

PEMANTAUAN TANDA VITAL NON-KONTAK BERBASIS IOT MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER ESP32

NON-CONTACT VITAL SIGN MONITORING BASED ON IOT USING ESP32 MICROCONTROLLER

Agung Surya Sanjaya¹, Nyoman Bogi Aditya Karna², Hilman Fauzi Tresna Sania Putra³.

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹agungsanjaya@student.telkomuniversity.ac.id, ²aditya@telkomuniversity.co.id,

³hilmanfauzitsp@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penerapan E-health saat ini menjadi perhatian di berbagai negara. Pandemi COVID-19 membuat aktivitas sehari-hari manusia beralih ke metode daring, tak terkecuali dengan pelayanan Kesehatan. Munculnya teknologi Internet of Things (IoT) memfasilitasi kemajuan pelayanan kesehatan dari konsultasi tatap muka menjadi layanan konsultasi E-health, dengan harapan dapat membantu mengurangi penyebaran virus COVID-19 maupun penyakit menular lainnya.

Pemantauan Vital Signs sangat penting dilakukan untuk memperkuat diagnosis medis dan kelangsungan kesehatan pasien. Dalam pemantauan Vital Signs pasien diperlukan adanya pengawasan oleh tenaga medis dengan pemeriksaan yang berulang dan memakan waktu. Sehingga, tenaga medis beresiko tertular penyakit yang ditularkan oleh pasien karena adanya kontak langsung secara terus menerus. Oleh karena itu, diperlukan adanya sistem pemantauan Vital Sign yang mudah diterapkan oleh pasien untuk menghemat waktu dan mengurangi risiko tenaga medis tertular virus atau penyakit yang ditularkan oleh pasien.

Hasil realisasi Sistem Pemantauan Vital Signs yang dibuat menghasilkan tingkat persentase keakuratan dengan menjadikan alat Vital Signs konvensional sebagai tolak ukur nilai yang aktual, dengan nilai keakuratan pada sensor suhu sebesar 99.48%, sensor tekanan darah sebesar 98.31%, sensor pulse oximeter dengan nilai 95.67% pada pengukuran denyut nadi, dan 98.77% pada pengukuran saturasi oksigen. Hasil akuisisi data sistem dapat terkirim ke Firebase dengan kecepatan throughput sebesar 51.6kbps-52.72kbps, nilai packet loss antara 0.36%-2.04%, dan delay sebesar 44.99ms-46.34ms

Kata Kunci : *Internet of Things, Vital Signs, E-health, COVID-19, real-time, portable.*

Abstract

The application of E-health is currently a concern in various countries. The COVID-19 pandemic has made people's daily activities switch to online methods, and so on with health services. The emergence of Internet of Things (IoT) technology facilitates the advancement of health services from face-to-face consultations to E-health consultations, in the hope of helping to reduce the spread of the COVID-19 virus and other infectious diseases.

Vital signs monitoring is very important to strengthen the medical diagnosis and continuity of the patient's health. When monitoring the patient's vital signs, it is necessary to have supervision by medical personnel with repeated and time-consuming examinations. So, in that case, the medical personnel are at risk of contracting diseases that is infected by the patients due to continuous direct contact. Therefore, a patient vital sign monitoring system is needed that is easy to implement by the patients to save time and reduce the risk of medical personnel contracting viruses or diseases infected by patients.

The results of the realization of the Vital Signs Monitoring System produce a percentage level of accuracy by using conventional Vital signs as a benchmark for the actual value, with 99.48% accuracy value of the temperature sensor, 98.31% of the blood pressure sensor, And the pulse oximeter sensor with 95.67% of accuracy on the pulse rate measurement, and 98.77% on the oxygen saturation measurements. The results of the system data acquisition can be sent to Firebase with a throughput speed between 51.6kbps-52.72kbps, packet loss value between 0.36%-2.04%, and a delay value between 44.99ms-46.34ms.

Keywords: *Internet of Things, Vital Signs, E-health, COVID-19, real-time, portable.*

1. Pendahuluan

Penelitian ini merancang alat “Pemantauan Tanda Vital non-kontak yang berbasis *IoT* menggunakan mikrokontroler ESP32” agar Tenaga Kesehatan dapat memonitor tanda- tanda vital pasien tanpa melakukan kontak fisik. Secara keseluruhan tanda tanda vital manusia terdiri dari: saturasi oksigen, denyut nadi, tekanan darah, dan suhu tubuh. Keempat tanda ini umumnya dianggap penting untuk mengevaluasi kesehatan manusia dan pemantauan berkelanjutan harus dilakukan, terutama pada pasien

Dengan adanya alat “ *Non-Contact Vital Sign Monitoring based on IoT using ESP32 Microcontroller*” ini diharapkan dapat membantu tenaga Kesehatan dalam mengontrol , mengawasi, memberi pelayanan yang tepat terhadap pasien tanpa harus melakukan kontak fisik dan mengurangi kapasitas pasien di ruang bangsal rumah sakit. Dengan adanya alat ini, pasien dapat melakukan dan dapat dengan nyaman melakukan proses isolasi mandiri, karena hasil pemantauan Vital Sign dapat di pantau secara real-time Oleh Tenaga Kesehatan melalui website, dan jika terjadi keadaan darurat pada pasien agar dapat diteruskan ke ruang Instalasi Gawat Darurat (IGD)

2. Konsep Dasar dan Perancangan

2.1 Konsep Dasar

A. IoT (Internet of Things)

Internet of Things mengacu pada gagasan umum tentang sesuatu, terutama benda sehari-hari, yang dapat dibaca, dikenali, ditemukan, di alamatkan melalui perangkat penginderaan teknologi informasi dan/atau dapat dikontrol melalui internet, menggunakan sarana komunikasi (baik melalui RFID, LAN, WAN, atau 11 cara lain). IoT pada dasarnya diciptakan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Dengan adanya IoT dunia dapat terhubung dengan mudah. IoT bertujuan untuk mengintegrasikan dunia nyata dengan dunia maya dengan menggunakan internet sebagai media untuk berkomunikasi dan bertukar informasi [5]

B. *E-Health Vital Sign Monitoring* berbasis *IoT*

Vital sign atau tanda- tanda vital pada manusia adalah suatu tolak ukur objektif untuk fungsi fisiologis esensial manusia, dinamai “vital” karena pengukuran dan penilainya dapat membantu menentukan status kesehatan seseorang. Vital Sign pada manusia terdiri dari 4 yaitu denyut nadi (*pulse rate*), tekanan darah (*blood pressure*), saturasi oksigen (*SpO2*), dan suhu tubuh (*body temperature*) [1].

Dalam perancangan sistem monitoring ini mengadopsi penerapan *IoT* ke dalam *smart health/E-health*. *E-health* adalah pelayanan Kesehatan yang melalui sarana elektronik, khususnya melalui Internet. Ini dapat mencakup edukasi, pemantauan, dan interaksi dengan penyedia layanan kesehatan, serta interaksi dengan pasien lain [2]. Arsitektur dari sistem *E-health monitoring* yang berbasis *IoT* ini terdiri dari 3 lapisan yaitu [3] :

1. *Perception Layer*

Lapisan ini terdiri dari berbagai jenis sensor yang mengumpulkan data secara real-time. Sensor ini dipasang pada tubuh pasien sesuai dengan fungsi monitoring dari sensor itu sendiri.

2. *Middleware and APIs (Application Programming Interface) Layer*

Lapisan ini merupakan lapisan penting dari sistem yang terdiri dari berbagai *API (Application Programming Interfaces)*. Pada lapisan ini terdapat penyimpanan cloud yang menyimpan data parameter pengukuran.

3. *E-Health Application and Service Layer*

Lapisan ini menawarkan layanan *E-health* kepada pasien. Lapisan ini memberikan informasi kepada tenaga medis tentang kondisi vital sign pasien yang nantinya dapat digunakan untuk menilai kondisi pasien.

C. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah computer dalam chip yang dapat di program untuk melakukan tugas atau sebuah operasi tertentu, mikrokontroler berasal dari dua kata yakni mikro yang berarti kecil dan kontroler yang berarti sebuah perangkat yang dapat mengontrol sebuah objek, proses, atau peristiwa. Istilah lain untuk mendefinisikan mikrokontroler adalah sebuah perangkat

pengontrol yang tertanam (*embedded controller*) karena mikrokontroler beserta sirkuit pendukungnya dirancang di dalam/tertanam di dalam perangkat yang ingin di control [4]. Dalam perancangan alat ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, dalam perancangannya terdapat 2 tahap diantaranya yaitu:

1. *Circuit designing*

Dalam *circuit designing*, project ini menggunakan EAGLE PCB. Saat ini, berbagai variasi software dapat digunakan untuk mendesign PCB seperti contohnya Autodesk EAGLE. EAGLE adalah *electronic design automation software* (EDA) yang memungkinkan untuk merancang PCB (*printed circuit board*), menghubungkannya ke diagram skematik, penempatan komponen, routing PCB, dan juga memiliki konten library yang lengkap. Kemudahan dalam penerapan, kerapian, dan pengurangan waktu produksi menjadi alasan penggunaan PCB sebagai metode dalam *circuit design*

2. *Programming a Microcontroller*

Mikrokontroler tidak dapat berfungsi jika tidak di program, hal itu merupakan tanggung jawab pengguna untuk *memprogramming* Mikrokontroler agar dapat bekerja. *Programming* adalah implementasi logika untuk memfasilitasi operasi dan fungsionalitas komputasi tertentu, dalam project ini menggunakan Bahasa C sebagai Bahasa pemrograman dan IDE (*Integrated Development Environment*) sebagai *software* pemrogramannya. Sebelum dapat mengupload program ke mikrokontroler, perlu dilakukan proses *compiling*, ini berarti menguah *human-readable code* menjadi *machine readable code*. Setelah melakukan *compiling* maka dapat dilakukan uploading data ke mikrokontroler.

D. Quality of Service

Quality of service (QoS) adalah penggunaan mekanisme atau teknologi untuk mengontrol lalu lintas jaringan yang tinggi dengan handal dan tetap dapat beroperasi sesuai standart kualitas layanan yang telah ditentukan. Dalam pengujian QoS layanan sistem pemantauan *vital signs* ini menggunakan tiga parameter pengujian yaitu:

1. *Throughput*:

Throughput adalah kecepatan data yang diproses dan ditransfer dari satu lokasi ke lokasi lain dengan ukuran tertentu [6]. Tabel 2.3 Menunjukkan standar *throughput* yang digunakan [6].

2. *Delay*:

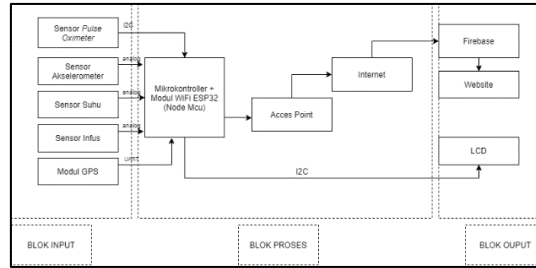
Delay adalah perhitungan atau kalkulasi jumlah waktu yang dibutuhkan sebuah paket untuk pergi dari titik A ke titik B dalam satuan detik/*second* [6].

3. *Packet Loss*

Packet loss adalah persentase paket data yang tidak mencapai tujuannya setelah ditransmisikan. *Packet loss* biasanya disebabkan oleh kemacetan jaringan, masalah perangkat keras, *bug* perangkat lunak, dan sejumlah faktor lainnya [6].

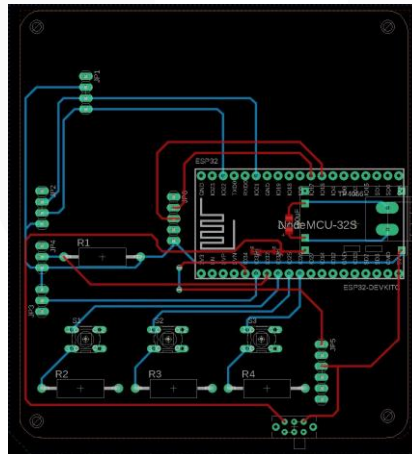
2.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem monitoring *vital sign* yang berbasis *IoT* ini meliputi *board* yang terintegrasi dengan sensor-sensor monitor tanda Vital. Monitor tanda-tanda vital mencakup sensor uji detak jantung, sensor uji saturasi oksigen, sensor cairan infus, modul GPS lokasi pasien, dan sebuah mikrokontroler yang dapat memonitor kondisi tanda vital secara real-time. Setelah sensor tanda vital sign dipasangkan pada tubuh pengguna, maka Mikrokontroler ESP32 akan mengirim data yang dihasilkan sensor node ke *Cloud Firebase* untuk disimpan agar dapat ditampilkan pada *Websserver*. Melalui *websserver*, pengguna atau tenaga Kesehatan dapat memantau hasil monitoring *Vital Sign* untuk dicatat atau dianalisis secara lebih lanjut.



Gambar.1 Blok diagram Sistem yang Dirancang

Berdasarkan Gambar Blok Diagram sistem Vital Sign Monitoring, dapat dijabarkan bahwa sensor pulse oximeter (MAX30102) sebagai sensor denyut nadi dan saturasi oksigen, sensor akselerometer (MPX5700DP) sebagai sensor tekanan darah, dan sensor suhu DS18B20 bertugas sebagai blok input yang dapat mengambil data tanda vital pada tubuh pasien. Sensor MAX30102 yang dapat mengukur denyut nadi dan kadar oksigen darah, terhubung dengan mikroprosesor menggunakan protokol komunikasi I2C. Sensor akselerometer (MPX5700DP) mengukur tekanan darah pasien dengan output sinyal analog yang dikonversikan ke sinyal digital oleh mikrokontroler. Sedangkan DS18B20 berkomunikasi dengan melalui 1-Wire bus yang hanya membutuhkan satu jalur data (dan ground) untuk komunikasi dengan mikroprosesor pusat. Setelah sensor melakukan pengambilan data, data diproses oleh Mikrokontroler ESP32 dengan menggunakan protokol komunikasi inter-integrated circuit (I2C). ESP32 terkoneksi dengan internet melalui access point, dan dapat melakukan update database pada firebase secara online. Pada perancangan alat ini pemrograman dilakukan setelah alat terintegrasi dengan sensor sensor. Agar dapat menyesuaikan kebutuhan dimensi sistem yang kecil maka diperlukan perancangan circuit PCB yang didesain menggunakan aplikasi EAGLE PCB untuk menunjang dimensi sistem yang minimalis. Gambar 2 menunjukkan Layout board sistem Vital Sign Monitoring.

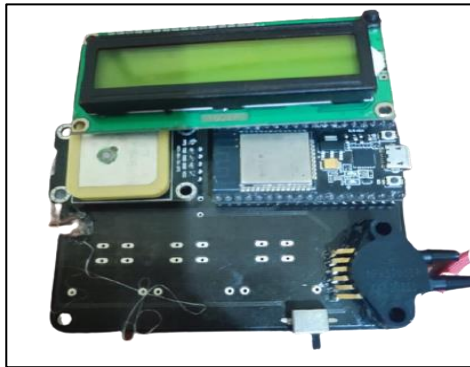


Gambar.2 Layout board Non-Contact Vital Sign Monitoring

3. Hasil dan Pengujian

3.1. Realisasi Sistem yang Telah Dirancang

Komponen perangkat keras monitoring vital sign yang diimplementasikan ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 Semua sensor yang mencakup sensor tekanan darah, sensor denyut nadi, sensor suhu tubuh, dan sensor saturasi oksigen yang terhubung ke board ESP32. Juga, sensor cairan infus dan GPS yang ditambahkan untuk memberi informasi tentang ketersediaan cairan infus dan lokasi pasien. ESP32 terhubung melalui konektivitas Wi-Fi untuk mengakses Internet. Sensor node yang telah melakukan pengukuran akan terhubung dan mengirim data ke firebase untuk disimpan ataupun ditampilkan ke website.



Gambar 3. Realisasi board sistem



Gambar 4. Realisasi Sistem secara keseluruhan

Pada realisasi board sistem ini, ada beberapa pin mikrokontroler ESP32 yang digunakan yaitu pin SDA SCL untuk komunikasi I2C sensor MAX30102 dan LCD, pin 16 dan 17 untuk pin serial TX/RX pada GPS, dan pin 32,35,34 yang merupakan pin ADC (analog to digital converter) yang masing masing terhubung dengan sensor DS18B20, MPX5700DP, dan LM393. Sistem ini juga dilengkapi dengan baterai Li-Ion berkapasitas 1200mAh yang dirangkai seri menjadi 7.4V sebagai power supply-nya dan modul charger TP405. Baterai Li-Ion terhubung ke pin Vin dan GND pada modul TP405, sedangkan GND dan Vout pada TP405 terhubung pada pin Vin dan GND pada ESP32. Di bagian loop kode pemrograman, nilai pembacaan suhu tubuh, denyut nadi, dan saturasi oksigen dikumpulkan secara terus-menerus dari sensor yang terhubung ke tubuh pasien. Data yang dikumpulkan dikirim ke saluran platform firebase.

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian validasi data receiver, pengujian delay pengiriman data, perbandingan hasil pemantauan *Vital Sign* menggunakan prototipe yang dirancang dengan alat pemantauan Vital sign konvensional, dan pengujian konsumsi daya pada sistem

3.2.1 Pengujian Validasi Data

Tabel. 1 Hasil Pengujian Validasi Data

Log data No	Data Sensor Node					Data Firebase					Status		
	SpO2	BPM	Long	Lat	Temp	SpO2	BPM	Long	Lat	Temp		Press	
1	2.11	-6.89	0	0	25.06	7	2.11	-6.89	0	0	25.06	7	Valid
2	2.11	-6.89	-6.97269	107.634155	25.06	7	2.11	-6.89	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
3	2.12	-6.88	-6.97269	107.634155	25.06	8	2.12	-6.88	-6.97269	107.634155	25.06	8	Valid
4	2.11	-6.89	-6.97269	107.634155	25.06	7	2.11	-6.89	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
5	99.93	90.93	-6.97269	107.634155	25.06	8	99.93	90.93	-6.97269	107.634155	25.06	8	Valid
6	99.94	90.94	-6.97269	107.634155	25.06	8	99.94	90.94	-6.97269	107.634155	25.06	8	Valid
7	100.75	91.75	-6.97269	107.634155	25.12	7	100.75	91.75	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
8	101.63	92.63	-6.97269	107.634155	25.06	8	101.63	92.63	-6.97269	107.634155	25.06	8	Valid
9	103.11	94.11	-6.97269	107.634155	25.06	7	103.11	94.11	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
10	102.99	93.99	-6.97269	107.634155	25.06	7	102.99	93.99	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
11	97.76	88.76	-6.97269	107.634155	25.06	7	97.76	88.76	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
12	96.9	87.9	-6.97269	107.634155	25.12	7	96.9	87.9	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
13	99.68	90.68	-6.97269	107.634155	25.12	8	99.68	90.68	-6.97269	107.634155	25.12	8	Valid
14	102.34	93.34	-6.97269	107.634155	25.12	7	102.34	93.34	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
15	98.93	89.93	-6.97269	107.634155	25.12	8	98.93	89.93	-6.97269	107.634155	25.12	8	Valid
16	105.11	96.11	-6.97269	107.634155	25.12	7	105.11	96.11	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
17	104.98	95.98	-6.97269	107.634155	25.06	7	104.98	95.98	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
18	105.69	96.69	-6.97269	107.634155	25.12	7	105.69	96.69	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
19	105.52	96.52	-6.97269	107.634155	25.12	7	105.52	96.52	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
20	106.16	97.16	-6.97269	107.634155	25.06	7	106.16	97.16	-6.97269	107.634155	25.06	7	Valid
21	105.77	96.77	-6.97269	107.634155	25.12	7	105.77	96.77	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
22	106.1	97.1	-6.97269	107.634155	25.12	8	106.1	97.1	-6.97269	107.634155	25.12	8	Valid
23	105.01	96.01	-6.97269	107.634155	25.12	7	105.01	96.01	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
24	105.42	96.42	-6.97269	107.634155	25.12	7	105.42	96.42	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
25	2.95	-6.05	-6.97269	107.634155	25.12	7	2.95	-6.05	-6.97269	107.634155	25.12	7	Valid
26	3.23	-5.77	-6.97269	107.634155	25.12	8	3.23	-5.77	-6.97269	107.634155	25.12	8	Valid
27	2.66	-6.34	-6.97269	107.634155	25.87	8	2.66	-6.34	-6.97269	107.634155	25.87	8	Valid
28	2.65	-6.35	-6.97269	107.634155	30.81	8	2.65	-6.35	-6.97269	107.634155	30.81	8	Valid
29	2.62	-6.38	-6.97269	107.634155	32.44	8	2.62	-6.38	-6.97269	107.634155	32.44	8	Valid
30	2.66	-6.34	-6.97269	107.634155	33.25	8	2.66	-6.34	-6.97269	107.634155	33.25	8	Valid
31	106.97	97.97	-6.97269	107.634155	33.81	8	106.97	97.97	-6.97269	107.634155	33.81	8	Valid
32	105.58	96.58	-6.97269	107.634155	34.13	8	105.58	96.58	-6.97269	107.634155	34.13	8	Valid
33	105.32	96.32	-6.97269	107.634155	34.38	7	105.32	96.32	-6.97269	107.634155	34.38	7	Valid
34	104.57	95.57	-6.97269	107.634155	34.56	8	104.57	95.57	-6.97269	107.634155	34.56	8	Valid
35	104.79	95.79	-6.97269	107.634155	34.75	8	104.79	95.79	-6.97269	107.634155	34.75	8	Valid
36	104.34	95.34	-6.97269	107.634155	34.88	8	104.34	95.34	-6.97269	107.634155	34.88	8	Valid
37	104.78	95.78	-6.97269	107.634155	35	8	104.78	95.78	-6.97269	107.634155	35	8	Valid

Dari pengujian pengiriman data yang dilakukan selama 5 menit didapatkan 37 log data. Semua data yang terkirim oleh *sensor node* sama dengan data yang diterima pada firebase dan tidak ada data yang hilang maupun terjadi error. Sehingga pada pengujian validasi data yang dilakukan dapat dikatakan data yang diterima oleh firebase adalah data yang valid dari sensor node.

3.2.2 Pengukuran Quality of Service (QoS) Pengiriman Data Sistem

Pengujian *Quality of Services* (QoS) bertujuan untuk mengetahui seberapa baik kualitas pengiriman data dari sistem yang juga mendefinisikan visibilitas kinerja dari layanan sistem pemantauan vital signs ini.

A. Pengujian Throughput

Pengujian *throughput* bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat pengiriman data sistem dengan cara menggunakan Persamaan (1) [6] Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian *throughput* sistem dengan standar THIPON [6]

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Data yang Dikirim (kb)}}{\text{waktu pengiriman data (s)}} \quad (1)$$

Tabel. 2 Hasil Pengujian Throughput

Pengujian Ke-n	Jumlah Data Terkirim (Bytes)	Waktu (s)	Throughput (kbps)	Indeks
1	405196 Bytes	62.460s	51.6 kbps	Sangat baik
2	390245 Bytes	60.207s	51.85 kbps	Sangat baik
3	405503 Bytes	61.532s	52.72 kbps	Sangat baik

B. Pengujian Delay

Pengukuran delay sangat penting karena, waktu delay yang lama dapat di indikasikan oleh rendahnya kapasitas sistem atau masalah teknis yang dapat mempengaruhi hasil solusi. Pengujian delay pengiriman data sistem ini menggunakan Persamaan (2) [6]. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian *delay* sistem dengan standar THIPON [6]

$$\text{Rata Rata Delay} = \frac{\text{Total Waktu Paket yang Dikirim}}{\text{Jumlah paket}} \quad (2)$$

Tabel. 3 Hasil Pengujian Delay

Pengujian Ke-n	Total Delay (s)	Total Paket	Rata-Rata Delay (ms)	Indeks
1	62.459s	1377	45.35ms	Sangat Baik
2	60.206s	1299	46.34ms	Sangat Baik
3	61.513s	1367	44.99ms	Sangat Baik

C. Pengujian Packet Loss

Pengujian *packet loss* bertujuan untuk mengetahui persentase jumlah paket yang hilang saat pengiriman data. Pengujian *packet loss* ini menggunakan persamaan (3) [6]. Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran *packet loss* pengiriman data sistem.

$$\text{Packet loss (\%)} = \frac{(\text{paket data dikirim} - \text{paket data diterima})}{\text{paket data yang dikirim}} \times 100\% \quad (3)$$

Tabel. 3 Hasil Pengujian Packet Loss

Pengujian Ke-n	Total Paket Terkirim	Total Paket Diterima	Packet Loss (%)	Indeks
1	1377	1372	0.36%	Sangat Baik
2	1299	1277	1.69%	Sangat Baik
3	1367	1339	2.04%	Sangat Baik

3.3.3 Perbandingan Pengukuran Sensor

Uji perbandingan sensor dilakukan untuk menemukan tingkat galat/*error* pada sistem dan untuk menentukan keakuratan data dari pembacaan dan pengukuran yang dilakukan oleh sensor yang terpasang di tubuh pasien. Dari hasil perbandingan ini ditarik kesimpulan apakah sistem Monitoring *Vital Sign* ini berjalan dengan baik dan menghasilkan output yang sesuai

Tabel.4 Hasil Perbandingan Pengukuran Suhu Tubuh

Percobaan Hari ke-n	Thermometer Digital (X)	Sensor DS18B20 (Xi)	%RE	%R _{accuracy}
1	36.85	36.5	0.95%	99.05%
2	36.55	36.3	0.68%	99.32%
3	36.11	36	0.30%	99.70%
4	37.09	36.9	0.51%	99.49%
5	36.55	36.5	0.14%	99.86%
6	36.37	36.3	0.19%	99.81%
7	37.57	37	1.52%	98.48%
8	36.73	36.6	0.35%	99.65%
9	36.18	36.1	0.22%	99.78%
10	36.86	36.7	0.43%	99.57%
Rata-rata	36.68	36.49	0.52%	99.48%

Tabel.5 Hasil Perbandingan Pengukuran Tekanan Darah

Percobaan Hari ke-n	Sensor MPX5700DP (Xi)	Sphygmamometer Raksa (X)	%RE	%R _{accuracy}
1	118	120	1.67%	98.33%
2	112	115	2.61%	97.39%
3	119	120	0.83%	99.17%
4	125	130	3.85%	96.15%
5	110	110	0.00%	100%
6	109	110	0.91%	99.09%
7	128	130	1.54%	98.46%
8	120	120	0.00%	100%
9	103	105	1.90%	98.10%
10	116	120	3.33%	96.67%
Rata-Rata	116	118	1.69%	98.31%

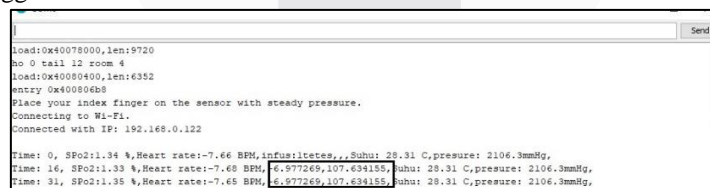
Tabel.5 Hasil Perbandingan Pengukuran SpO2 dan Denyut nadi

Percobaan Hari Ke-n	MAX30102 (Xi)	Pulse oximeter (X)	%RE	%R _{accuracy}	MAX30102 (Xi)	Pulse Oximeter (X)	%RE	%R _{accuracy}
1	71 bpm	73 bpm	2.74%	97.26%	95%	97%	2.06%	97.94%
2	74 bpm	80 bpm	7.50%	92.50%	98%	99%	1.01%	98.99%
3	79 bpm	85 bpm	7.06%	92.94%	96%	96%	0.00%	100%
4	87 bpm	92 bpm	5.43%	94.57%	96%	97%	1.03%	98.97%
5	65 bpm	68 bpm	4.41%	95.59%	93%	95%	2.11%	97.89%
6	68 bpm	70 bpm	2.86%	97.14%	98%	99%	1.01%	98.99%
7	86 bpm	90 bpm	4.44%	95.56%	97%	97%	0.00%	100%
8	81 bpm	83 bpm	2.41%	97.59%	93%	95%	2.11%	97.89%
9	63 bpm	65 bpm	3.08%	96.92%	97%	99%	2.02%	97.98%
10	78 bpm	80 bpm	2.50%	97.50%	97%	98%	1.02%	98.98%
Rata Rata	75.2 bpm	78.6 bpm	4.33%	95.67%	96%	97.20%	1.23%	98.77%

Keakuratan rata-rata pengukuran sensor Tanda Vital terhadap alat ukur Tanda Vital konvensional dapat terukur menggunakan persamaan Raccuracy dengan nilai pada sensor suhu sebesar 99.48%, sensor tekanan darah sebesar 98.31%, sensor pulse oximeter dengan nilai 95.67% pada pengukuran denyut nadi dan 98.77% pada pengukuran saturasi oksigen.

3.3.4 Pengujian Modul GPS dan Sensor Infus

Dari hasil pengujian modul GPS didapatkan bahwa modul dapat memberikan nilai Longitude dan Latitude yang dapat dilihat pada tampilan data sensor node pada gambar 7. Dari nilai Longitude dan Latitude tersebut dapat dikonversikan ke google maps yang akan memberikan lokasi terkini dari pengguna.



Gambar.7 Nilai longitude dan latitude Modul GPs

Tabel 4.7 Pengujian Sensor infus Chamber 30 tetes/menit

Waktu (menit)	Hasil Pembacaan Sensor Infus	Jumlah Tetes Seharusnya	Galat
1	29 tetes	30 tetes	3.3%
2	57 tetes	60 tetes	5%
3	86 tetes	90 tetes	4.4%
4	116 tetes	120 tetes	3.3%
5	145 tetes	150 tetes	3.3%
Rata-Rata Galat			3.86%

Berdasarkan hasil pengujian sensor infus pada Tabel.7 dan dapat disimpulkan bahwa, sensor cairan infus dapat tetap mendeteksi jumlah tetesan cairan infus dengan baik dengan tingkat nilai galat atau error yang kecil yaitu sebesar 3.86%.

3.3.5 Pengujian Konsumsi Daya Sistem

Pengukuran konsumsi daya ini dilakukan dengan mencari nilai tegangan dan arus sistem saat dalam kondisi mengirim data maupun idle/diam dengan multimeter.

Status Sistem	Nilai Tegangan (V)	Nilai Arus (I)	Daya (P)
Idle	4.46V	28.1mA	0.125 Watt
Mengirim Data	4.53V	29.4mA	0.133 Watt

Tabel.7 Hasil nilai konsumsi daya

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Penerapan sistem E-health Monitoring ke dalam pemantauan Tanda Vital yang berbasis IoT ini beserta komponen elektronik pendukung yang tertanam di dalamnya telah berhasil diintegrasikan dan dapat memantau Tanda Vital tubuh secara real-time.
2. Kualitas layanan pengiriman data sistem pemantauan Tanda Vital yang dikembangkan dapat terukur menggunakan parameter QoS (*Quality of Service*) dengan nilai packet loss yang rendah antara 0.36%-2.04%, nilai delay yang sangat baik antara 44.99ms-46.34ms, dan nilai throughput yang sangat baik antara 51.6kbps-52.72kbps.
3. Keakuratan rata-rata pengukuran sensor Tanda Vital terhadap alat ukur Tanda Vital konvensional dapat terukur menggunakan persamaan Raccuracy dengan nilai pada sensor suhu sebesar 99.48%, sensor tekanan darah sebesar 98.31%, sensor pulse oximeter dengan nilai 95.67% pada pengukuran denyut nadi dan 98.77% pada pengukuran saturasi oksigen.
4. Nilai longitude dan Latitude yang dihasilkan GPS pada sistem dapat memberikan lokasi pengguna dengan baik, namun hal ini sangat bergantung pada kondisi ruangan dan cuaca.
5. Konsumsi daya sistem yang rendah dapat diterapkan dengan nilai daya sebesar 1 sampai 1.3 watt

Referensi:

- [1] D. Dias and J. P. S. Cunha, "Wearable health devices—vital sign monitoring, systems and technologies," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 8, 2018, doi: 10.3390/s18082414.
- [2] H. Oh, C. Rizo, M. Enkin, and A. Jadad, "What is eHealth (3): A systematic review of published definitions," *J. Med. Internet Res.*, vol. 7, no. 1, 2005, doi: 10.2196/jmir.7.1.e1
- [3] S. Mukherjee, K. Dolui, and S. K. Datta, "Patient health management system using e-health monitoring architecture," *Souvenir 2014 IEEE Int. Adv. Comput. Conf. IACC 2014*, pp. 400–405, 2014, doi: 10.1109/IAdCC.2014.6779357
- [4] J. Axelson, *The Microcontroller Idea Book: Circuits, Programs, and Applications featuring the 8052-BASIC Microcontroller*. 1997.
- [5] C. Salazar, "Internet of Things-IOT : Definition , Characteristics , Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges," no. May 2016, 2019, doi: 10.4010/2016.1482.
- [6] ETSI, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)," *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol.1, pp. 1–37, 1999.