

DESAIN SISTEM PEMANTAU KESEHATAN PASIEN BERBASIS JARINGAN SENSOR NIRKABEL

Gabryella Angelina Ho¹, Mohammad Fajar^{2*}, Abdul Munir³

¹²³Infomatika, STMIK Kharisma Makassar

¹gabryella_13@kharisma.ac.id, ²fajar@kharisma.ac.id, ³abdulmunir@kharisma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantau kesehatan pasien berbasis jaringan sensor nirkabel yang berbiaya rendah. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan eksperimen prototipe di laboratorium software engineering STMIK KHARISMA Makassar. Untuk memantau kondisi kesehatan pasien secara berkala dari jarak jauh, prototipe sistem pemantau kesehatan berbasis jaringan sensor nirkabel yang dirancang dapat digunakan. Prototipe node sensor terdiri dari Arduino nano, modul komunikasi NRF24L01, sensor detak/pulse, sensor temperatur DS18B20, dan baterai sebagai sumber energi node. Sedangkan node sink/gateway disusun dari Arduino Uno, NRF24L01 dan modul timer RTC. Dari hasil evaluasi penginderaan node sensor diperoleh data detak jantung responden orang dewasa dengan kondisi sehat berkisar 62-71 BPM dan suhu tubuh sekitar 34-35 derajat Celcius. Rata-rata persentase perbedaan relatif terhadap pengukuran menggunakan alat manual atau tanpa menggunakan prototipe untuk sepuluh sampel data detak jantung yaitu 3,37%, dan data temperatur sebesar 2,48%.

Kata kunci: Sistem Pemantau Kesehatan, Arduino, Monitoring Detak Jantung, NRF24L01, Sensor Pulse

Abstract

The aim of this research is to design a patient health monitoring system based on a low-cost wireless sensor network. Data was collected through literature studies and prototype experiments in the software engineering laboratory of STMIK KHARISMA Makassar. To monitor the patient's health condition periodically remotely, a prototype of the designed wireless sensor network-based health monitoring system can be used. The sensor node prototype consists of Arduino nano, NRF24L01 communication module, pulse sensor, DS18B20 temperature sensor, and a battery as its energy source. While the sink/gateway node is composed of Arduino Uno, NRF24L01 and RTC timer. The evaluation results of the sensor nodes show that the heart rate data of adult respondents with healthy conditions ranged from 62-71 BPM and body temperature around 34-35 degrees Celsius. The average percentage difference relative to measurements using manual tools or without designed prototype for ten samples of heart rate data is 3.37%, and for body temperature is 2.48%.

Keywords: Health Monitoring System, Arduino, Heart Rate Monitoring, NRF24L01, Pulse Sensor

* Corresponding author : Mohammad Fajar (fajar@kharisma.ac.id)

1. Pendahuluan

Kesehatan merupakan elemen yang paling vital dalam menunjang segala aktivitas manusia. Berbagai macam faktor yang mempengaruhi kesehatan manusia di antaranya yaitu air, udara, makanan dan lain sebagainya. Manusia dapat mengalami penurunan kondisi kesehatan kapan saja disebabkan oleh faktor-faktor tersebut. Karena adanya penurunan kondisi kesehatan, manusia terkadang harus menjalani pengobatan dengan sistem rawat inap maupun sistem rawat jalan di rumah sakit atau klinik dokter. Dalam kondisi tertentu, pasien seringkali membutuhkan pengawasan kondisi kesehatan secara intensif, berkala baik itu di rumah sakit ataupun di rumah.

Proses perawatan dan pemantauan kesehatan pasien dilakukan oleh dokter dan dibantu oleh perawat. Perawat secara berkala melakukan pendampingan terhadap pasien setiap hari, meskipun begitu terdapat kondisi dimana proses pemantauan tidak dapat dilakukan secara terus-menerus. Misalnya, ketika pasien sedang beristirahat atau sedang tidur, atau akibat keterbatasan sumber daya perawat dan staf rumah sakit, sehingga pemantauan secara langsung setiap saat oleh perawat sulit dilakukan. Selain itu, pasien yang memilih di rawat dengan sistem rawat jalan juga tetap harus di pantau kondisi kesehatannya meskipun berada di rumah. Untuk masalah atau kondisi ini, maka pemakaian teknologi informasi dan komunikasi merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan, diantaranya teknologi berbasis sensor. Sejumlah penelitian terkait teknologi informasi ataupun sensor di bidang kesehatan terdapat dalam literatur, seperti studi [1] yang membuat alat untuk melakukan pemeriksaan kecepatan tetesan dan sisa cairan infus berbasis Internet of Things (IoT) dan studi [2] yang juga memanfaatkan IoT untuk memantau kondisi infus dengan sensor infrared. Demikian pula penelitian [3] yang mengembangkan alat untuk memonitoring tanda vital pasien rawat inap.

Jaringan sensor nirkabel merupakan jaringan self-configuring terdiri dari node sensor kecil yang saling berkomunikasi menggunakan sinyal radio, dan tersebar secara menyeluruh untuk penginderaan, monitor dan memahami lingkungan fisik [4][5]. Saat ini, berbagai aplikasi jaringan sensor nirkabel telah digunakan dan bahkan merevolusi dunia disekitar kita, menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari. Selain itu, jaringan sensor untuk kesehatan merupakan salah satu bidang yang cukup menarik perhatian para ilmuwan [6]. Beberapa keuntungan atau keunggulan dari jaringan sensor nirkabel, yaitu [7][8]: tahan pada kondisi lingkungan yang buruk, sistem dapat beroperasi tanpa pengawasan, kemampuan mencakup daerah yang luas dan berbahaya, dan self configureable. Salah satu komponen yang berperan penting dalam jaringan sensor nirkabel yaitu modul komunikasi. NRF24L01+ merupakan sebuah modul komunikasi berbiaya rendah yang memanfaatkan gelombang RF 2,4GHz ISM (Industrial, Scientific and Medical). NRF24L01+ memiliki solusi terkait daya berupa daya ultra rendah yang memungkinkan daya tahan baterai berbulan-bulan. Modul ini dapat digunakan untuk pembuatan perangkat tambahan komputer, piranti permainan, piranti fitness dan olahraga, mainan anak-anak dan alat lainnya [9].

Dari uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantau kesehatan berbasis jaringan sensor nirkabel yang dapat digunakan untuk memantau kondisi pasien secara terus-menerus meskipun perawat atau dokter sedang tidak berada dalam ruangan bersama pasien. Pada penelitian ini platform yang digunakan merupakan platform berbiaya rendah (low cost) berbasis Arduino dan modul komunikasi nRF24L01+.

2. Metodologi

Penelitian dilaksanakan di laboratorium software engineering, STMIK KHARISMA Makassar. Data dan informasi dikumpulkan melalui studi literatur dan eksperimen prototipe di laboratorium. Pengukuran detak jantung dan temperatur tubuh seorang responden dewasa dalam kondisi sehat dibagi menjadi dua. Pengukuran pertama menggunakan prototipe sistem pemantau yang dikembangkan, dan pengukuran kedua menggunakan alat ukur pulse sensor serta termometer secara langsung tanpa melibatkan komunikasi data. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan untuk dijadikan sebagai dasar kesimpulan.

Alat ukur dan sensor yang digunakan dievaluasi terlebih dahulu. Hal ini penting dikarenakan memungkinkan adanya perbedaan akurasi dan konsistensi yang signifikan terhadap beberapa alat yang digunakan dalam mengukur temperatur [10]. Data pengukuran hasil eksperimen di evaluasi berdasarkan standar referensi yang digunakan. Seperti pada Tabel 1 yang memperlihatkan akurasi temperatur tubuh dan Tabel 2 menyajikan rata-rata temperatur tubuh pada tingkatan umur seseorang.

Tabel 1. Body Temperature Accuracy Table [11]

Body Temperature Accuracy Table				
Location	Mercury-filled Glass Thermometer Accuracy	Disposable Plastic Thermometer Accuracy	Electronic Thermometer Accuracy	Digital Ear Thermometer Accuracy
Forehead	N/A	LOW	N/A	N/A
Ear	N/A	N/A	N/A	HIGH
Oral	MODERATE	N/A	HIGH	N/A
Axillary	LOW	N/A	LOW	N/A
Rectum	HIGH	N/A	HIGH	N/A

Table 2. Average Body Temperature [11]

Average Body Temperature		
Age Group	In Fahrenheit	In Celcius
Less than 3 months	99.4	37,4
3 months to 1 year	99.6	37,5
1-5 years	99.2	37,3
5-13 years	98.2	36,7
Over 13 years	98.6	37

Demikian pula untuk pengukuran detak jantung. Denyut nadi orang dewasa yang normal berkisar antara 60 hingga 100 beats per menit. Namun, pasien dengan kondisi fisik baik mungkin memiliki denyut nadi yang lebih rendah dari denyut nadi normal. Seperti halnya tanda-tanda vital, denyut nadi pun berubah menurut umur [10]. Tabel 3 menyajikan laju detak jantung normal pada tingkatan umur seseorang yang digunakan sebagai acuan standar pengukuran detak jantung dalam penelitian ini.

Tabel 3. Normal pulse rate by age[11]

Normal pulse rate by Age	
Age	Range
Newborn	120-160 BPM
1 Year	80-140 BPM
3 Years	90-120 BPM
5-10 Years	70-115 BPM
15 Years	70-90 BPM
Adult	60-100 BPM

2.1. Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mempelajari literatur dengan mengumpulkan data acuan detak jantung dan temperatur tubuh untuk orang dewasa
2. Mempelajari literatur untuk mengembangkan prototipe sistem jaringan sensor nirkabel
3. Membangun prototipe perangkat keras dan perangkat lunak sistem menggunakan platform Arduino dan bahasa pemrograman C/C++, serta melakukan pengujian program
4. Mengukur detak jantung dan temperatur seorang responden, kemudian melakukan eksperimen di laboratorium dengan menempatkan node sensor dan node sink/gateway dengan jarak 5-10 meter, kemudian melakukan pengindraan/pengukuran kembali terhadap responden tersebut.
5. Data yang sudah terkumpul kemudian di evaluasi sesuai dengan informasi standar acuan detak jantung dan temperatur tubuh orang dewasa sesuai Tabel 1, 2 dan 3.
6. Menyusun kesimpulan

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya :

1. Satu buah Laptop untuk pengembangan dan pengujian prototip sistem
2. Arduino Nano dan Uno sebagai mikrokontroller node sensor dan sink/gateway
3. Pulse Sensor dan sensor suhu DS18B20 sebagai sensor pemantau kondisi pasien
4. NRF24L01+ sebagai modul komunikasi node
5. Baterai 9V sebagai sumber energi node sensor
6. Arduino IDE untuk pengembangan program berbasis platform Arduino

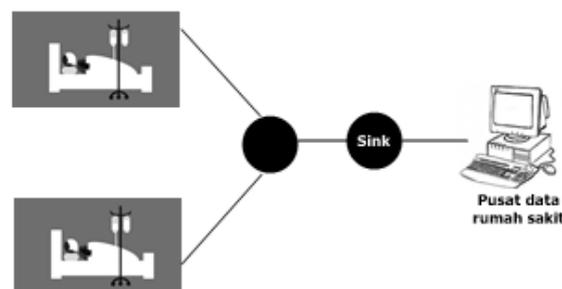
3. Analisis dan Hasil

Agar prototipe sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi yang memungkinkan kondisi pasien baik rawat inap maupun rawat jalan tetap dapat terpantau oleh pihak medis. Maka syarat spesifikasi sistem yang dikembangkan yaitu:

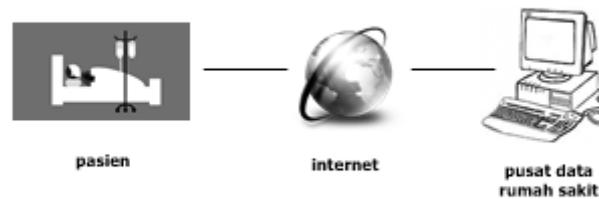
1. Sistem dapat membaca data detak jantung dan temperatur pasien.
2. Sistem dapat mengirim data detak jantung dan temperatur ke pusat pengumpul data.
3. Sistem dapat menampilkan data detak jantung dan temperatur, termasuk waktu penerimaan data pengindraan.

3.1 Arsitektur Sistem

Rancangan arsitektur sistem disediakan dalam dua skenario yang mungkin digunakan. Skenario pertama untuk memantau kondisi pasien rawat inap dan skenario kedua untuk memantau kondisi pasien rawat jalan (dirawat di rumah). Terdapat sebuah node sensor yang digunakan oleh pasien yang berada di ruangan terpisah dengan perawat. Untuk sistem rawat inap, node sensor akan mengambil data detak jantung dan temperatur tubuh pasien secara berkala, kemudian mengirimkan data tersebut ke sink/gateway melalui jaringan wireless. Ketika node sensor bekerja, maka yang menjadi indikator penandanya yaitu nyala (kedip) lampu LED. Setelah data di terima oleh sink, selanjutnya data di kirim ke komputer atau basis data pusat informasi pasien. Untuk sistem yang digunakan pada pasien rawat jalan, node sensor mengambil data detak jantung dan temperatur tubuh pasien secara berkala kemudian langsung mengirim data tersebut ke pusat data rumah sakit melalui jaringan internet. Gambar 1 memperlihatkan arsitektur sistem untuk pemantauan pasien rawat inap di rumah sakit atau klinik, dan Gambar 2 menunjukkan arsitektur sistem untuk memantau kondisi pasien rawat jalan.



Gambar 1. Arsitektur sistem pada pasien rawat inap



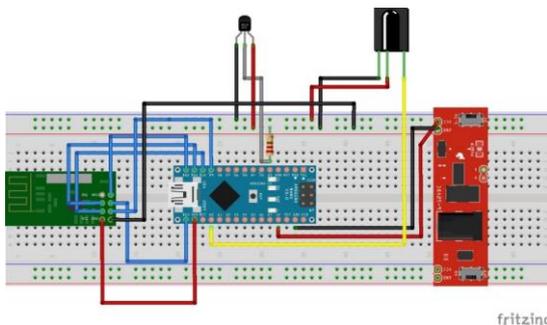
Gambar 2. Arsitektur sistem pada pasien rawat jalan

Arsitektur sistem pada pasien rawat inap Gambar 1 dapat menggunakan komunikasi multihop dengan topologi tree. Hal ini memungkinkan data pengideraan diteruskan dari satu node ke node lain sebelum dikirim ke pusat data penyimpanan dan pemantauan rumah sakit.

3.2. Prototipe Node Sensor dan Sink/Gateway

Prototipe yang dikembangkan terdiri dari node sensor dan node sink/gateway. Node sensor bertugas melakukan penginderaan detak jantung dan suhu tubuh pasien, kemudian mengirimnya ke node lain. Sementara node sink/gateway berfungsi menerima data yang dikirim dari node sensor, mengolah data dan meneruskannya ke sistem atau jaringan lain baik untuk kebutuhan penyimpanan, pemrosesan lebih lanjut dan kebutuhan presentasi informasi kepada pengguna akhir.

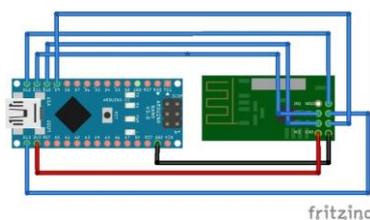
3.2.1 Node Sensor



Gambar 3. Node Sensor

Node sensor yang digunakan menggunakan sensor pulse dan sensor suhu (DS1820). Kedua sensor ini akan terhubung dengan Arduino Nano, NRF24L01 dan pull-up resistor 4k7. Pull-up resistor 4k7 digunakan Karena adanya penggunaan sensor lebih dari satu.

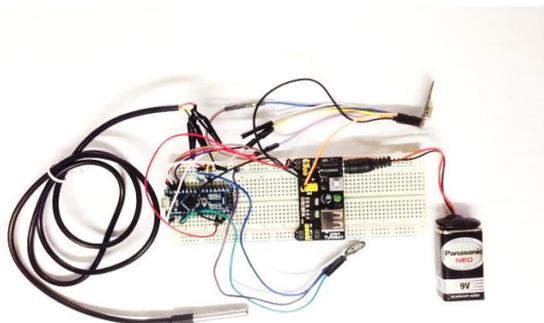
3.2.2 Node Sink/Gateway



Gambar 4. Node Sink/Gateway

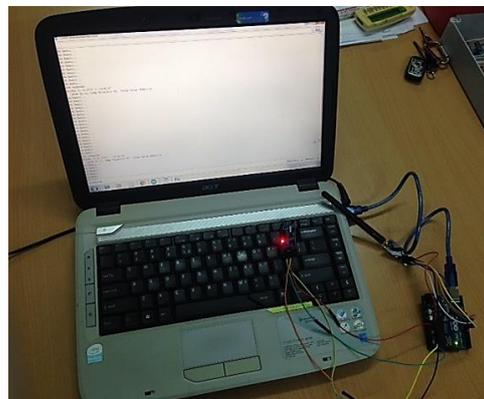
Node gateway sendiri terhubung dengan komputer melalui kabel USB. Node Sink/gateway menggunakan NRF24L01 dan timer. Timer digunakan agar waktu penerimaan data dapat di deteksi.

3.3. Implementasi Sistem



Gambar 5. Implementasi Node Sensor

Implementasi node sensor menggunakan Arduino Nano yang terhubung dengan sebuah sensor suhu DS18B20, sensor pulse dan pull-up resistor 4.7k pada sebuah breadboard. Node sensor menggunakan baterai 9V sebagai sumber daya utama dan modul NRF24L01 untuk berkomunikasi dengan node gateway. Node sensor akan melakukan penginderaan setiap 1 detik untuk pengambilan data heart rate dan temperatur, setelah itu langsung mengirimkannya ke node gateway.



Gambar 6. Implementasi Node Sink/Gateway

Implementasi node gateway menggunakan Arduino Uno yang terhubung dengan sebuah timer dan sebuah laptop melalui kabel USB. Penggunaan timer pada node gateway bertujuan agar ketika data penginderaan dari node sensor diterima, maka waktu penerimaan data dapat diketahui.

3.4. Pengujian dan Hasil

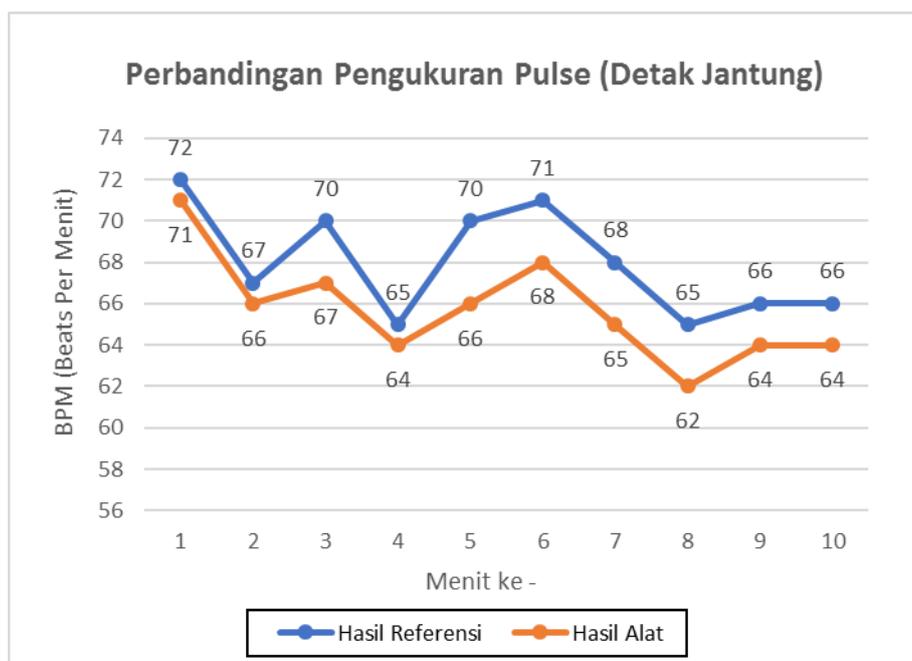
Pengujian dilakukan pada sebuah ruangan tertutup, dimana node sensor dan node gateway diletakkan berjauhan dengan jarak 8 meter. Pertama-tama node sensor diaktifkan dan kemudian diperiksa apakah node sensor dan node sink/gateway telah terhubung. Setelah node sensor aktif, selanjutnya segera memulai penginderaan dan mengirimkan data penginderaan secara waktu nyata (*real time*) ke node sink/gateway.

Setelah sistem dianggap bekerja secara normal, selanjutnya sensor detak jantung dan temperatur digunakan/diletakkan pada responden. Kondisi kesehatan responden pada saat melakukan pengujian dalam kondisi sehat, oleh karena itu data yang dikirimkan oleh node sensor ke node gateway yaitu data detak jantung dan suhu tubuh orang dewasa yang sehat sesuai tabel referensi. Dari pengujian ini, tidak ditemukan adanya kehilangan paket data akibat komunikasi (*packet loss*) antara node, semua data terkirim ke node sink/gateway. Hasil pengujian pengukuran detak jantung menggunakan prototip sistem (Hasil Alat) dan perbandingannya terhadap hasil pengukuran langsung (Hasil Referensi) ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Pulse Sensor

Pulse					
	Waktu pengukuran	Hasil Referensi (BPM)	Hasil Alat (BPM)	Selisih	Error (%)
1	60 detik	72	71	1	1.39
2	60 detik	67	66	1	1.49
3	60 detik	70	67	3	4.29
4	60 detik	65	64	1	1.54
5	60 detik	70	66	4	5.71
6	60 detik	71	68	3	4.23
7	60 detik	68	65	3	4.41
8	60 detik	65	62	3	4.62
9	60 detik	66	64	2	3.03
10	60 detik	66	64	2	3.03
<i>Rata-rata persentase error</i>					3.37

Tabel 4 menjelaskan hasil pengukuran detak jantung yang telah dilakukan selama 60 detik, sebanyak 10 kali pengambilan data. Pada tabel 5 dapat di lihat bahwa hasil pengukuran referensi dan hasil pengukuran alat memiliki selisih yang tidak terlalu jauh berbeda. Pada hasil referensi, di peroleh data detak jantung pasien selama 10 menit adalah 65-72 BPM dan pada hasil pengukuran alat adalah 62-71 BPM dengan rata-rata persentase error sebanyak 3,37%. Hasil pengukuran alat menunjukkan bahwa persentase error tidak lebih dari 8%. Sementara Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran detak jantung (pulse) secara manual dan pengukuran menggunakan prototipe dalam bentuk diagram.

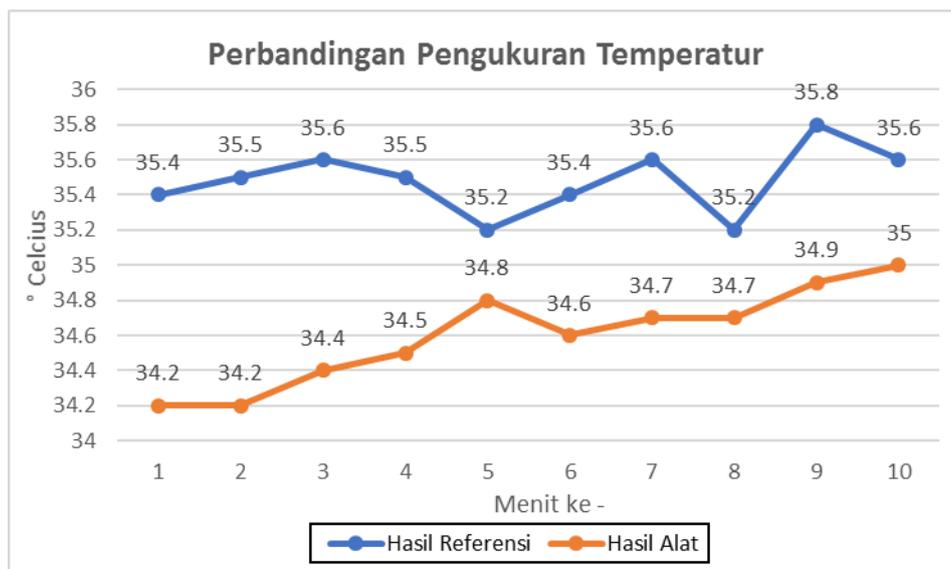


Gambar 7. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Pulse

Untuk hasil pengujian pengukuran temperatur menggunakan prototip sistem (Hasil Alat) dan perbandingannya terhadap hasil pengukuran langsung (Hasil Referensi) ditunjukkan pada Tabel 5. Sementara Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran temperatur secara manual menggunakan termometer dan pengukuran menggunakan prototipe dalam bentuk diagram.

Tabel 5. Data hasil Pengukuran Temperatur

Temperatur					
	Waktu pengukuran	Hasil Referensi (°C)	Hasil Alat (°C)	Selisih	Error (%)
1	60 detik	35.4	34.2	1.2	3.39
2	60 detik	35.5	34.2	1.3	3.66
3	60 detik	35.6	34.4	1.2	3.37
4	60 detik	35.5	34.5	1	2.82
5	60 detik	35.2	34.8	0.4	1.14
6	60 detik	35.4	34.6	0.8	2.26
7	60 detik	35.6	34.7	0.9	2.53
8	60 detik	35.2	34.7	0.5	1.42
9	60 detik	35.8	34.9	0.9	2.51
10	60 detik	35.6	35	0.6	1.69
<i>Rata-rata persentase error</i>					2.48



Gambar 8. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Temperatur

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa untuk memantau kondisi kesehatan pasien secara berkala dari jarak jauh, prototipe sistem pemantau kesehatan berbasis jaringan sensor nirkabel berbiaya rendah yang dirancang dapat digunakan. Prototipe terdiri dari Arduino nano, modul komunikasi NRF24L01, sensor pulse, sensor temperatur, dan baterai sebagai sumber energi node. Sedangkan node gateway disusun dari Arduino Nano, NRF24L01 dan timer RTC. Dari evaluasi diperoleh data hasil detak jantung pada pasien yaitu 62-71 BPM dan suhu tubuh sekitar 34-35 derajat Celcius. Data hasil detak jantung telah di bandingkan dengan hasil pengukuran secara langsung tanpa proses pengiriman data sedangkan data hasil temperatur telah di bandingkan dengan hasil pengukuran yang di lakukan menggunakan termometer. Persentase kesalahan relatif (error) terhadap pengukuran tanpa menggunakan prototipe sistem untuk sepuluh sampel data detak jantung yaitu 3,37%, dan pada temperatur sebesar 2,48%.

Daftar Pustaka

- [1] H. N. Anwar and A. F. Ibadillah, "Alat Pemantau Kondisi Infus Dengan Internet of Things (IoT) Berbasis Mikrokontroler ATmega16," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 5, no. 1. 2018.
- [2] T. D. Hendrawati and R. A. Ruswandi, "Sistem pemantauan tetesan cairan infus berbasis Internet of Things," *JITEL (Jurnal Ilm. Telekomun. Elektron. dan List. Tenaga)*, vol. 1, no. 1, pp. 25–32, 2021.
- [3] A. Zafia, "Prototype Alat Monitoring Vital Sign Pasien Rawat Inap Menggunakan Wireless Sensor Sebagai Upaya Physical Distancing menghadapi Covid-19," *J. Informatics, Inf. Syst. Softw. Eng. Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 61–68, 2020.
- [4] J. A. Stankovic, "Wireless sensor networks," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 41, no. 10, pp. 92–95, 2008.
- [5] F. Liu and X. Cheng, "LKE: A self-configuring scheme for location-aware key establishment in wireless sensor networks," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 7, no. 1, pp. 224–232, 2008.
- [6] M. A. Serhani, H. T. El Kassabi, H. Ismail, and A. N. Navaz, "ECG monitoring systems: Review, architecture, processes, and key challenges," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 6, 2020.
- [7] D. Kandris, C. Nakas, D. Vomvas, and G. Koulouras, "Applications of wireless sensor networks: An up-to-date survey," *Appl. Syst. Innov.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–24, 2020.
- [8] M. Carlos-Mancilla, E. López-Mellado, and M. Siller, "Wireless sensor networks formation: Approaches and techniques," *J. Sensors*, vol. 2016, 2016.
- [9] D. I. Af'idah, A. F. Rochim, and E. D. Widiyanto, "Perancangan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) untuk Memantau Suhu dan Kelembaban Menggunakan nRF24L01+," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 2, no. 4, p. 267, 2014.
- [10] M. Elliott and A. Coventry, "Signs of Patient Monitoring," *Br. J. Nurs.*, vol. 21, no. 10, pp. 621–625, 2012.

- [11] Measuring and Interpreting Vital Signs, Tersedia di <sovfd.org/MeasuringandInterpretingVitalSigns.pdf> [Diakses 31 Mei, 2016].