



Sistem Pemantauan Dan Peringatan Volume Cairan Intravena (Infus) Pasien Berbasis Edge Computing

Maulida Nandar Saputra*, Uray Ristian, Hirzen Hasfani

Prodi Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak

Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

Email: ^{1,*} h1051191005@student.untan.ac.id, ²eristian@siskom.untan.ac.id, ³hirzen.hasfani@siskom.untan.ac.id

Email Penulis Korespondensi: h1051191005@student.untan.ac.id

Submitted: 27/08/2024; Accepted: 31/10/2024; Published: 31/10/2024

Abstrak—Pemantauan volume cairan infus secara manual di rumah sakit memiliki risiko keterlambatan, yang dapat membahayakan pasien seperti dehidrasi atau gangguan elektrolit. Permasalahan ini disebabkan oleh keterbatasan waktu dan tenaga perawat dalam memantau infus secara real-time. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan dan peringatan cairan infus berbasis edge computing untuk memantau volume dan kecepatan tetesan infus secara real-time melalui website. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP32 untuk mengumpulkan data dari sensor load cell dan photodiode, yang kemudian diproses di edge server dan ditampilkan pada website. Pengujian dilakukan dalam tiga kondisi yaitu Line of Sight (LoS), Non-Line of Sight (NLoS), dan tanpa edge computing. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi LoS memberikan performa terbaik dengan rata-rata delay sebesar 113 ms, sementara kondisi NLoS mengalami peningkatan delay hingga 146 ms. Tanpa edge computing, delay lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan edge computing. Berdasarkan hasil pengujian, penggunaan edge computing dalam kondisi LoS memberikan performa terbaik dengan delay terendah, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemantauan infus secara signifikan dan mengurangi risiko keterlambatan penggantian cairan infus. Sistem ini memiliki akurasi pengukuran sebesar 99,48% pada perangkat infus pertama, 99,58% pada perangkat infus kedua, dan 99,57% pada perangkat infus ketiga.

Kata Kunci: Infus; Edge Computing; Sensor Load Cell; Sensor Photodiode; Line of Sight; Non Line of Sight

Abstract—Manual infusion fluid volume monitoring in hospitals has the risk of delays, which can endanger patients such as dehydration or electrolyte disturbances. This problem is caused by the limited time and labor of nurses in monitoring infusions in real-time. This research aims to develop an edge computing-based infusion fluid monitoring and alert system to monitor the volume and speed of infusion droplets in real-time through the website. This system uses NodeMCU ESP32 to collect data from load cell and photodiode sensors, which are then processed on the edge server and displayed on the website. Tests were conducted in three conditions, namely Line of Sight (LoS), Non-Line of Sight (NLoS), and without edge computing. The test results show that the LoS condition provides the best performance with an average delay of 113 ms, while the NLoS condition increases the delay to 146 ms. Without edge computing, the delay is higher than with the use of edge computing. Based on the test results, the use of edge computing in LoS conditions provides the best performance with the lowest delay, thus significantly improving the efficiency of infusion monitoring and reducing the risk of delayed infusion fluid replacement. The system has a measurement accuracy of 99.48% on the first infusion device, 99.58% on the second infusion device, and 99.57% on the third infusion device.

Keywords: Infusion; Edge Computing; Load Cell Sensor; Photodiode Sensor; Line of Sight; Non-Line of Sight

1. PENDAHULUAN

Pemantauan cairan infus merupakan tugas penting dalam dunia kesehatan karena keterlambatan penggantian cairan dapat menyebabkan komplikasi serius bagi pasien[1]. Saat ini, pemantauan infus masih banyak dilakukan secara manual oleh perawat dengan mengecek satu-persatu kondisi infus[2]. Cara manual ini memiliki kelemahan, terutama dalam lingkungan rumah sakit dengan banyak pasien, di mana potensi keterlambatan penggantian cairan semakin besar[3]. Keterlambatan ini dapat mengakibatkan infus habis sebelum diganti, yang berdampak negatif pada kondisi kesehatan pasien, seperti dehidrasi, gangguan elektrolit, atau kurangnya obat yang masuk ke dalam tubuh[4]. Permasalahan ini menuntut adanya sistem otomatis yang mampu memantau volume cairan infus secara real-time, memberikan peringatan dini, serta membantu tenaga kesehatan dalam memastikan ketepatan waktu penggantian cairan infus.

Untuk mengatasi masalah keterlambatan pemantauan infus secara manual, teknologi edge computing menjadi solusi. Edge computing memungkinkan pemrosesan data dilakukan di dekat sumber, yaitu perangkat infus, sehingga mengurangi delay dan ketergantungan pada koneksi internet dan mempercepat respons sistem dalam memberikan peringatan dini[5][6]. Dalam penelitian ini, sistem edge computing akan diuji dalam berbagai kondisi, seperti Line of Sight (LoS), Non-Line of Sight (NLoS) dan tanpa edge computing, untuk menganalisis kinerjanya dalam skenario nyata yang berbeda. Dengan edge computing, data dari sensor load cell dan photodiode diproses secara lokal di edge server sebelum dikirim ke cloud server[7]. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi sistem pemantauan infus serta mengurangi risiko keterlambatan penggantian cairan.

Salah satu penelitian terdahulu tentang edge computing oleh Waranugraha membahas masalah waktu tunggu di kasir supermarket, di mana pembeli sering harus menunggu lama, untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan solusi berupa smart basket berbasis IoT yang dapat secara otomatis mendeteksi barang menggunakan kamera tanpa perlu memindai barcode secara manual, penelitian ini menunjukkan bahwa edge computing memiliki performa yang lebih stabil dan cepat dibandingkan cloud computing, baik dalam kondisi Line-

1. Edge Computing

Edge computing merupakan terminologi baru di mana sumber data ditempatkan di tepi (edge) jaringan internet, dekat dengan pengguna. Ini memungkinkan pemrosesan data yang lebih cepat karena data dapat diolah secara lokal tanpa harus dikirim ke pusat data yang jauh, sehingga mengurangi latensi [15].

2. Delay

Delay adalah total waktu tunda yang dialami sebuah paket selama proses pengiriman dari satu titik ke titik lainnya. Ketika jaringan sedang sibuk atau memiliki kapasitas yang kecil, delay yang besar dapat menjadi indikasi, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan untuk menghindari overload [16][17]. Persamaan mencari delay.

$$\text{Rata-rata delay} = \frac{\text{total delay}}{\text{paket data diterima}} \times 1000 \tag{1}$$

3. Line of sight (LoS) dan Non-line of sight (NLoS)

Line of Sight (LoS) memastikan sinyal diterima dengan kualitas terbaik karena tidak ada gangguan dari objek fisik. Namun, Non-Line of Sight (NLoS) menyebabkan sinyal melemah dan bahkan terputus-putus akibat adanya penghalang [18][19].

4. Galat

Galat, yang merupakan perbedaan antara nilai sebenarnya dan nilai hasil perhitungan atau pengukuran, digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kesalahan dalam pengujian sensor dan menentukan tingkat akurasi solusi numerik [20].

$$\text{Galat Relatif (\%)} = \frac{|\text{Nilai Pengukuran} - \text{Nilai Sebenarnya}|}{\text{Nilai Sebenarnya}} \times 100 \text{ (\%)} \tag{2}$$

$$\text{Nilai rata-rata (X)} = \frac{\text{Jumlah seluruh data}}{\text{Banyaknya data}} \tag{3}$$

$$\text{Akurasi (\%)} = 100 - \text{Galat Relatif} \tag{4}$$

2.1.2 Analisis Kebutuhan

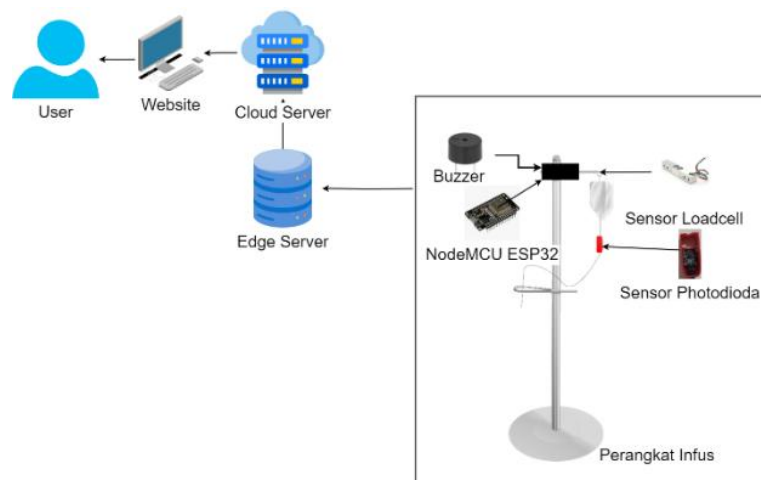
Dalam tahap ini, kita akan mengidentifikasi kebutuhan spesifik untuk membangun sebuah sistem pemantauan infus yang memanfaatkan teknologi edge computing, sehingga data dapat diproses secara real-time di dekat sumber data

2.1.3 Perancangan Sistem

Langkah ini dilakukan untuk merancang sebuah sistem pemantauan dan peringatan volume cairan infus berbasis edge computing.

1. Deskripsi Sistem

Sistem ini menggunakan perangkat keras NodeMCU ESP32, sensor load cell, dan sensor photodiode untuk mengukur volume cairan infus dan kecepatan tetes infus. Data akan disimpan terlebih dahulu di edge server sebelum dikirim ke cloud server melalui jaringan internet. Hal ini memungkinkan akses jarak jauh ke data volume infus dan kecepatan tetesan infus, sehingga pengguna dapat memantau volume dan tetesan infus secara real-time. Gambar 2 menunjukkan gambaran umum sistem.

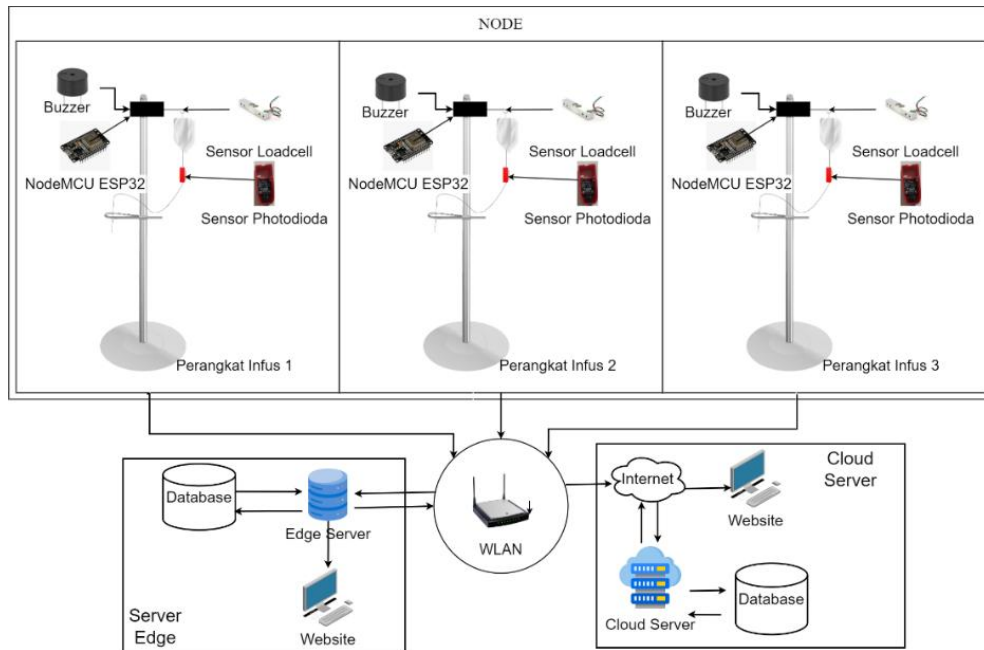


Gambar 2. Deskripsi Sistem

2. Arsitektur Sistem

Proses dimulai dengan node yang mengumpulkan data volume cairan infus, termasuk persentase cairan dan kecepatan tetesan infus. Data ini kemudian dikirimkan ke edge server menggunakan HTTP Reques [21]. Edge

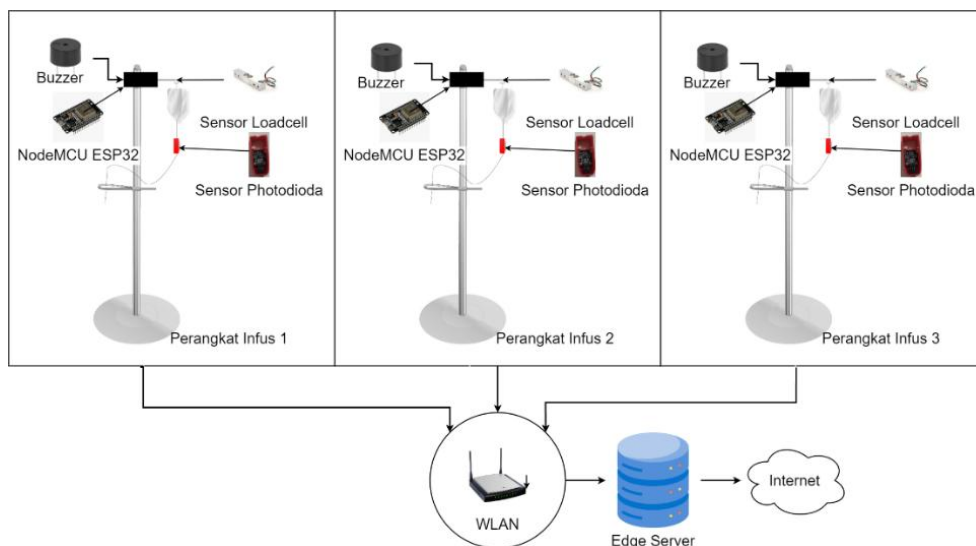
server menerima dan menyimpan data dalam database, kemudian mengirimkannya ke cloud server melalui HTTP Request. Data tersebut dapat diakses melalui website. Sistem ini memanfaatkan edge computing untuk penyimpanan data secara lokal, dengan edge server berfungsi sebagai pusat pengelolaan dan pengiriman data dari berbagai perangkat infus, sehingga mengurangi ketergantungan pada koneksi internet. Gambar 3 menunjukkan arsitektur sistem.



Gambar 3. Arsitektur Sistem

3. Perancangan Sistem Edge Computing

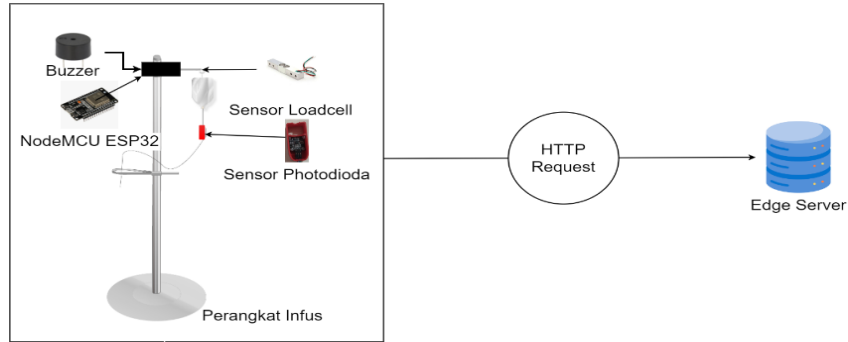
Dalam penelitian ini, dirancang sistem pemantauan cairan infus menggunakan edge computing. Edge computing adalah teknologi yang memproses data di dekat sumbernya, didukung oleh edge server[22], yaitu perangkat lunak yang berfungsi untuk menyimpan data yang diterima dari tiga perangkat pemantauan infus. Gambar 4 menunjukkan perancangan sistem edge computing.



Gambar 4. Perancangan Sistem Edge Computing

4. Perancangan Komunikasi antara Node dan Edge Server

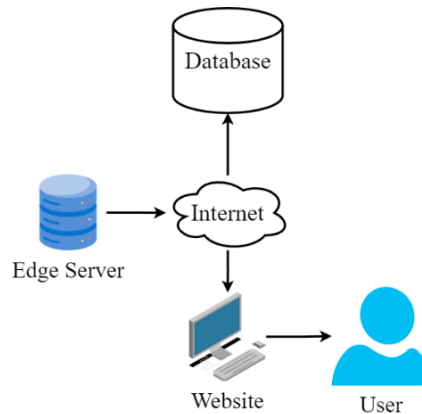
Perancangan komunikasi antara Node dan Edge Server, sistem pemantauan infus menggunakan protokol komunikasi HTTP untuk menghubungkan node dengan edge server. Setiap node mengirim HTTP Request yang berisi informasi berat volume infus dan kecepatan tetesan infus ke server lokal pada edge server, yang kemudian menerima permintaan tersebut dan menyimpan data di database server local pada edge server[23]. Jika terjadi masalah pada koneksi internet data sensor akan tetap disimpan secara lokal di edge server. Saat koneksi internet kembali normal, data akan dikirim ke cloud server. Gambar 5 menunjukkan perancangan node dan edge server.



Gambar 5. Perancangan Komunikasi antara Node dan Edge Server

5. Perancangan Komunikasi antara Edge Server dan Cloud Server

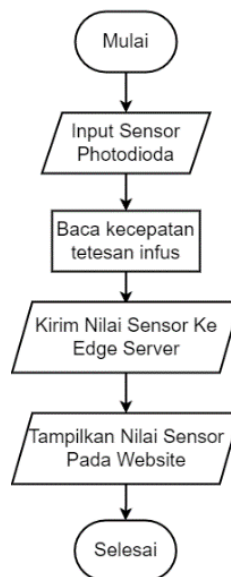
Arsitektur komunikasi antara edge server dan cloud server, di mana protokol HTTP digunakan sebagai mekanisme transfer data. Jika tidak ada masalah koneksi, data dikirim langsung ke server cloud. Namun, jika koneksi internet terputus, data tetap tersimpan di edge server. Begitu koneksi internet pulih, data di edge server akan dikirim ke server cloud dan disimpan dalam database. Gambar 6 rancangan edge server dan cloud server.



Gambar 6. Perancangan Komunikasi antara Edge Server dan Cloud Server

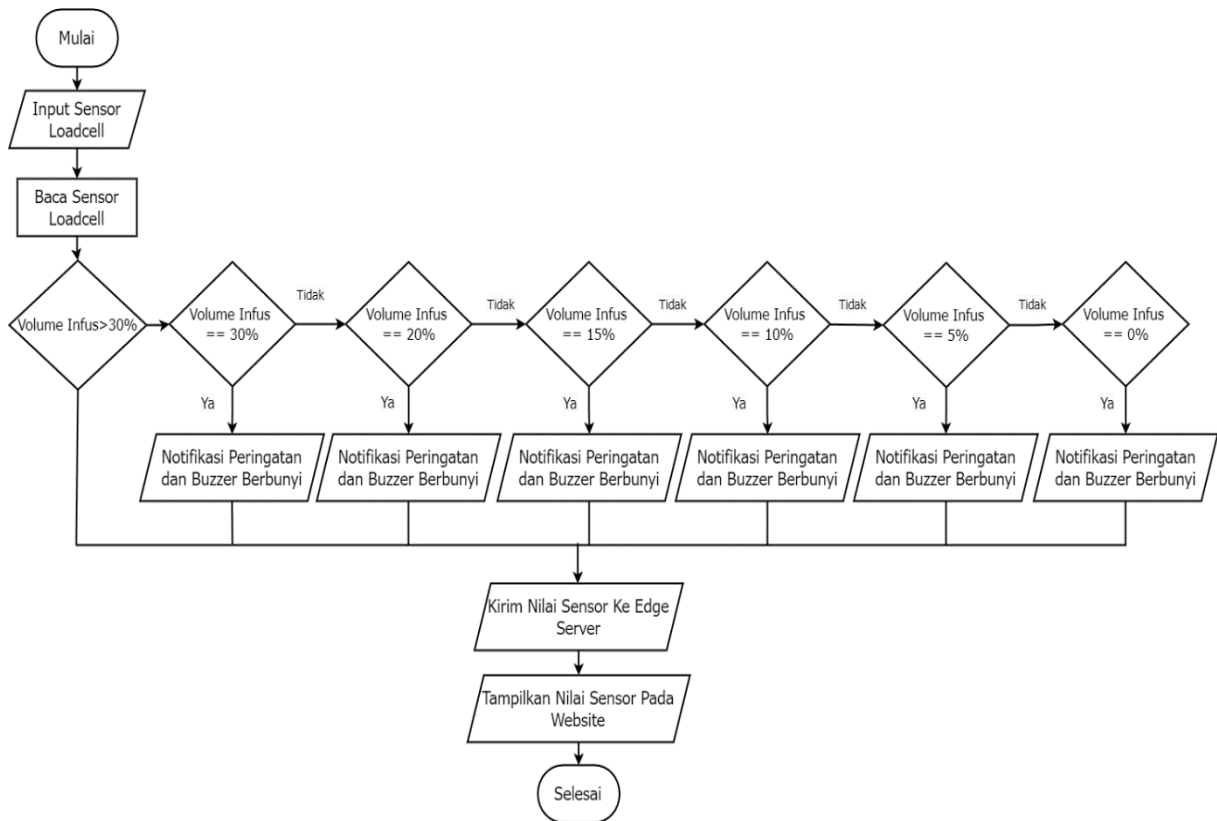
6. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sensor photodiode, dimulai dengan menginisialisasi setiap komponen perangkat yang terhubung ke NodeMCU ESP32. Proses selanjutnya menghubungkan NodeMCU ESP32 ke WiFi. Dengan menggunakan data dari sensor photodiode, dilakukan proses untuk mencari kecepatan pada tetesan infus. Kemudian data tersebut akan dikirim ke edge server yang kemudian akan ditampilkan pada halaman website. Gambar 7 perancangan sensor photodiode.



Gambar 7. Flowchart Sensor Photodiode

Perancangan sensor loadcell dimana proses dimulai input data sensor loadcell yang kemudian membaca data dari sensor loadcell untuk mengetahui persentase volume cairan infus. Gambar 8 menunjukkan perancangan sensor loadcell.



Gambar 8. Flowchart Sensor Loadcell

2.1.4 Implementasi

Tahap implementasi dimulai dengan integrasi fisik seluruh komponen perangkat keras. Selanjutnya, dilakukan instalasi perangkat lunak melalui proses pemrograman untuk mengaktifkan fungsionalitas sistem.

2.1.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk memverifikasi dan memvalidasi bahwa sistem yang dikembangkan berfungsi sesuai harapan serta mengevaluasi tingkat akurasi. Tahap pengujian mencakup pengujian delay pada kondisi LoS dan NLoS, tanpa edge computing, pengujian sensor load cell dan photodiode, serta pengujian sistem secara keseluruhan.

2.1.6 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan mencatat volume cairan infus, jumlah tetesan infus secara real-time, serta mengukur delay pengiriman data. Informasi yang dikumpulkan mencakup persentase volume cairan infus yang tersisa, kecepatan tetesan per detik, dan delay pengiriman data dari sensor ke server. Data ini kemudian diproses dan disajikan secara informatif dan mudah diakses melalui sebuah website, memungkinkan pemantauan infus secara efisien dan akurat.

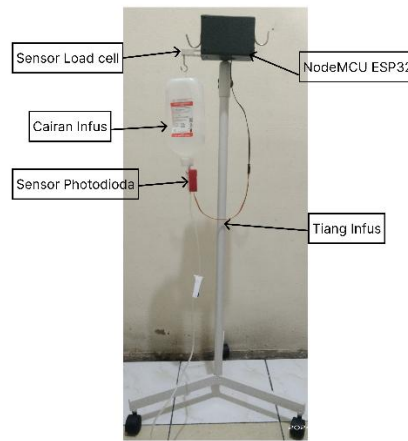
2.1.7 Kesimpulan

Tahap akhir dari penelitian tugas akhir adalah kesimpulan yang menjawab pertanyaan penelitian berdasarkan hasil pengujian sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi

Komponen yang digunakan pada implementasi keseluruhan sistem ini adalah NodeMCU ESP32, sensor loadcell, sensor photodiode, buzzer. Semua komponen tersebut disatukan menjadi satu perangkat pengukuran volume infus, kecepatan tetesan infus secara otomatis dengan NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali utama sistem. Gambar 9 menunjukkan implementasi keseluruhan perangkat keras.

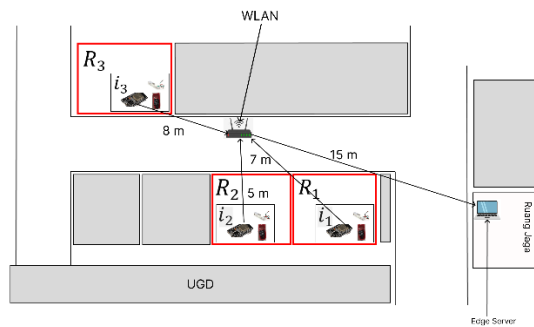


Gambar 9. Implementasi Perangkat Keras

Pada gambar 9 merupakan implementasi keseluruhan perangkat keras terdapat sensor loadcell yang berfungsi untuk mengetahui volume dari botol infus. Sensor photodioda digunakan untuk mencari kecepatan pada tetesan infus, NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler, buzzer berfungsi sebagai peringatan pada saat cairan infus akan habis.

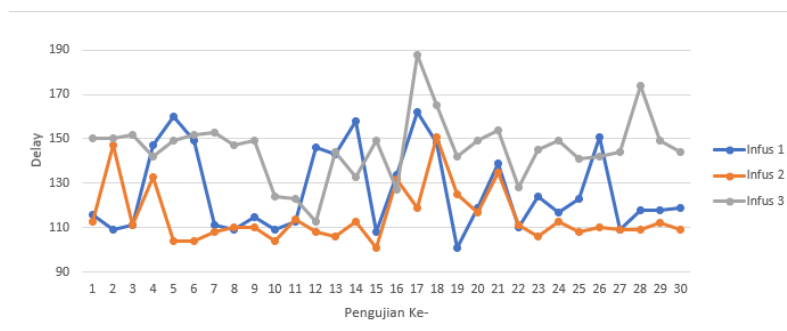
3.2 Pengujian Edge Computing Pada Kondisi NLoS

Pengujian delay perangkat infus pada kondisi NLoS, terdapat 3 ruangan yang berbeda dengan jarak 7 meter, 5 meter, 8 meter dari WLAN dan jarak antara WLAN dan edge server 15 meter. Gambar 10 menunjukkan denah penempatan alat.



Gambar 10. Denah Penempatan Alat

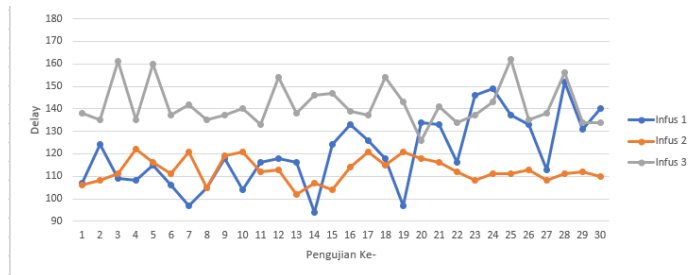
Hasil pengujian delay edge computing dalam keadaan NLoS dengan adanya halangan. Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik. Hasil pengujian menunjukkan nilai delay dari tiga infus (infus 1, infus 2, dan infus 3) selama 30 kali percobaan. Infus 1 (garis biru) memiliki delay antara 100 ms hingga 160 ms dan rata-rata delay 127 ms. Infus 2 (garis oranye) menunjukkan performa yang stabil dengan nilai delay berkisar antara 100 ms hingga 130 ms dan rata-rata delay 115 ms. Infus 3 (garis abu-abu) menunjukkan nilai delay tertinggi, dengan nilai delay berkisar antara 120 ms hingga 180 ms dan rata-rata delay 146 ms. Infus 2 memiliki delay yang lebih kecil dari perangkat infus lainnya karena jaraknya yang lebih dekat dengan WLAN. Sebaliknya, Infus 1 dan Infus 3 mengalami peningkatan delay karena jarak yang lebih jauh antara perangkat infus dan WLAN. Gambar 11 menunjukkan grafik hasil pengujian.



Gambar 11. Hasil Pengujian Edge Computing Dalam Keadaan NLoS

3.3 Pengujian Edge Computing Pada Kondisi LoS

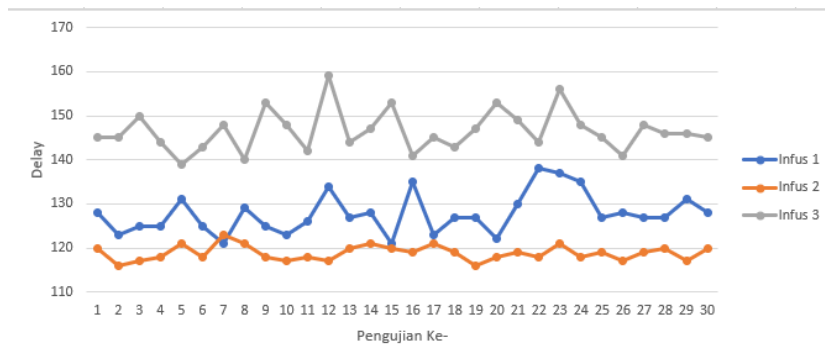
Hasil pengujian delay edge computing dalam keadaan LoS tanpa adanya halangan. Hasil pengujian menunjukkan nilai delay dari tiga pengujian (Infus 1, Infus 2, dan Infus 3) selama 30 kali percobaan. Infus 1 (garis biru) memiliki nilai delay antara 100 ms hingga 140 ms dan rata-rata delay 121 ms. Infus 2 (garis oranye) menunjukkan performa stabil dengan nilai delay berkisar antara 100 ms hingga 120 ms dan rata-rata delay 113 ms. Infus 3 (garis abu-abu) menunjukkan nilai delay tertinggi, dengan nilai delay berkisar antara 130 ms hingga 150 ms dan rata-rata delay 142 ms. Infus 2 memiliki delay yang lebih kecil dari perangkat infus lainnya karena jaraknya yang lebih dekat dengan WLAN. Sebaliknya, Infus 1 dan Infus 3 mengalami peningkatan delay karena jarak yang lebih jauh antara perangkat infus dan WLAN. Gambar 12 menunjukkan grafik hasil pengujian.



Gambar 12. Hasil Pengujian Edge Computing Dalam Keadaan LoS

3.4 Pengujian Tanpa Edge Computing

Hasil pengujian delay tanpa diterapkannya edge computing. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Infus 1 (garis biru) nilai delay stabil tetapi dengan nilai delay sedikit lebih tinggi, berkisar antara 130 ms hingga 140 ms dengan rata-rata delay 128 ms. Infus 2 (garis oranye) memiliki nilai delay paling stabil dan terendah, antara 120 ms hingga 130 ms dengan rata-rata delay 119 ms. Sebaliknya, Infus 3 (garis abu-abu) menunjukkan nilai delay tertinggi, antara 130 ms hingga 160 ms dengan rata-rata delay 147 ms. Infus 2 memiliki delay yang lebih kecil dari perangkat infus lainnya karena jaraknya yang lebih dekat dengan WLAN. Sebaliknya, Infus 1 dan Infus 3 mengalami peningkatan delay karena jarak yang lebih jauh antara perangkat infus dan WLAN. Gambar 13 menunjukkan grafik hasil pengujian.



Gambar 13. Hasil Pengujian Tanpa Edge Computing

3.5 Analisis Pengujian Delay Keseluruhan

Hasil pengujian dengan menggunakan edge computing menunjukkan bahwa kondisi Line-of-Sight (LoS) memberikan performa terbaik dalam hal delay. Terutama pada perangkat infus 2, yang memiliki jarak paling dekat dengan WLAN, tercatat delay terkecil baik pada kondisi LoS maupun NLoS. Namun, dalam kondisi LoS, delay yang tercatat lebih rendah dibandingkan dengan kondisi NLoS, yang menunjukkan bahwa pengujian edge computing dalam kondisi LoS lebih optimal. Dengan delay sebesar 113 ms pada perangkat infus 2, kondisi LoS membuktikan bahwa sinyal transmisi lebih stabil dan cepat ketika tidak ada halangan fisik, sehingga memberikan performa yang lebih unggul dibandingkan kondisi lainnya. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian delay keseluruhan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Delay Keseluruhan

Perangkat Infus	LoS	NLoS	Tanpa Edge Computing
1	121	127	128
2	113	115	119
3	142	146	147



3.6 Pengujian Keseluruhan Perangkat Infus

Pada pengujian keseluruhan sistem perangkat infus, tahap pengujian ini bertujuan memastikan bahwa semua komponen dan fungsionalitas sistem beroperasi dengan baik. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian perangkat infus.

Tabel 2. Hasil Pengujian Perangkat Infus

Uji Ke-	Sensor LoadCell			Sensor Photodioda		
	Alat Ukur Manual (g)	Sensor Loadcell(g)	Nilai Galat Relatif (%)	Berat Volume Infus (g)	Persentase Infus (%)	Kecepatan Tetesan (mL/s)
1	550	549	0,18	550	100%	0.25
2	550	549	0,18	530	96%	0.30
3	550	549	0,18	510	92%	0.35
4	550	549	0,18	500	90%	0.40
5	450	449	0,22	480	87%	0.30
6	450	449	0,22	460	83%	0.20
7	450	449	0,22	450	81%	0.35
8	350	350	0	420	76%	0.35
9	350	351	0,28	410	74%	0.35
10	350	351	0,28	380	69%	0.35
	Rata-rata		0,52	Rata-rata		0.32

Pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian perangkat infus pertama. Hasil pengukuran dari perangkat infus pertama menggunakan sensor load cell dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan timbangan digital. Galat relatif dari sensor load cell dihitung dan diperoleh hasil sebesar 0,18%. Selanjutnya, hasil rata-rata galat sensor load cell dari 30 kali pengujian adalah 0,52%. Berdasarkan data ini, akurasi sensor load cell dihitung dan diperoleh nilai akurasi sebesar 99,48%. Pada perangkat infus kedua, hasil pengukuran menunjukkan galat relatif sebesar 0,18% pada percobaan pertama, dengan hasil rata-rata galat sensor load cell dari 30 kali pengujian adalah 0,41%. Akurasi sensor load cell yang diperoleh dari perangkat ini adalah 99,58%. Pada perangkat infus ketiga, galat relatif sensor load cell pada percobaan pertama adalah 0%, dan hasil rata-rata galat dari 30 kali pengujian adalah 0,43%. Akurasi sensor load cell dari perangkat ini dihitung dan diperoleh nilai sebesar 99,57%.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, sistem pemantauan volume cairan infus berhasil dibangun dengan menerapkan edge computing. Pemrosesan awal dilakukan dekat dengan sumber data menggunakan edge server yang berlokasi secara fisik lebih dekat dengan perangkat infus. Edge server beroperasi secara lokal untuk memproses dan mengirimkan data dari berbagai perangkat infus. Penggunaan edge server memungkinkan penyimpanan dan pengiriman data dari berbagai perangkat infus tanpa tergantung pada koneksi internet saat pemrosesan data dari perangkat IoT. Pengujian delay edge computing dilakukan pada sistem ini dengan variasi jarak dan kondisi yang berbeda. Hasil pengujian delay edge computing dalam keadaan NLoS pada infus 1 diperoleh nilai rata-rata delay 127 ms, pengujian delay pada infus 2 diperoleh nilai rata-rata delay 115 ms, pengujian delay pada infus 3 diperoleh nilai rata-rata delay 146 ms. Hasil pengujian delay edge computing dalam keadaan LoS pada infus 1 diperoleh nilai rata-rata delay 121 ms, pengujian delay pada infus 2 diperoleh nilai rata-rata delay 113 ms, pengujian delay pada infus 3 diperoleh nilai rata-rata delay 146 ms. Hasil pengujian delay tanpa diterapkan edge computing pada infus 1 diperoleh nilai rata-rata delay 128 ms, pengujian delay pada infus 2 diperoleh nilai rata-rata delay 119 ms, pengujian delay pada infus 3 diperoleh nilai rata-rata delay 147 ms. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat galat relatif sebesar 0.52% untuk perangkat infus 1, perangkat infus 2 sebesar 0.41% dan 0.43% untuk perangkat infus 3. Dengan tingkat galat relatif ini, sensor loadcell memiliki akurasi sebesar 99.48% pada perangkat infus 1, pada perangkat infus 2 sebesar 99.58% dan perangkat infus 3 sebesar 99.57% dalam mengukur berat volume cairan infus.

REFERENCES

- [1] L. S. Zulfadli dan N. F. Prathiwi, "Desain Sistem Alat Pendeteksi Cairan Infus Dilengkapi Dengan Monitoring Level Cairan Berbasis IoT (Internet of Things)," Pros. Semin. Nas. Kesehat., hal. 1–8, 2020.
- [2] S. Purwiyanti, H. Fitriwan, S. R. Sulistiyanti, dan D. Rahmat, "Sistem Nirkabel Otomatis Untuk Memantau Tinggi Cairan Infus dan Darah Pada Selang Infus," Semin. Nas. Tek. Elektro, no. 1, 2023.
- [3] K. S. Ekiawan, E. Lydia, V. Ahmad, dan E. Maulana, "Infus Pintar untuk Meminimalisasi Terjadinya Penyumbatan pada Selang Infus Terintegrasi Fuzzy Logic," Bul. Pagelaran Mhs. Nas. Bid. Teknol. Inf. dan Komun., vol. 1, no. 1, hal. 38–43, 2023.



- [4] P. Simbolon, J. P. Pane, M. B. Karo, dan F. E. Parapat, “Gambaran Dukungan Keluarga Dengan Tingkat Kecemasan Pada Saat Pemasangan Infus Pada Balita Di Ruang Theresia Rumah Sakit Santa Elisabeth Batam Kota Tahun 2022,” *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 3, no. 6, hal. 1833–1839, 2024.
- [5] M. W. Marzuqon dan A. Prihanto, “Analisis Perbandingan Behavior User Menggunakan Low Interaction Honeypot dan IDS pada Sistem Edge Computing,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 3, no. 04, hal. 471–480, 2022, doi: 10.26740/jinacs.v3n04.p471-480.
- [6] S. Dario, A. Reznik, dan R. Frazao, *Multi-Access Edge Computing in Action*. 2020.
- [7] Y. Gong, “Optimal edge server and service placement in mobile edge computing,” vol. 2020, hal. 688–691, 2020, doi: 10.1109/ITAIC49862.2020.9339180.
- [8] N. Waranugraha dan M. Suryanegara, “The Development of IoT-Smart Basket: Performance Comparison between Edge Computing and Cloud Computing System,” *2020 3rd Int. Conf. Comput. Informatics Eng. IC2IE 2020*, hal. 410–414, 2020, doi: 10.1109/IC2IE50715.2020.9274596.
- [9] Nur Afiyat, Raizly Helmi Navilla, dan Mohamad Hariyadi, “Sistem Monitoring Cairan Infus Berbasis IoT Menggunakan Protokol MQTT,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 12, no. 1, hal. 50–55, 2023, doi: 10.22146/jnteti.v12i1.5862.
- [10] M. P. B. C. Ramadhan dan U. A. Saputro, “Perancangan Sistem Monitoring Tetes dan Kapasitas Cairan Infus Kamar Pasien Menggunakan ESP8266 Berbasis Website dengan Framework Laravel,” *J. Ris. Komputer*, vol. 10, no. 2, hal. 2407–389, 2023, doi: 10.30865/jurikom.v10i2.5992.
- [11] P. A. Rosyady, A. S. S. Sukarjana, N. U. Habibah, N. Ihsana, A. R. C. Baswara, dan W. R. Dinata, “Monitoring Cairan Infus Menggunakan Load Cell Berbasis Internet of Things (IoT),” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 22, no. 1, hal. 97–110, 2023, doi: 10.31358/techné.v22i1.345.
- [12] M. Muthmainnah, Hafid mansur, dan Ninik Chamidah, “Desain dan Pengembangan Monitoring Cairan Infus Berbasis Internet of Things (IoT) Telegram,” *J. Pendidik. Mipa*, vol. 13, no. 3, hal. 812–817, 2023, doi: 10.37630/jpm.v13i3.1178.
- [13] S. Anggraeni Kadiran, E. Supriyanto, M. Yusuf Maghribi, P. Teknik Telekomunikasi, J. Teknik Elektro, dan P. Negeri Semarang Jl Sudarto, “Sistem Monitoring dan Controlling Cairan Infus Berbasis Website Website-Based Monitoring and Controlling System for Infusion fluids,” *J. Ris. REKAYASA ELEKTRO*, vol. 5, no. 1, hal. 57–64, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [14] D. N. Alfarizi dan I. H. Ikasari, “Tinjauan Literatur Terhadap Pemanfaatan Cloud Computing,” *JURIHUM J. Inov. dan Hum.*, vol. 01, no. 01, hal. 148–154, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnalmahasiswa.com/index.php/jurikum>
- [15] Y. Cui, *Edge Computing-IoT*, 02 ed. 2021.
- [16] A. Y. Syarif, C. Adipradana, dan C. P. Prasetyo, “Analisis Kinerja Jaringan WLAN Menggunakan Metode QoS Versi TIPHON di SMKS Al-Mahrusiyah Kota Kediri jaringan serta mendefinisikan karakteristik dan sifat dari sebuah layanan,” vol. 08, 2024.
- [17] R. Bagas, N. Hidayat, L. D. Oktaviana, dan A. P. Kuncoro, “QUALITY OF SERVICE ANALYSIS OF WICO NETWORK GRAPARI TELKOM ANALISIS QUALITY OF SERVICE JARINGAN WICO GRAPARI TELKOM,” vol. 5, no. 4, hal. 395–405, 2024.
- [18] A. Rahman dan M. S. Nugroho, “KEAMANAN WIRELESS SENSOR NETWORK PENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN MENGGUNAKAN ALGORITMA AES PADA MEDIA KOMUNIKASI LORA (Wireless Sensor Network Security for Forest Fire Detection Using Aes Algorithm on Lora Communication Media),” hal. 1–15, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <https://magestic.unej.ac.id/>
- [19] B. Dwinanto dan B. Yulianto, “Rancang Bangun Repeater Lora Rfm95 Dengan Frekuensi 915 Mhz Berbasis Esp32,” *Cerdika J. Ilm. Indones.*, vol. 4, no. 2, hal. 109–125, 2024, doi: 10.59141/cerdika.v4i2.752.
- [20] C. R. Hren, J. T. Moore, dan P. J. Mikulecky, “Chemistry All-in-One For Dummies (+ Chapter Quizzes Online),” 2022.
- [21] I. G. N. Ady Kusuma, “Perancangan Simple Stateless Autentikasi Dan Otorisasi Layanan Rest-API Berbasis Protokol Http,” *J. Manaj. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, hal. 78, 2021, doi: 10.36595/misi.v4i1.325.
- [22] B. Picano dan R. Fantacci, *Edge Intelligent Computing Systems in Different Domains*, vol. Part F2093. 2024.
- [23] S. James, “Build Your Own Web Server From Scratch in Node.JS,” 2024.