

Pengembangan Sistem Pemantauan SpO₂, Suhu Tubuh dan Aktivitas Jantung Berbasis IoT

Muhammad Fa'iz Nashrullah^{*1}, Ahmad Ashari²

¹Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: ^{*1}faiz.nashrullah7@mail.ugm.ac.id, ²ashari@ugm.ac.id,

P

Abstrak

Teknologi pemantauan parameter-parameter kesehatan tubuh manusia sudah ada dalam berbagai macam tipe dan bentuk. Mulai dari alat EKG atau elektrokardiogram, alat pemantau respirasi, tekanan darah, suhu tubuh dan lain-lain. Kegiatan pemantauan parameter kesehatan tubuh manusia merupakan suatu hal yang penting untuk meningkatkan kualitas perawatan orang sakit. Mulai dari deteksi gangguan kesehatan lebih awal, dengan begitu dapat melakukan diagnosa yang lebih tepat sasaran. Akan tetapi, lain ceritanya apabila seseorang yang sedang dipantau parameter kesehatannya mengidap penyakit berbahaya dan mudah menular, contohnya seperti saat pandemi beberapa tahun lalu. Maka dari itu diperlukannya proses pemantauan parameter kesehatan secara berjarak atau jarak jauh untuk mengurangi potensi menularnya penyakit dari seseorang yang mengidap penyakit berbahaya dan mudah menular tersebut. Penelitian ini menggunakan sebuah sistem pemantauan kadar saturasi oksigen dalam darah, suhu tubuh dan aktivitas jantung berbasis IoT. Dengan implementasi IoT atau Internet of Things pada sistem, memungkinkan pengiriman data hasil baca sensor SpO₂, suhu tubuh dan aktivitas jantung ke platform IoT, Thingsboard, menggunakan protokol komunikasi MQTT. Apabila nilai SpO₂ dan suhu tubuh berada dalam rentang tidak normal, maka akan mengaktifkan alarm peringatan dalam Thingsboard. Data-data tersebut akan ditampilkan menggunakan dashboard pada Thingsboard yang dapat diakses melalui browser internet maupun aplikasi gawai.

Kata kunci—Pemantauan, IoT, MQTT, Kesehatan

Abstract

Health monitoring technologies has been developed into various forms, including ECG or Electrocardiogram machine, respiration monitoring machine, blood pressure, body temperature and other kinds of health monitoring machines. The act of health monitoring is crucial for improving patient care. Starting with early detection of various health problems so that it improves the accuracy of diagnosis. But it's a different story, if the patient is diagnosed with a dangerous and infectious disease, for example the pandemic a few years ago. Therefore a long range health monitoring process is necessary to reduce the risk of infections from the patient diagnosed with the dangerous and infectious disease. This research uses an IoT-based system for monitoring oxygen saturation levels in the blood, body temperature and heart activity. Implementing Internet of Things into the system, makes it possible to send data read by the SpO₂, body temperature and heart activity sensors into the IoT platform used, which is Thingsboard, using MQTT communication protocol. If the values of SpO₂ and body temperature received are outside the normal range, it will activate Thingsboard's alarm warning. Those data will be visualised on the Thingsboard's dashboard that can be accessed using an internet browser or a smartphone's application.

Keywords—Monitoring, IoT, MQTT, Health

1. PENDAHULUAN

Pemantauan parameter-parameter kesehatan tubuh manusia merupakan suatu proses yang penting dalam system kesehatan. Proses tersebut dilakukan dengan berbagai macam perkembangan teknologi beberapa tahun terakhir dengan menyesuaikan kebutuhan. Contohnya adalah kondisi pandemi saat beberapa tahun lalu yang berdampak, salah satunya pada proses pemantauan kesehatan tubuh manusia yang mengidap penyakit berbahaya dan mudah menular. Melihat dampak buruk tersebut, diperlukan suatu system yang dapat memantau parameter-parameter kesehatan tubuh manusia secara berlanjut dan berjarak untuk mengurangi peluang penularan penyakit berbahaya tersebut [1]. Dengan implementasi IoT atau *Internet of Things*, memungkinkan suatu system yang tersusun dari sejumlah perangkat untuk dapat terhubung dengan internet, melalui jaringan Wi-Fi. Pada pemantauan kadar saturasi oksigen dalam darah, suhu tubuh dan aktifitas jantung, implementasi IoT akan memudahkan proses pemantauan secara jarak jauh [2], yakni dengan menerapkan jaringan sensor nirkabel yang digunakan untuk mengukur parameter kesehatan tubuh manusia bernama WBAN (*Wireless Body Area Network*). Salah satu penerapannya adalah suatu sistem jaringan sensor nirkabel yang dapat dipakai oleh seorang pasien [3,4].

Sistem yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan sensor MAX30102 untuk mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah dan suhu tubuh [5]. Sensor kedua yang digunakan adalah sensor AD8232 untuk memperoleh aktifitas jantung seseorang [6]. Data-data bacaan kedua sensor tersebut akan dikirim ke sebuah *platform* IoT yang nantinya akan divisualisasikan dalam *dashboard* [7]. Visualisasi data tersebut juga dapat diakses melalui gawai [8]. Sistem yang dikembangkan berkemampuan untuk mengirimkan peringatan apabila nilai bacaan sensor diluar jangkauan normal [9].

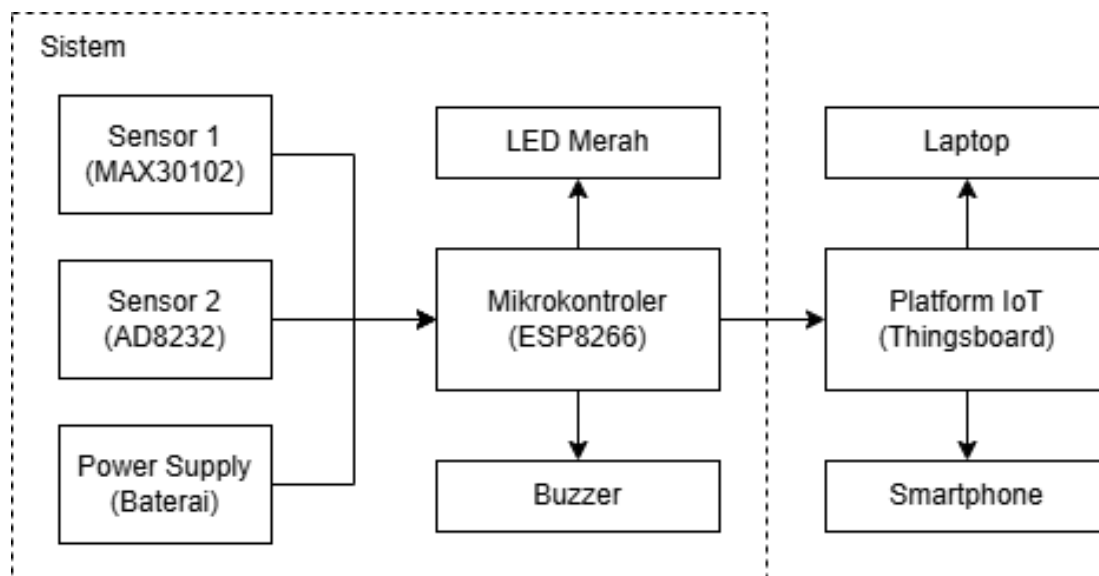
2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisa Sistem

Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk melakukan pemantauan kadar saturasi oksigen dalam darah, suhu tubuh dan aktifitas jantung seseorang. Sensor MAX30102 berfungsi untuk mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah dan suhu tubuh. Sedangkan sensor AD8232 berfungsi untuk memperoleh data aktifitas jantung. Hasil bacaan kedua sensor tersebut dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang berfungsi untuk mengolah lebih lanjut data-data tersebut. Selanjutnya, meneruskan data-data hasil olahan tersebut ke *platform* IoT yang digunakan, yakni Thingsboard, melalui jaringan Wi-Fi dengan modul Wi-Fi yang tersedia pada mikrokontroler tersebut. Visualisasi data-data tersebut akan dilakukan oleh Thingsboard pada bagian *dashboard* yang dilengkapi dengan peringatan apabila nilai data diluar jangkauan normal, dalam bentuk alarm.

2.2 Rancangan Keseluruhan Sistem

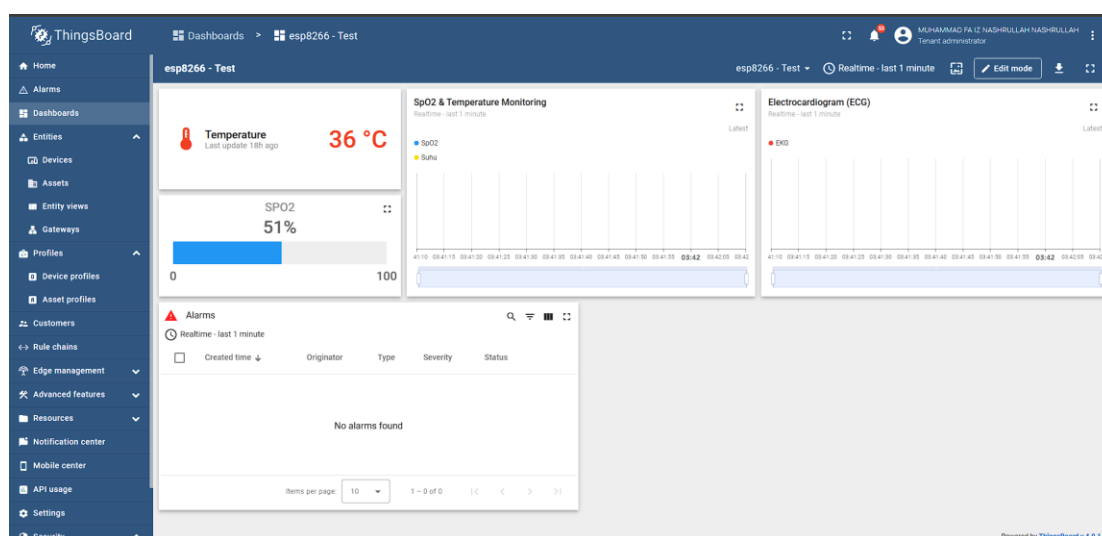
Rancangan sistem yang dikembangkan dapat dilihat secara keseluruhan pada Gambar 1, di bawah. Sistem akan menggunakan dua daya baterai 18650. Sensor MAX30102 dan AD8232 meneruskan hasil bacaan datanya ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266, pada saat itu juga apabila nilai kadar saturasi oksigen dalam darah dan suhu tubuh diluar jangkauan normal (kadar SpO2 di bawah 90%, suhu tubuh di bawah 36°C atau diatas 37,2°C.) akan menyalakan LED merah dan mengaktifkan *buzzer*. Selanjutnya meneruskan data-data hasil bacaan ke Thingsboard melalui jaringan Wi-Fi untuk proses visualisasi data pada *dashboard*. *Dashboard* tersebut dapat diakses baik melalui laptop maupun *smartphone* atau gawai.



Gambar 1 Rancangan Keseluruhan Sistem

2.3 Rancangan Perangkat Lunak Sistem

Sistem yang dikembangkan menggunakan protokol komunikasi MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*), yakni sebuah protokol komunikasi yang menggunakan model penerbit/langganan (*publish/subscribe*). Hal tersebut memungkinkan kegiatan pengiriman dan penerimaan pesan antar perangkat secara *real-time* dan penggunaan *bandwidth* yang rendah. Penerbit adalah suatu *client* (perangkat) menerbitkan atau mengirimkan pesan ke suatu broker. Broker adalah sebuah server perantara yang menghubungkan antara penerbit dan pelanggan. Pelanggan adalah suatu *client* (perangkat) yang berlangganan pesan tertentu dari broker. Proses komunikasi MQTT diawali dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 bertindak sebagai penerbit yang diprogram dengan bahasa C, *library* bernama 'Pub/Sub Client'. Penerbit akan dihubungkan dengan broker, dalam hal ini adalah server Thingsboard, melalui 'token' yang diperoleh dari laman Thingsboard. Selanjutnya broker akan memvisualisasikan data yang telah diterbitkan oleh penerbit pada *dashboard* Thingsboard yang dapat diakses oleh pelanggan, dalam hal ini adalah laptop dan *smartphone*/gawai, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Dashboard Thingsboard diakses melalui laptop

Selanjutnya pada *dashboard* terdapat fitur peringatan dalam bentuk alarm. Fitur tersebut dapat dikonfigurasi pada laman Thingsboard. Pada sistem yang dikembangkan ini, digunakan 2 macam alarm, masing-masing untuk memberikan peringatan apabila nilai kadar saturasi oksigen dalam darah lebih rendah dari 90% dan nilai suhu tubuh diluar rentang 36°C sampai 37,2°C. Konfigurasi alarm kadar saturasi oksigen dalam darah ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan, konfigurasi alarm suhu tubuh ditunjukkan pada gambar 4.

Alarm type*
Suhu Tubuh diluar Jangkauan Normal

Advanced settings ▾

Create alarm rules

Severity: Minor

Condition: Temperature less than 36

Schedule: Active all the time

Additional info: +

Mobile dashboard: No dashboard selected
Used by mobile application as an alarm details dashboard

Severity: Warning

Condition: Temperature greater than 37.2

Schedule: Active all the time

Additional info: +

Mobile dashboard: No dashboard selected
Used by mobile application as an alarm details dashboard

Gambar 3 Konfigurasi alarm kadar saturasi oksigen dalam darah

Alarm type*
SpO2 kurang dari 90

Advanced settings ▾

Create alarm rules

Severity: Warning

Condition: SpO2 less than 90

Schedule: Active all the time

Additional info: +

Mobile dashboard: No dashboard selected
Used by mobile application as an alarm details dashboard

+ Add create condition

Clear alarm rule

Condition: SpO2 greater or equal 90

Schedule: Active all the time

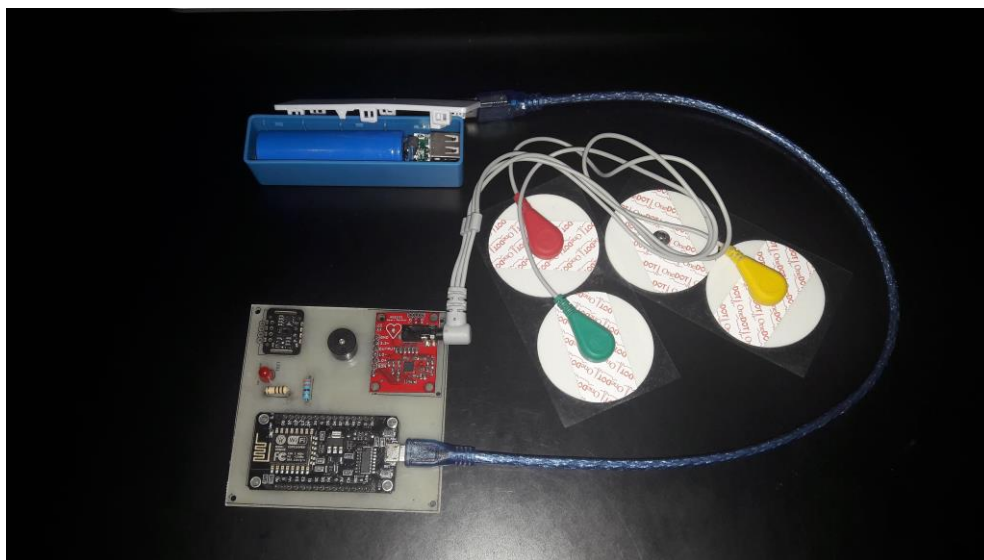
Additional info: +

Mobile dashboard: No dashboard selected

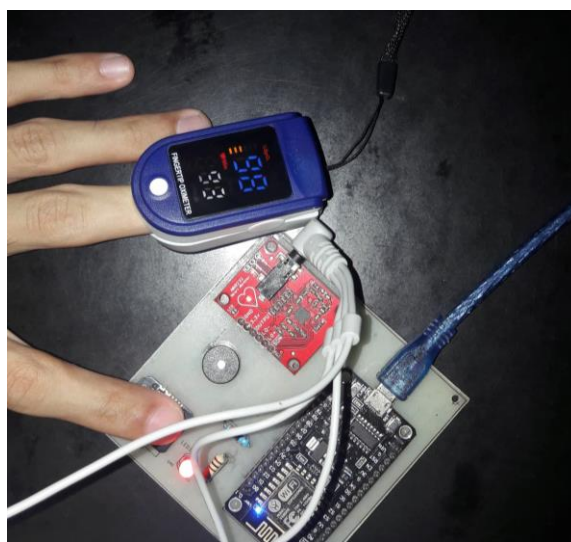
Gambar 4 Konfigurasi alarm suhu tubuh

2.4 Pengambilan Data dengan Sistem

Pada penelitian ini, proses pengambilan data dengan sistem dilakukan secara langsung oleh peneliti dalam posisi duduk dengan tenang, selama 1 menit penuh. Perangkat sistem secara keseluruhan yang telah jadi dapat dilihat pada gambar 5. Pertama, meletakkan jari telunjuk peneliti pada sensor MAX30102 untuk mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah dan suhu tubuh. Kedua, meletakkan jari tengah penulis pada oximeter sesungguhnya sebagai pembandingan. Posisi kedua jari yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6. Ketiga, menempelkan ketiga elektroda sensor AD8232 pada titik-titik sesuai dengan kode warna pada elektroda [10]. Kode elektroda sensor AD8232 dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7.



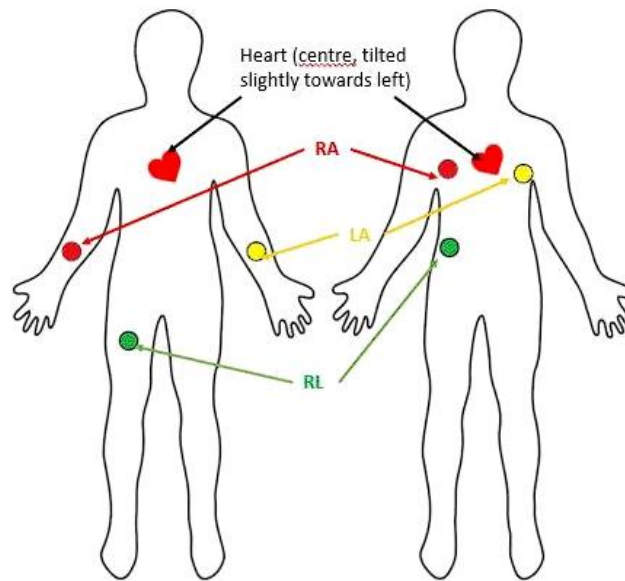
Gambar 5 Perangkat Sistem Secara Keseluruhan



Gambar 6 Posisi Jari Telunjuk dan Jari Tengah saat Pengambilan Data

Tabel 1 Kode Warna Elektroda Sensor AD8232

Nama Elektroda	Warna Elektroda	Lokasi
RA	Merah	<i>Right Arm</i> (Tangan Kanan)
LA	Kuning	<i>Left Arm</i> (Tangan Kiri)
RL	Hijau	<i>Right Leg</i> (Kaki Kanan)



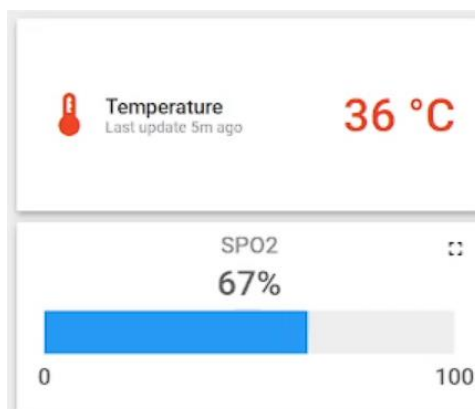
Gambar 7 Peletakan Elektroda Sensor AD8232

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

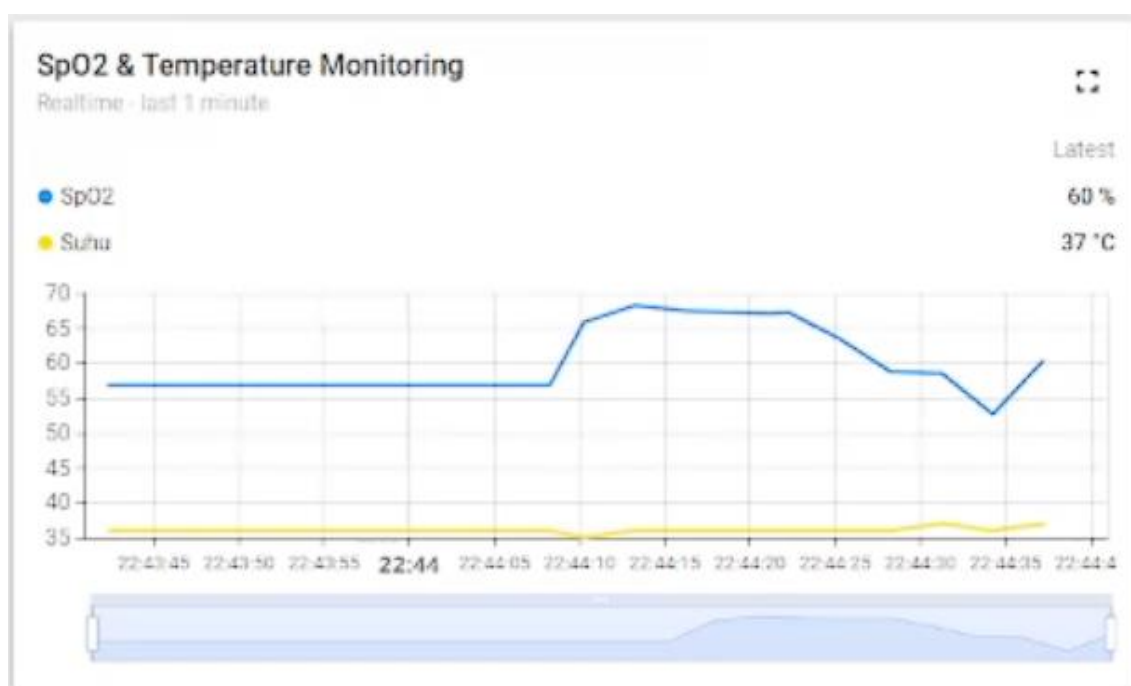
Sistem yang telah dikembangkan perlu dilakukan uji fungsionalitas guna untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan semestinya atau tidak. Proses pengujian dilakukan oleh peneliti seorang diri, dengan melakukan pengujian untuk kedua sensor yang digunakan pada waktu yang bersamaan, MAX30102 dan AD8232, untuk memperoleh data pengukuran kadar saturasi oksigen dalam darah, suhu tubuh dan aktifitas jantung. Pada waktu yang sama pula, dilakukan pengambilan data menggunakan alat oximeter sesungguhnya untuk mengukur kadar oksigen dalam darah, sebagai data pembanding. Seperti yang terlihat pada Gambar 6 sebelumnya. *Dashboard* yang telah dibuat cukup responsif, dapat menampilkan data hasil bacaan sensor secara *real-time*. Dalam proses pengujian, peneliti menggunakan perangkat lunak Bluestack yang memungkinkan untuk menjalankan aplikasi Android, yakni Thingsboard, pada laptop peneliti. Bluestack akan bertindak sebagai *client* pelanggan (*subscriber*) yang menerima pesan dari *broker*. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali, pertama menggunakan catu daya baterai 18650 dan yang kedua menggunakan laptop peneliti sebagai catu daya sistem. Dengan begitu memungkinkan untuk melakukan visualisasi data menggunakan *Serial Monitor* Visual Studio Code dan *Serial Plotter* Arduino IDE sebagai pembanding.

3.1 Pengujian Sensor MAX30102

Pengujian pertama dilakukan menggunakan catu daya baterai 18650 dengan hasil visualisasi hasil baca sensor dalam bentuk numerik dan grafik pada *dashboard* Thingsboard dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9. Pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan laptop sebagai catu daya sistem dengan hasil baca sensor dalam bentuk numerik pada *Serial Monitor* Visual Studio Code dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil baca alat oximeter sesungguhnya, baik untuk pengujian pertama maupun kedua, dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 8 Visualisasi Numerik Data SpO2 dan Suhu Tubuh pada *dashboard* Thingsboard (*Browser* dan *Bluestack*)



Gambar 9 Visualisasi Grafik Data SpO2 dan Suhu Tubuh pada *dashboard* Thingsboard (*Browser* dan *Bluestack*)

```

PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

pm open,type:2 0
Red: 640,Infrared: 912.    No finger detected
Red: 642,Infrared: 911.    No finger detected
Red: 949,Infrared: 976.    No finger detected
Red: 114394,Infrared: 99284.    Oxygen % = 0.00%.    Temp.C = 32 C
Red: 145280,Infrared: 112270.    Oxygen % = 25.86%.    Temp.C = 32 C
Red: 143774,Infrared: 110632.    Oxygen % = 40.85%.    Temp.C = 33 C
Red: 143805,Infrared: 110187.    Oxygen % = 50.25%.    Temp.C = 33 C
Red: 142020,Infrared: 109433.    Oxygen % = 55.88%.    Temp.C = 33 C
Red: 106826,Infrared: 95378.    Oxygen % = 61.19%.    Temp.C = 34 C
Red: 129729,Infrared: 98751.    Oxygen % = 62.55%.    Temp.C = 34 C
Red: 129156,Infrared: 98177.    Oxygen % = 67.52%.    Temp.C = 34 C
Red: 128458,Infrared: 97791.    Oxygen % = 67.45%.    Temp.C = 33 C

env:esp12e (ESP8266 - Testing)  COM4

```

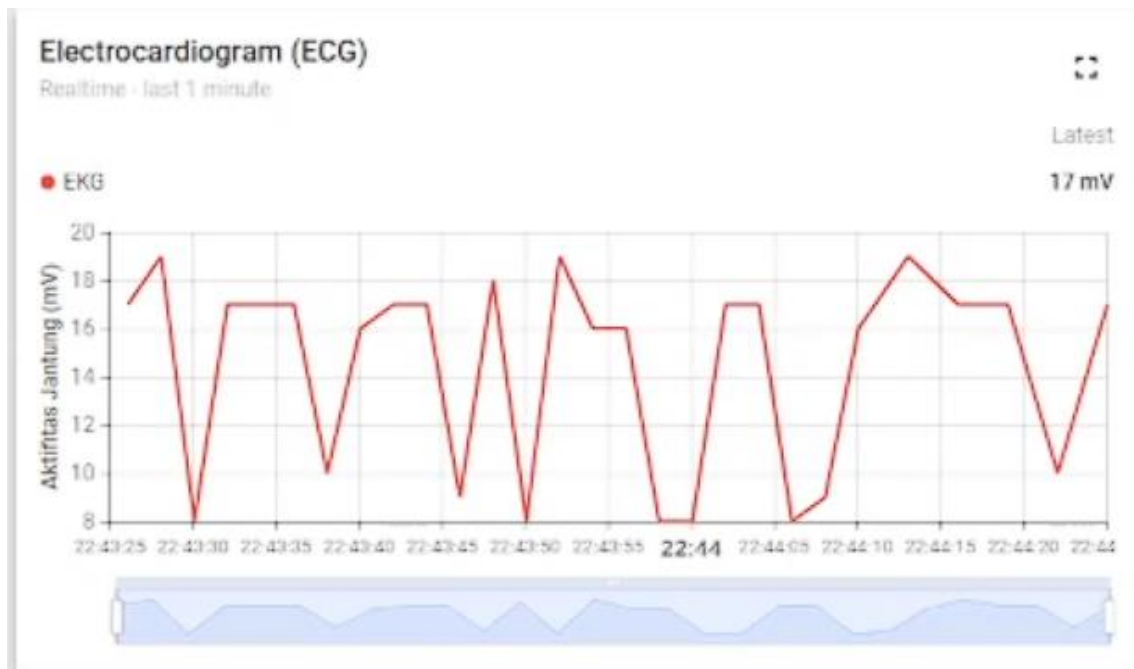
Gambar 10 Hasil Baca Sensor pada *Serial Monitor* Visual Studio Code



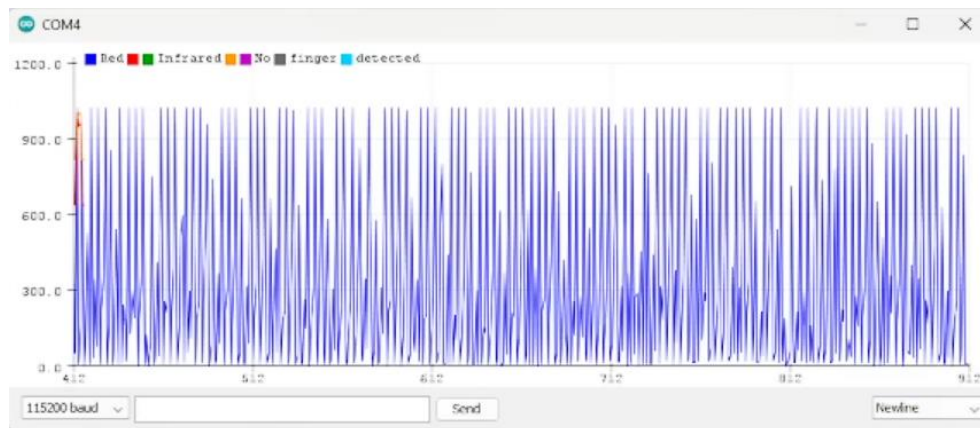
Gambar 11 Hasil Pengukuran Oximeter (98% kadar SpO2 dalam darah)

3.2 Pengujian Sensor AD8232

Pengujian pertama, dilakukan menggunakan catu daya baterai 18650 dengan hasil visualisasi hasil baca sensor dalam bentuk grafik pada *dashboard* Thingsboard dapat dilihat pada Gambar 12. Pengujian kedua, dilakukan menggunakan laptop peneliti sebagai catu daya sistem, dengan hasil visualisasi hasil baca sensor dalam bentuk grafik menggunakan *Serial Plotter* Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12 Visualisasi Grafik Data Aktifitas Jantung pada *dashboard* Thingsboard (*browser* dan Bluestack)



Gambar 13 Visualisasi Grafik Data Aktivitas Jantung pada *Serial Plotter* Arduino IDE

3.3 Pengujian Peringatan Alarm

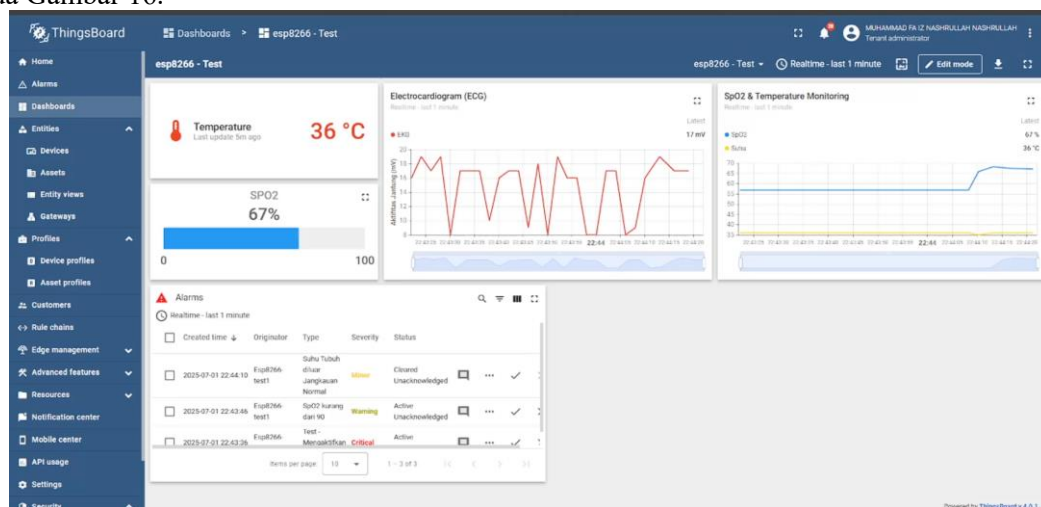
Peringatan alarm yang dihasilkan saat nilai kadar saturasi oksigen dibawah 90% dan nilai suhu tubuh diluar rentang normal, yakni antara 36°C sampai 37,2°C, ditunjukkan pada Gambar 14 di bawah.

Alarms							
Filter: Active		For all time					
☐ Created time ↓	Originator	Type	Severity	Assignee	Status	Details	
☐ 2025-06-23 21:14:31	Esp8266-test1	Suhu Tubuh diluar Jangkauan Normal	Minor	Unassigned	Active Unacknowledged	...	
☐ 2025-06-20 09:46:35	Esp8266-test1	Test - Mengaktifkan Alarm	Critical	Unassigned	Active Unacknowledged	...	
☐ 2025-06-20 09:46:35	Esp8266-test1	SpO2 kurang dari 90	Warning	Unassigned	Active Unacknowledged	...	

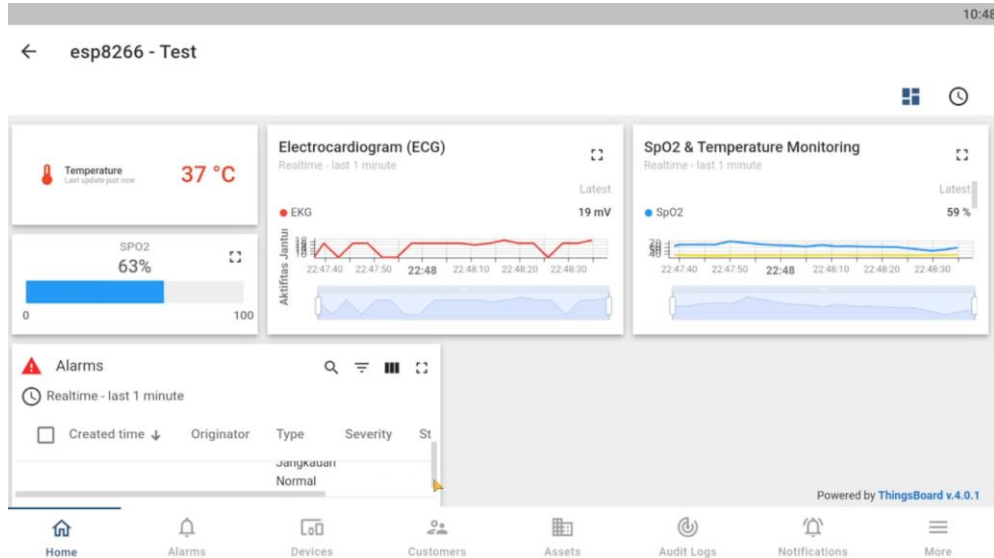
Gambar 14. Notifikasi Alarm yang Masuk

3.4 Tampilan Dashboard secara Keseluruhan

Dashboard yang telah dibuat dapat menampilkan data secara *real-time*, proses pengaturan yang cukup mudah. Data kadar saturasi oksigen dalam darah dan suhu tubuh ditampilkan dalam bentuk numerik dan grafik. Sedangkan data aktivitas jantung ditampilkan dalam bentuk grafik saja. Terdapat satu bagian yang menampilkan alarm apa saja yang aktif saat kondisinya terpenuhi, bila tidak ada yang terpenuhi, bagian alarm tersebut akan menjadi kosong. Tampilan *dashboard* yang diakses melalui *browser* laptop, ditunjukkan pada Gambar 15. Sedangkan tampilan *dashboard* yang diakses melalui perangkat lunak Bluestack ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Tampilan *dashboard* diakses dengan *browser*



Gambar 16. Tampilan *dashboard* diakses dengan Bluestack

3.4 Pembahasan

Penelitian ini menguji implementasi *Internet of Things* dalam proses pemantauan parameter-parameter kesehatan tubuh manusia dan memberikan suatu peringatan dalam bentuk alarm pada Thingsboard. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua sensor, MAX30102 dan AD8232, belum dapat memberikan hasil bacaan yang akurat. Terbukti bahwa pada kedua pengujian yang telah dilakukan, sensor MAX30102 pada penelitian ini belum mampu mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah seseorang dengan akurat. Pada penelitian ini, sensor tersebut hanya mampu mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah hingga 70%, baik itu hasil pengujian dengan catu daya baterai 18650 maupun pengujian dengan laptop peneliti sebagai catu daya sistem, sedangkan disaat yang bersamaan, alat oximeter yang sesungguhnya mampu mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah hingga 98%. Selanjutnya, kemampuan sensor MAX30102 dalam mengukur suhu tubuh seseorang belum dapat dikatakan akurat. Karena pada sebenarnya sensor suhu MAX30102 tersebut ditujukan untuk mengukur suhu internal *chip* sensor itu sendiri, baik untuk kalibrasi maupun perawatan. Maka dari itu, sensor MAX30102 belum tepat untuk digunakan sebagai alat pengukuran suhu tubuh seseorang.

Pada penelitian ini, hasil baca yang diperoleh sensor AD8232 belum dapat merepresentasikan aktifitas listrik jantung yang direkam, dalam bentuk grafik. Grafik yang dihasilkan masih memiliki banyak *noise* atau gangguan yang menyebabkan sulitnya untuk melihat ritme dan pola detak jantung pengguna sistem.

Dari sisi *platform* IoT, Thingsboard dapat berfungsi sebagai *broker* dengan semestinya. Mampu untuk menerima data yang diterbitkan oleh penerbit (sistem) dan meneruskannya ke pelanggan (laptop) secara *real-time*. *Dashboard* pada *platform* IoT tersebut juga mudah untuk digunakan dan mampu untuk menampilkan data yang diterima, mulai dari representasi visual kadar saturasi oksigen dalam darah dalam bentuk batang persegi panjang dilengkapi dengan nilai numerik. Grafik garis yang menampilkan data SpO2 tersebut, suhu tubuh dan aktifitas jantung. Akan tetapi, tampilan grafik aktifitas jantung masih belum dapat merepresentasikan aktifitas jantung seseorang, karena grafik tersebut belum menyerupai grafik elektrokardiogram, 3 elektroda.

Fitur peringatan dalam bentuk alarm pada Thingsboard dapat berjalan dengan semestinya. Saat nilai kadar saturasi oksigen yang diterima kurang dari 90%, maka akan mengaktifkan alarm peringatan rendahnya nilai SpO2 dan memberikan notifikasi pada Thingsboard. Begitu pula untuk nilai suhu tubuh diluar rentang 36°C sampai 37,2°C, maka akan mengaktifkan alarm peringatan nilai suhu tubuh diluar rentang normal dan memberikan notifikasi pada Thingsboard.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terkait pemantauan kadar saturasi oksigen dalam darah, suhu tubuh dan aktifitas jantung berbasis IoT, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Implementasi *Internet of Things* dalam sistem pemantauan parameter kesehatan tubuh manusia akan membantu memudahkan proses pemantauan kesehatan dalam perawatan seseorang yang sakit, seperti memungkinkannya dilakukan pemantauan secara berjarak bagi seseorang yang mengidap penyakit berbahaya yang menular dan deteksi awal gangguan dalam tubuh. Implementasi IoT pada suatu sistem pemantauan kesehatan telah dilakukan pada penelitian ini, hingga berhasilnya menampilkan data parameter kesehatan pada *dashboard* Thingsboard secara *real-time*. Akan tetapi, pada penelitian ini belum mampu untuk mempergunakan sensor AD8232 untuk memperoleh data aktifitas jantung secara akurat dan MAX30102 untuk mengukur kadar saturasi oksigen dalam darah serta suhu tubuh dengan akurat.

5. SARAN

Pada kedepannya, dapat dicoba untuk menggunakan sensor yang lebih akurat dan membenahi program untuk sensor yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Singh, K., Thiagarajan, P. and P, S. (2022). Design and implementation of IoT enabled low cost SPO2 and heart rate monitoring system. 2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON). doi:<https://doi.org/10.1109/delcon54057.2022.9753167>.
- [2] Prasanth, C.P., Prakash, R., Rufus, E. and Alex, Z.C. (2021). Design and Development of Cloud Based Mobile Health Monitoring System. 2021 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT). doi:<https://doi.org/10.1109/i-pact52855.2021.9696526>.
- [3] Matsunaga, K., Ogasawara, T., Kodate, J., Mukaino, M. and Saitoh, E. (2019). On-site Evaluation of Rehabilitation Patients Monitoring System Using Distributed Wireless Gateways. [online] IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.1109/EMBC.2019.8856963>
- [4] Baba, E., Jilbab, A. and Hammouch, A. (2018). A health remote monitoring application based on wireless body area networks. [online] IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.1109/ISACV.2018.8354042>.
- [5] Jincheng, Z., Yanfei, L., Boyuan, Z. and Kai, W. (2021). Design and implementation of wearable oxygen saturation monitoring system. 2021 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Mechatronics Technology (ICEEMT). doi:<https://doi.org/10.1109/iceemt52412.2021.9601533>.
- [6] Kusumah, I.H., Artiyasa, M., Al-Bukhori, Khoiri, M.I., Ramadhan, A.D. and Supiyandi (2020). Blood Pressure Measurement using in Wrist PPG and ECG. 2020 6th International Conference on Computing Engineering and Design (ICCED). doi:<https://doi.org/10.1109/icced51276.2020.9415821>.
- [7] Nubenthan, S. and Ravichelvan, K. (2017). A wireless continuous patient monitoring system for dengue; Wi-Mon. [online] IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2017.8300150>.
- [8] F. Ghifari and R. S. Perdana, "Minimum System Design of The IoT-Based ECG Monitoring," 2020 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS), Bandung, Indonesia, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307590.

- [9] Wu, T., Wu, F., Redoute, J.-M. and Yuce, M.R. (2017). An Autonomous Wireless Body Area Network Implementation Towards IoT Connected Healthcare Applications. *IEEE Access*, [online] 5, pp.11413–11422. doi:<https://doi.org/10.1109/access.2017.2716344>.
 - [10] A. S. Prasad and N. Kavanashree, "ECG Monitoring System Using AD8232 Sensor," 2019 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Coimbatore, India, 2019, pp. 976-980, doi: 10.1109/ICCES45898.2019.9002540.
-