis apabila selang infus pasien hampir habis dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang saat ini (Priyandoko et al., 2021; Purwanto et al., 2020).

Internet of Things (IoT) adalah konsep perangkat fisik saling bertukar informasi melalui jaringan komunikasi. Satu protokol utama penyebarannya yaitu MQTT yang dimana penyebaran publish/subscribe bersifat ringan. Sehingga protokol ini sering digunakan dalam jaringan komunikasi (Alshammari, 2023; Dewi et al., 2021).

Pemanfaatan teknologi *Internet of Things* dalam pemantauan Intravena ini dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan perawatan pasien. Dan juga dapat mencegah masalah yang ditimbulkan akibat keterlambatan dalam mengganti infus pada pasien. Dengan adanya sistem otomatis ini diharapkan dapat memberikan informasi secara real-time, sehingga tim medis dapat dengan cepat dalam mengambil tindakan yang diperlukan untuk menjaga kesehatan dan keselamatan pasien (Nataliana et al., 2016; Yunardi et al., 2018).

Hasil penelitian oleh Maharani (2019) mengenai sistem monitoring cairan infus otomatis memanfaatkan sensor *load cell* digunakan untuk mengukur volume dan kecepatan tetesan melalui sensor LED dan photodiode. Data tersebut dikirim dan ditampilkan pada website melalui komunikasi Rest API.

Selanjutnya, penelitian pada tahun 2019 yang merancang spesifikasi kinerja sistem pemantauan cairan infus menggunakan tripod dan frame (Sifa Fauziyyah, 2019).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Sugiono et al., 2022) dengan judul "Monitoring Infus dan Pulse Heart Rate Berbasis IoT". Alat ini dapat memonitor denyut jantung dari jari pasien.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Afiyat et al., 2023) dalam penelitian ini dibuat sistem untuk memantau atau mengetahui infus

Ringer Lactate berbasis *Internet of Things* menggunakan protokol MQTT dan cloud dari server MQTT.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian ini dikembangkan sebagai sistem monitoring cairan infus berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor *load cell* untuk mengukur volume infus dan sensor Optocoupler untuk menghitung tetesan cairan. Pengontrolan dilakukan secara real-time dengan mikrokontroler Arduino Uno dan komunikasi MQTT untuk berbagi data. Data parameter disimpan di cloud Adafruit IO dan dapat ditampilkan di aplikasi. Dengan ini, tim medis dapat memantau status infus secara real-time dari perangkat yang terhubung ke internet dan memudahkan tim untuk mengambil tindakan yang efektif dan efisien pada pasien yang sedang dirawat.

2. Metodologi

Pada penelitian ini dibuat kerangka kerja penelitian yang seluruh tahapannya dibuat dalam bentuk diagram. Kerangka penelitian merupakan kerangka hubungan antar konsep yang akan diamati atau digunakan dalam merancang alat yang akan diuji dalam penelitian.



Gambar 1 Diagram alur metodologi

Berikut penjelasan mengenai tahapan dalam metodologi yang tergambar dalam diagram alur di atas:

1. Memulai Proses:
Tahap awal dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan atau masalah yang akan dipecahkan oleh sistem yang akan dikembangkan.
2. Studi Literatur:
Pada langkah ini, peneliti melakukan studi *literature review* untuk mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan proyek. Hal ini bertujuan untuk memahami konsep dan teknologi yang ada serta mengumpulkan referensi yang akan digunakan selama proses pengembangan
3. Perancangan Alat atau Perangkat Keras (Hardware):
Tahap ini melibatkan perencanaan dan desain *hardware* yang akan digunakan dalam sistem. Ini bisa berupa gambaran umum dalam bentuk blok diagram yang menjelaskan bagaimana perangkat keras akan terhubung dan berinteraksi dalam sistem.
4. Perancangan Perangkat Lunak (Software):
Pada tahap ini, peneliti merancang *software* yang akan digunakan dalam sistem.
5. Membuat Perangkat Keras (Hardware) dan Perangkat Lunak (Software):
Setelah perancangan selesai, tahap ini melibatkan pembuatan fisik dari perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak sesuai dengan desain yang telah dibuat.
6. Pengujian dan Pengambilan Data:
Setelah integrasi, sistem akan diuji untuk memastikan kinerjanya sesuai dengan tujuan yang ditetapkan. Pengujian dapat mencakup berbagai aspek seperti uji fungsionalitas, keamanan, dan performa. Data yang dihasilkan dari pengujian akan digunakan untuk mengevaluasi dan memvalidasi sistem.
7. Selesai:
Tahap terakhir adalah penyelesaian proyek dan dokumentasi hasil.

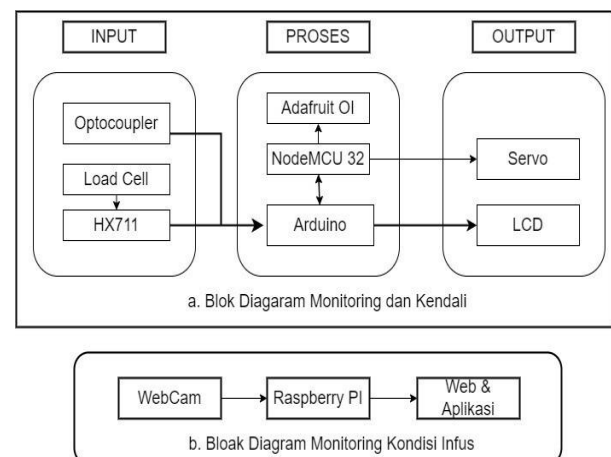
2.1 Perancangan Sistem

Sistem Smart Infus terbagi menjadi dua komponen utama: perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Sistem ini

memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk beroperasi mendeteksi kondisi infus, dan mengirimkan data hasil pembacaan dari setiap sensor ke server penyimpanan.

2.1.1 Perancangan perangkat keras (Hardware)

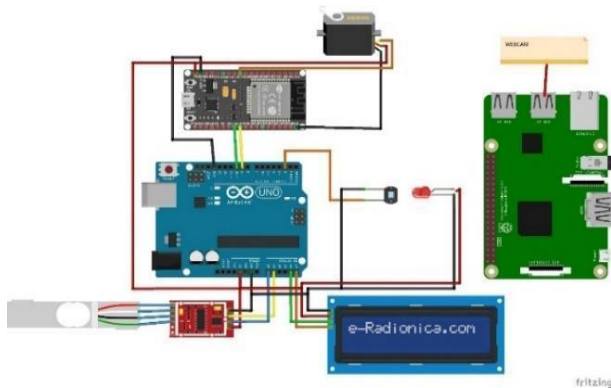
Dalam penelitian ini, perancangan perangkat keras (*hardware*) pada alat Smart Infus digambarkan melalui diagram blok, dengan tujuan untuk mendapatkan gambaran umum penggunaan alat tersebut, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 a. Blok Diagram Monitoring dan Kendali
b. Blok Diagram Monitoring kondisi Infus

Gambar 2 diatas merupakan rangkaian perangkat keras dari perangkat Smart Infus, terdapat dua buah sensor yaitu sensor loadcell dan sensor optocoupler, Arduino Uno, LCD, Motor Servo dan NodeMCU ESP32. Dalam proses kerjanya, Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali sedangkan modul NodeMCU ESP32 menghubungkan ke internet agar monitoring dapat dilihat di server. Kanal yang dibangun dengan menampilkan data nilai terakhir yang diterima dari arduino.

Terdapat juga Motor Servo sebagai pengendali tetesan yang dikeluarkan, dan secara otomatis Raspberry PI akan mengirimkan foto kondisi infus sebagai tanda bahwa cairan infus harus segera diganti. Hasil dari perangkat ini akan ditampilkan di layar LCD, yang mencakup informasi seperti sisa berat infus, kecepatan tetesan, dan estimasi.



Gambar 3 Rangkaian Skematik

Pada penyusunan sistem perangkat ini, digunakan panduan dari diagram blok sistem. Proses perancangan dimulai dengan membuat skematik rangkaian komponen-komponen serta perangkat yang akan diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem. Gambar 3 menggambarkan dengan lebih jelas bagaimana keseluruhan perancangan sistem rangkaian ini diatur. Setelah semua komponen terhubung dan berfungsi dengan baik, langkah berikutnya melibatkan pemrograman keseluruhan komponen tersebut.

2.1.2 Perancangan perangkat lunak (software)

Pada tahap ini, digunakan software Arduino IDE sebagai platform untuk pemrosesan data sensor di program dengan komunikasi serial. Data yang didapat digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan data estimasi waktu habis dari cairan infus. Kemudian data ini di simpan pada penyimpanan platform cloud Adafruit IO dengan komunikasi MQTT.

```
Hitung_tetes proses

float selisihKn;
unsigned long oldKn;
void hitungKn () {
  unsigned long tundaKn = millis();
  if (tundaKn - oldKn > 250) {
    lcd.home();
    lcd.print("B: ");
    lcd.print(GRAM);
    lcd.print(" g ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(TetesPerMenitKn);
    lcd.print("/m ");
    lcd.print(estimasi,0);
    lcd.print(" m ");
    waktutetes = TetesPerMenitKn;
    oldKn = tundaKn;
    if (oldJumlahKn != jumlahKn) {
      selisihKn = jumlahKn - oldJumlahKn;
      oldJumlahKn = jumlahKn;
      //beepSt = 1;
    }
    countKn++;
    if (countKn % 4 == 0) {
      count++;
      Serial.print("jumlah = ");
      Serial.print(jumlahKn);
      Serial.print(", waktPerTetes = ");
      float waktPerTetesKn = selisihKn / 1000;

```

Gambar 4 Cuplikan Kode Proses Arduino

```
2023_nodemcu032_infus

/***** Global State (you don't need to change this!) *****/
WiFiClient client;
Adafruit_MQTT_Client mqtt((client, AIO_SERVER, AIO_SERVERPORT, AIO_USERNAME, AIO_KEY);
Adafruit_MQTT_Publish data_kecepatan = Adafruit_MQTT_Publish(mqtt, AIO_USERNAME "/feeds/kecepatan");
Adafruit_MQTT_Publish data_berat = Adafruit_MQTT_Publish(mqtt, AIO_USERNAME "/feeds/berat");
Adafruit_MQTT_Publish data_estimasi = Adafruit_MQTT_Publish(mqtt, AIO_USERNAME "/feeds/estimasi");

// Setup a feed called 'onoff' for subscribing to changes.
Adafruit_MQTT_Subscribe servo_iot = Adafruit_MQTT_Subscribe(mqtt, AIO_USERNAME "/feeds/servol");

unsigned long previousMillis = 0; // will store last time LED was updated
const long interval = 6000;

void MQTT_connect();
```

Gambar 5 Cuplikan Kode Aturan Fuzzy

```
def take_picture():
    # Inisialisasi objek VideoCapture untuk mengakses kamera
    cap = cv2.VideoCapture(2)

    # Ambil gambar dari kamera
    ret, frame = cap.read()

    # Hentikan kamera
    cap.release()

    # Jika berhasil mengambil gambar, simpan gambar sebagai file 'picture.jpg'
    if ret:
        # Dapatkan waktu saat pengambilan gambar
        capture_time = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")

        # Tambahkan waktu pengambilan pada gambar
        cv2.putText(frame, capture_time, (10, frame.shape[0] - 10),
                    cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)

        cv2.imwrite('picture.jpg', frame)
        print("Gambar berhasil diambil dan disimpan sebagai 'picture.jpg'")
        return True
    else:
        print("Gagal mengambil gambar")
        return False

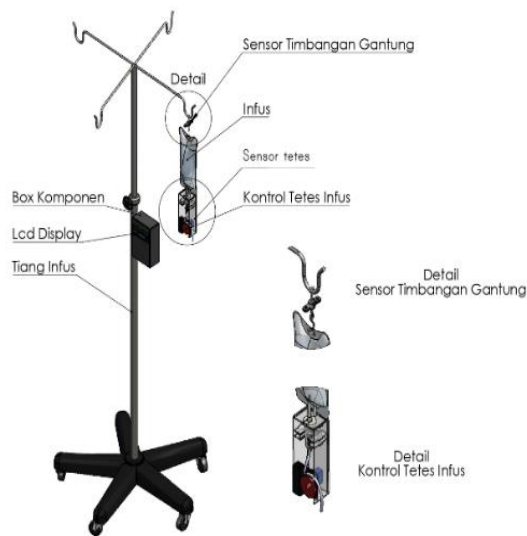
def send_picture_to_web(url, headers):
    # Baca gambar dari file 'picture.jpg'
    try:
```

Gambar 6 Cuplikan Kode Proses Raspberry PI

Untuk mendapatkan foto botol infus pasien diperlukan juga program khusus menggunakan RVNC Viewer untuk Raspberry PI dapat mengakses WebCam dan menyimpan foto kemudian dikirim ke aplikasi. Seperti pada gambar 6.

2.2 Desain Alat

Proses desain dimulai dengan membuat desain alat komponen dan perangkat yang akan digabungkan menjadi satu sistem yang terpadu. Seperti gambar 7 ini memberikan gambaran visual yang lebih jelas tentang bagaimana seluruh rancangan alat yang akan dibuat. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa semua komponen dapat berinteraksi dan bekerja bersama dengan harmonis sesuai dengan yang diinginkan dalam perancangan sistem.



Gambar 7 Desain Alat Smart Infus

Tahapan selanjutnya memberikan representasi visual yang terperinci mengenai tampilan informasi pada aplikasi yang dirancang sesuai konsep awal, seperti pada Gambar 8.



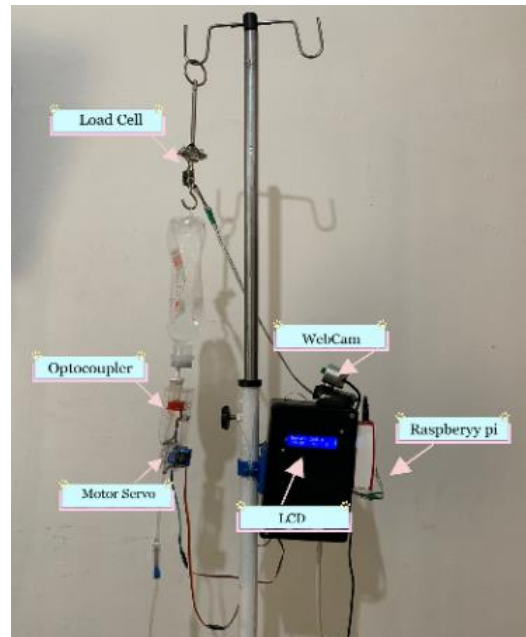
Gambar 8 Desain Aplikasi Smart Infus

Pada gambar 8 merupakan desain tampilan untuk login, menu monitoring dan ruang kontrol motor servo pada aplikasi smart infus yang dirancang.

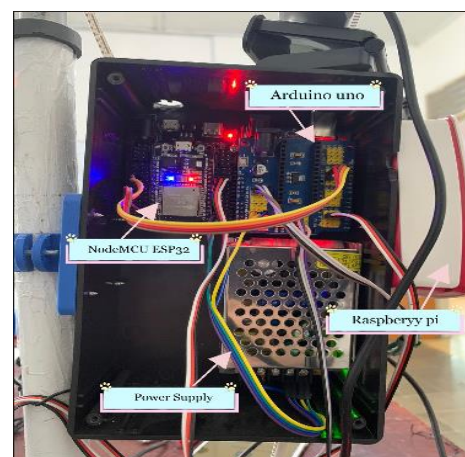
3. Hasil

3.1 Hasil Perancangan

Hasil dari perancangan *hardware* berupa perangkat yang dapat memonitor dan mengontrol proses pemberian infus pada pasien, sedangkan hasil perangkat lunak berupa aplikasi yang memberikan informasi terkait infus pada pasien yang terhubung dengan perangkat yang dirancang.

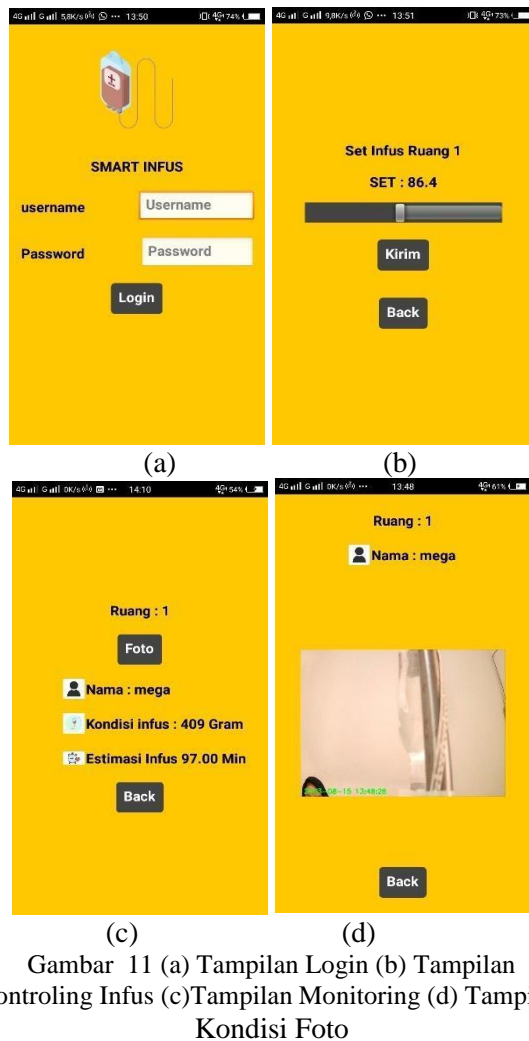


Gambar 9 Rangkaian alat Smart Infus



Gambar 10 Rangkaian dalam box pada alat

Gambar 9 merupakan alat smart infus yang dirancang secara keseluruhan dan pada Gambar 10 merupakan tampilan rangkaian dalam box yang di rancangan.



Gambar 11 (a) Tampilan Login (b) Tampilan Kontroling Infus (c) Tampilan Monitoring (d) Tampilan Kondisi Foto

Gambar 11. Merupakan tampilan aplikasi *smart infus* yang dimana terdapat menu kontrol yang untuk mengatur kecepatan tetesan infus dari satu pasien informasinya sama seperti pada gambar diatas.

3.2 Pengujian Berat Infusan

Pada pengujian ini dilakukan pengukuran berat kotor dari botol infus untuk mengetahui selisih berat pengukuran konvensional dengan pengukuran menggunakan alat yang telah dirancang. Adapun hasil pengukuran tertera pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Berat Kotor Infus

Kondisi	Pengukuran Konvensional (ml)	Pengukuran Alat (ml)	Selisih (ml)
Awal	500	550	50
Akhir	0	50	50

Dari hasil pengukuran diperoleh selisih berat 50 ml. Hal ini disebabkan pada pengukuran pada alat, berat pada sensor optocoupler dan motor servo yang berada di bawah botol infus masih dihitung. Data hasil ini digunakan untuk program pada Arduino IDE agar pengukuran berat pada alat sesuai dengan pengukuran berat timbangan konvensional.

Selanjutnya dilakukan percobaan perbandingan hasil pengukuran timbangan konvensional dengan timbangan alat yang dirancang. Pengukuran dilakukan dengan menimbang berat botol infus setiap berkurang 50 ml, pengujian ini dilakukan dari berat 500 ml sampai 50 ml pada botol infus. Perbandingan pengukuran tertera pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil pengukuran berat infus

Skala (ml)	Timbangan konvensional (ml)	Timbangan Sistem Alat (ml)	Error (%)
500	500	500	0
450	450	450	0
400	400	405	1
350	350	351	1
300	300	300	0
250	250	250	0
200	200	202	1
150	150	150	0
100	100	101	1
50	50	50	0

Setelah pengujian dilakukan, diketahui bahwa dari 10 percobaan yang telah dilakukan, terdapat 4 percobaan dengan berat yang berbeda sekitar 1-5 ml. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kalibrasi yang tepat pada alat saat pengukuran dilakukan, sehingga terjadi penambahan berat yang tidak akurat. Hal ini terlihat pada tabel 2.

Rata-rata akurasi percobaan ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{Total akurasi } 100\%}{\text{Jumlah percobaan}} \times 100\% = \frac{8}{10} \times 100\% = 80\%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa akurasi pengujian berat cairan infus mencapai 80%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor *load cell* berfungsi dengan baik.

3.3 Pengujian Tetesan Cairan Infus

Pengujian jumlah tetesan cairan ini dimaksudkan untuk mengukur jumlah cairan yang mengalir dalam periode satu menit. Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali dengan dua metode

perhitungan: secara manual dan menggunakan alat yang dirancang untuk digunakan selama satu menit. Cairan yang mengalir ditampung dalam sebuah gelas ukur agar volumenya dapat diukur. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Tetesan Cairan Infus

Volume cairan keluar dalam 1 menit (ml)	TPM		Akurasi (%)
	Perhitungan manual (Tts/mnt)	Perhitungan sistem (Tts/mnt)	
1	20	20	100
4,9	75	78	96
4	80	80	100
4,5	90	90	100
2	40	40	100
3	60	60	100
5	100	103	97
6,5	130	130	100
7,5	150	150	100
8	160	160	100
5	100	100	100
6	120	120	100
7	140	140	100
7,5	150	150	100
4,5	88	90	98

Setelah melakukan 15 kali pengujian, dapat dilihat dari Tabel 4.3 bahwa terdapat 3 kali ketidaksesuaian antara perhitungan TPM secara manual dan perhitungan yang dilakukan oleh alat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan waktu awal perhitungan yang dilakukan. Secara keseluruhan rata-rata persentase akurasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\frac{\text{Total akurasi } 100\%}{\text{Jumlah percobaan}} \times 100\% = \frac{12}{15} \times 100\% = 80\%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa akurasi pengujian volume tetesan cairan infus mencapai 80%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor optocoupler berfungsi dengan baik, dan jumlah tetesan yang keluar sesuai dengan jumlah yang diharapkan yaitu 20 Tetesan.

3.4 Pengujian Proses Delay Pengiriman Data

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter uji coba, pada pengambilan

data, dilakukan sebanyak 10 kali data sampel untuk setiap parameter pengujian. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja delay proses pengiriman data dari perangkat ke platform Adafruit IO. Selama pengujian, delay yang diukur dibandingkan dengan nilai yang telah diatur sebelumnya, yaitu 30 detik. Selama pengujian ini untuk koneksi internet menggunakan provider Telkomsel. Hasil pengukuran delay ini dicatat dalam bentuk tabel, seperti tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Proses Delay Pengiriman Data

Percobaan	Berat (ml)	TPM (Tts/Mnt)	Delay (s)
1	500	100	30
2	450	100	30
3	400	100	30
4	350	100	32
5	300	100	30
6	250	100	30
7	200	100	30
8	150	100	31
9	100	100	30
10	50	100	30







Dari tabel, dapat disimpulkan bahwa dari 10 percobaan yang dilakukan, terdapat 2 kasus di mana terjadi delay lebih dari 30 detik dalam pengiriman data ke Adafruit. Delay ini pada dasarnya adalah waktu tambahan yang dibutuhkan untuk data baru masuk ke Adafruit, dan hal ini diatur untuk mencegah spam atau pengiriman data yang berlebihan yang dapat mengganggu sistem atau menghasilkan sampah data yang tidak diinginkan.





Penyebab terjadinya delay yang melebihi 30 detik adalah adanya ketidakstabilan dalam koneksi internet saat jam sibuk. Ini dapat terjadi karena lalu lintas jaringan yang tinggi pada jam-jam tertentu, yang mengakibatkan lambatnya pengiriman data.

3.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian memastikan bahwa sensor dapat memberikan informasi sesuai dengan parameter yang diinginkan. Dalam penelitian ini mencakup pengukuran berat cairan infus, pengukuran tetesan per menit (TPM), dan estimasi waktu habis. Hasil dari pengujian ini akan memberikan gambaran yang jelas tentang kinerja sistem smart infus.

Tabel 5 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Berat (ml)	TPM (Tts/Mnt)	Estimasi (Menit)	Foto
500	20	173	
482	20	122	
411	20	98	
336	93	72	
303	72	61	
272	72	47	

263	105	47	
150	40	30	
105	40	15	
56	40	15	

Dari data pada Tabel 4, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai berat cairan infus dan perhitungan kecepatan Tetesan Per Menit (TPM) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap estimasi waktu habisnya cairan infus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa estimasi waktu habis dapat bervariasi berdasarkan berat cairan infus dan kecepatan TPM yang digunakan dalam setiap percobaan.

Dalam konteks ini, pengujian lebih lanjut mungkin diperlukan untuk memperbaiki akurasi estimasi waktu habis cairan infus. Pengujian lebih lanjut dapat mencakup variasi nilai berat dan kecepatan TPM serta memperluas rentang kondisi yang diuji. Dengan melakukan pengujian yang lebih komprehensif, dapat mengidentifikasi dan mengatasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi estimasi waktu habis.

4. Kesimpulan

Sistem smart infus yang telah diuji menunjukkan kinerja yang baik dengan deteksi berat cairan infus oleh sensor load cell, deteksi tetesan cairan oleh sensor optocoupler, dan kontrol motor servo untuk mengatur aliran cairan infus. Data yang dihasilkan diproses oleh Arduino dan dikirim melalui NodeMCU ESP32 dengan protokol MQTT ke cloud Adafruit, web, dan aplikasi smart infus. Sistem ini telah memenuhi empat parameter uji, yaitu berat, tetesan per menit, kondisi, dan estimasi waktu, dengan data yang konsisten dan terupdate secara otomatis.

Namun, pada pengujian Volume Infus, terdapat perbedaan sekitar 1-5 ml dalam hasil percobaan yang disebabkan oleh kurangnya

kalibrasi yang tepat saat pengukuran berat. Pengujian Tetesan Cairan Infus menunjukkan tingkat akurasi sekitar 80% pada sensor optocoupler, sementara motor servo berkinerja baik. Terdapat ketidaksesuaian antara perhitungan manual dan perhitungan sistem, yang mungkin disebabkan oleh perbedaan waktu awal perhitungan. Terakhir, pengiriman data ke platform Adafruit IO mengalami beberapa kasus delay lebih dari 30 detik akibat ketidakstabilan koneksi internet saat jam sibuk.

5. Saran

Penelitian ini secara keseluruhan mengungkapkan potensi yang besar dalam penggunaan sistem smart infus untuk pemantauan dan pengendalian cairan infus. Namun, terdapat beberapa area yang perlu diperbaiki agar dapat meningkatkan akurasi dan kinerja keseluruhan sistem.

Selain itu, disarankan untuk mempertimbangkan penambahan sensor pulse dan sensor ultrasonik untuk memperbaiki pemantauan kondisi infus pada pasien, sehingga tenaga medis dapat melakukan pemantauan secara real-time yang lebih akurat. Untuk memastikan keandalan sistem ini dalam praktik klinis, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut dengan berbagai skenario dan kondisi. Dengan demikian, dapat meningkatkan efektivitas dan keamanan perawatan pasien yang menggunakan sistem ini.

References

- Afiyat, N., Helmi Navilla, R., & Hariyadi, M. (2023). Sistem Monitoring Cairan Infus Berbasis IoT Menggunakan Protokol MQTT. *Sistem Monitoring Cairan Infus Berbasis IoT Menggunakan Protokol MQTT*, 12 Nomor 1.
- Alshammari, H. H. (2023). The internet of things healthcare monitoring system based on MQTT protocol. *Alexandria Engineering Journal*, 69, 275–287. doi: 10.1016/j.aej.2023.01.065
- Asyari, L. C., & Budiman, A. (2021). Alat Monitoring Infus Berbasis IoT. *Alat Monitoring Infus Berbasis IoT*.
- Christianingsih, N., Kurniawan, M. H., Hasanul Huda, M., Wahyuni, E., Sakit, R., Galaxy, H., Penelitian, U., Hermina, P., Keperawatan, A., & Husada, H. M. (2022). Caring Perawat Mempengaruhi Kepuasan Pasien di Instalasi Rawat Inap. *Jurnal Ilmiah Keperawatan Altruistik (JIKA)*, 5(2).
- Dewi Hendrawati, T., & Aditya Ruswandi, R. (2021). Sistem pemantauan tetesan cairan infus berbasis Internet of Things. In *JITEL* (Vol. 1, Issue 1).
- Firmansyah. (2022). Sistem Kendali dan Monitoring Infus Berbasis Internet of Things. *Sistem Kendali Dan Monitoring Infus Berbasis Internet of Things*, vol 6, no 1.
- Maharani, R., Muid, A., Ristian, U., Rekeyasa, J., Komputer, S., Mipa, F., Tanjungpura, U., Prof, J., Hadari, H., & Pontianak, N. (2019). *Sistem Monitoring Dan Peringatan Pada Volume Cairan Intravena (Infus) Pasien Menggunakan Arduino Berbasis Website*.
- Nataliana, D., Taryana, N., & Riandita, E. (2016). *Alat Monitoring Infus Set pada Pasien Rawat Inap Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535* (Vol. 4, Issue 1).
- Priyandoko, G., Siswanto, D., & Kurniawan, I. I. (2021). Volume 3 Nomor 2 Juli 2021 Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things. *Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things*, 3 Nomor 2 Juli 2021.
- Purwanto, S., Mulya, M., Sembiring, S., Kedokteran Universitas Sriwijaya, F., Studi Ilmu Keperawatan, P., & Ilmu Komputer Universitas Srwijaya, F. (2020). *Monitoring Infus Berdasarkan Waktu Tetesan*.
- Sifa Fauziyyah, A. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Jumlah Tetes dan Volume Sisa Cairan Infus dengan Warning System pada Sistem Monitoring Cairan Infus Berbasis Arduino. In *Pillar of Physics* (Vol. 12).
- Sucipta, I., Simatupang, J. W., Kaswandi, C., & Purnama, I. (2021). Prototipe Pemantauan Tetes Cairan Infus Berbasis IoT Terkoneksi Perangkat Android. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 113. doi: 10.22441/jte.2021.v12i3.003
- Sugiono, A., & Muhtadi, A. (2022). *Monitoring Infus Dan Pulse Heart Rate Berbasis IoT*.
- Yunardi, R. T., Setiawan, D., Maulina, F., & Prijo, T. A. (2018). Pengembangan Sistem Kontrol dan Pemantauan Tetesan Cairan Infus Otomatis Berbasis Labview dengan Logika Fuzzy. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(4), 403. doi: 10.25126/jtiik.201854766