

ANALISIS AKURASI DIAGNOSTIC POCKET PADA PARAMETER SPO₂, BPM, DAN SUHU TUBUH

Mohamad Sofie¹⁾, Ichsan Widiyana²⁾, dan Bayu Wahyudi³⁾

^{1, 2, 3)}Prodi D3 Teknik Elektromedik Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

Kawasan ATEM-Technopark – Jalan Kolonel Warsito Sugiarto KM. 2,5 Sadeng, Gunungpati, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia (50222)

e-mail: msocie.ms@mail.com¹⁾, widyanaichsan@email.com²⁾, bayuwahyudi@stikessemarang.ac.id³⁾

ABSTRACT

The development of accurate and affordable IoT-based diagnostic tools is crucial for advancing healthcare services. This study aims to evaluate the performance of a Diagnostic Pocket device (n=54) in measuring body temperature, oxygen saturation (SpO₂), and heart rate (BPM) by comparing it against standard equipment (thermogun and pulse oximeter). Statistical analysis was performed using paired t-test or Wilcoxon signed-rank test for difference significance, Bland-Altman analysis for agreement level, and Pearson/Spearman correlation for the strength of the relationship. The results indicate that the Diagnostic Pocket performs well in measuring SpO₂ (Bias = +1.6%, LOA = -3.9% to +5.9%, $p > 0.8$, $p > 0.05$) and BPM (Bias = +5.8 BPM, LOA = -5.8 BPM to +17.4 BPM, $p \approx 0.6-0.7$, $p > 0.05$), demonstrating adequate agreement and correlation with the standard device. However, for temperature measurement, the device showed a statistically significant difference (Bias = -0.1°C, LOA = -1.1°C to +0.9°C, $p \approx 0.4-0.6$, $p < 0.05$) and low agreement. The disparity in temperature readings is suspected to be due to differences in sensor sensitivity, calibration, or measurement location. Variations in BPM may be influenced by the subject's physiological condition or movement. In conclusion, the Diagnostic Pocket shows promise for SpO₂ and BPM monitoring but requires further refinement of its temperature sensor component.

Keywords: Diagnostic Pocket, IoT, SpO₂, BPM, Pulse Oximeter

ABSTRAK

Pengembangan alat diagnostik berbasis IoT yang akurat dan terjangkau sangat penting untuk memajukan layanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat Diagnostic Pocket (n=54) dalam mengukur suhu tubuh, saturasi oksigen (SpO₂), dan denyut jantung (BPM) dengan membandingkannya terhadap alat standar (thermogun dan pulse oximeter). Analisis statistik dilakukan menggunakan uji paired t-test atau Wilcoxon signed-rank test untuk signifikansi perbedaan, analisis Bland-Altman untuk menilai tingkat kesepakatan, dan korelasi Pearson/Spearman untuk kekuatan hubungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Diagnostic Pocket memiliki kinerja yang baik dalam mengukur SpO₂ (Bias = +1,6%, LOA = -3,9% hingga +5,9%, $p > 0,8$, $p > 0,05$) dan BPM (Bias = +5,8 BPM, LOA = -5,8 BPM hingga +17,4 BPM, $p \approx 0,6-0,7$, $p > 0,05$), dengan tingkat kesepakatan dan korelasi yang memadai terhadap alat standar. Namun, untuk pengukuran suhu, alat ini masih menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik (Bias = -0,1°C, LOA = -1,1°C hingga +0,9°C, $p \approx 0,4-0,6$, $p < 0,05$) dan kesepakatan yang rendah. Disparitas pada pengukuran suhu diduga disebabkan oleh perbedaan sensitivitas sensor, kalibrasi, atau lokasi pengukuran. Variasi pada BPM mungkin dipengaruhi oleh kondisi fisiologis subjek atau gerakan. Simpulannya, Diagnostic Pocket menjanjikan untuk pemantauan SpO₂ dan BPM, namun diperlukan penyempurnaan lebih lanjut pada komponen sensor suhunya.

Kata Kunci: Diagnostic Pocket, IoT, SpO₂, BPM, Pulse Oximeter

I. PENDAHULUAN

KEMAJUAN teknologi digital, khususnya *Internet of Things (IoT)*, telah membawa transformasi signifikan dalam berbagai bidang, tidak terkecuali dunia kesehatan. *IoT* menawarkan paradigma baru dalam pelayanan medis dengan memungkinkan terciptanya perangkat-perangkat pintar yang terhubung, mampu mengumpulkan, menganalisis, dan mentransmisikan data secara real-time [1]. Integrasi ini sangat krusial dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kecepatan diagnosis, yang pada akhirnya berdampak pada kualitas pelayanan kesehatan secara keseluruhan [2]. Salah satu aplikasi *IoT* yang paling vital adalah dalam pemantauan

tanda-tanda vital pasien, seperti suhu tubuh, denyut jantung, dan saturasi oksigen darah (SpO₂), yang merupakan parameter fundamental dalam penilaian status kesehatan seorang individu[3].

Pengukuran tanda-tanda vital secara konvensional seringkali melibatkan berbagai alat yang terpisah, prosedur yang memakan waktu, dan pencatatan manual yang rentan terhadap *human error*. Keterlambatan dalam mendapatkan data yang terintegrasi dapat menghambat proses pengambilan keputusan klinis yang cepat dan tepat, terutama dalam situasi *triase* atau di fasilitas kesehatan dengan sumber daya terbatas [4]. Selain itu, dalam praktik sehari-hari, dokter sering kali memerlukan alat bantu seperti senter untuk melakukan pemeriksaan fisik dasar, misalnya memeriksa tenggorokan atau respons pupil. Belum adanya solusi

terpadu yang menggabungkan fungsi pemeriksaan tanda-tanda vital dan pemeriksaan fisik menjadi tantangan tersendiri dalam efisiensi kerja tenaga medis[5].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan inovasi sebuah alat diagnostik yang portabel, terintegrasi, dan berbasis *IoT*. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan alat monitor jantung nirkabel [6] serta termometer pintar berbasis *IoT* [7], yang menunjukkan keunggulan dalam akurasi dan kemudahan akses data. Namun, alat-alat tersebut umumnya masih berfokus pada satu parameter tertentu. Oleh karena itu, pengembangan sebuah perangkat yang mengkonsolidasi berbagai fungsi menjadi satu unit yang kompak dan mudah digunakan (*pocket-sized*) merupakan suatu kebutuhan yang mendesak[8].

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan *Diagnostic Pocket*, sebuah perangkat diagnostik portabel berbasis *IoT* yang dirancang untuk memudahkan tenaga medis dalam mengukur tanda-tanda vital pasien secara cepat, akurat, dan terintegrasi. Alat ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang terkoneksi dengan sensor MLX90614 untuk pengukuran suhu tubuh tanpa sentuh dan sensor MAX30102 untuk mengukur SpO2 dan denyut jantung (*BPM*). Data yang diperoleh ditampilkan secara real-time pada layar OLED dan secara simultan dikirimkan ke database cloud untuk disimpan dalam format yang terstruktur (*Excel Spreadsheet*), sehingga dapat diakses dan dianalisis lebih lanjut melalui berbagai perangkat seperti *laptop*, komputer, atau *smartphone*. Inovasi tambahan pada alat ini adalah integrasi lampu senter yang memfasilitasi pemeriksaan fisik, sehingga menjadikannya solusi yang komprehensif bagi dokter.

Melalui artikel ini, kami menyajikan desain, implementasi, dan hasil pengujian performa *Diagnostic Pocket*. Diharapkan, alat ini dapat menjadi solusi praktis yang mendukung pemeriksaan awal pasien yang lebih efisien, meminimalisir kesalahan pencatatan, dan memungkinkan dokter untuk mengambil tindakan klinis yang lebih tepat dan cepat berdasarkan data yang terukur dan terakses secara *real-time*[9].

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Parameter Tanda-Tanda Vital dan Pentingnya dalam Assessment Klinis

Tanda-tanda vital (TTV) merupakan pengukuran fisiologis yang digunakan untuk menilai fungsi tubuh yang paling dasar dan menjadi indikator pertama status kesehatan seorang pasien. Pengukuran TTV yang akurat dan cepat sangat penting untuk deteksi dini, monitoring, dan manajemen kondisi medis [6]. Tiga parameter utama yang diintegrasikan dalam alat *Diagnostic Pocket* ini adalah suhu tubuh, saturasi oksigen (SpO2), dan denyut nadi (*Heart Rate/BPM*).

a. Suhu Tubuh

Suhu tubuh adalah ukuran kemampuan tubuh untuk menghasilkan dan menghilangkan panas. Nilai normal suhu tubuh manusia berkisar antara 36.5°C hingga 37.5°C ketika diukur secara *non-invasif* [11]. Abnormalitas suhu tubuh, baik hipotermia (<35°C) maupun hipertermia/demam (>38°C), merupakan tanda klinis yang signifikan dari infeksi, inflamasi, atau gangguan sistem regulasi tubuh lainnya [12]. Pengukuran yang cepat dan akurat sangat krusial, terutama dalam skrining penyakit infeksi seperti *COVID-19*, dimana demam adalah salah satu gejala utama [13].

b. Saturasi Oksigen (SpO2) dan Denyut Jantung (*BPM*)

Saturasi oksigen (SpO2) mengukur persentase hemoglobin dalam darah yang jenuh dengan oksigen. Nilai SpO2 pada individu sehat biasanya berada di atas 95% [14]. Nilai di bawah 90% (hipoksemia) dianggap kritis dan memerlukan intervensi medis segera, karena dapat mengindikasikan gangguan pernapasan atau kardiovaskular [15]. Denyut jantung atau *Beats Per Minute (BPM)* adalah jumlah denyut ventrikel jantung per menit. Nilai normal untuk orang dewasa saat istirahat adalah antara 60 hingga 100 *BPM* [16]. Perubahan pada BPM dan irama jantung dapat memberikan informasi penting tentang status kardiovaskular, tingkat stres, dan respons tubuh terhadap penyakit [17]. Sensor PPG (*Photoplethysmography*) seperti MAX30102 telah terbukti efektif dan reliabel untuk pengukuran non-invasif kedua parameter ini secara bersamaan [18].

B. Peran Internet of Things (*IoT*) dalam Revolusi Layanan Kesehatan

Internet of Things (IoT) didefinisikan sebagai jaringan objek fisik yang tertanam dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya untuk tujuan bertukar data dengan perangkat dan sistem lain melalui internet. Dalam bidang kesehatan, *IoT* telah memunculkan konsep *HealthIoT* yang mentransformasi layanan medis menjadi lebih cerdas, terhubung, dan efisien [19].

Implementasi *IoT* di kesehatan memungkinkan pemantauan pasien secara real-time dan remote, mengurangi beban kerja manual tenaga medis, meminimalisir kesalahan pencatatan data, dan menyediakan database yang terintegrasi untuk analisis lebih lanjut [20]. Seperti yang dikemukakan oleh, sistem *IoT* berbasis mikrokontroler seperti ESP32 sangat populer karena kemampuannya dalam pemrosesan data, konektivitas Wi-Fi yang stabil, dan konsumsi daya yang relatif rendah, menjadikannya ideal untuk perangkat medis portabel.

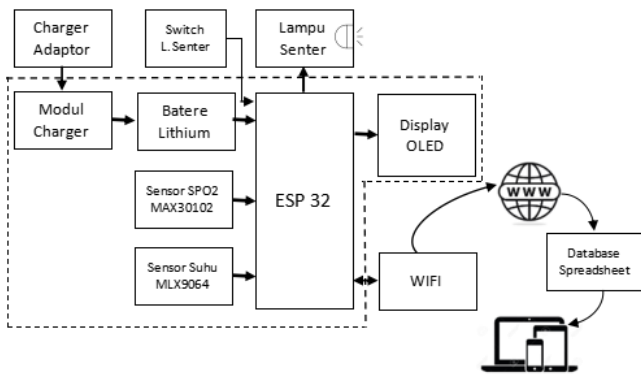
Penelitian oleh berhasil mengembangkan sistem pemantauan jantung nirkabel yang mengirimkan data ke *cloud*, meningkatkan kemampuan dokter dalam memantau pasien dari jarak jauh. Demikian pula, penelitian mengimplementasikan termometer *IoT* untuk

memantau suhu tubuh pasien secara kontinu. Diagnostic Pocket yang dikembangkan dalam penelitian ini melanjutkan tren ini dengan menawarkan solusi yang lebih komprehensif, yaitu mengintegrasikan multi-parameter (suhu, SpO₂, BPM) dalam satu perangkat portabel, dilengkapi dengan fitur pencahayaan untuk pemeriksaan fisik dan pengiriman data yang terstruktur ke *spreadsheet* untuk kemudahan dokumentasi. Integrasi ini menjawab kebutuhan akan alat diagnostik awal yang efisien dan terhubung, yang sesuai dengan tuntutan praktik kedokteran modern yang mengutamakan kecepatan, akurasi, dan integrasi data.

III. METODE PENELITIAN

A. Desain dan Perancangan Alat

Penelitian ini bersifat *research and development (R&D)* dengan tujuan menciptakan prototipe alat diagnostik portabel berbasis *IoT*. Perancangan sistem *Diagnostic Pocket* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1, yang mencakup tiga bagian utama: (1) unit akuisisi data sensor, (2) unit pemrosesan dan tampilan data, dan (3) unit komunikasi dan penyimpanan data *cloud*.



Gambar 1. Blok Diagram

Mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai otak dari sistem karena kemampuannya yang *powerfull*, memiliki modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth onboard*, serta jumlah pin I/O yang memadai. ESP32 bertugas membaca sinyal digital dari semua sensor, memprosesnya, menampilkannya ke layar OLED, dan mengirimkannya ke *database cloud*.

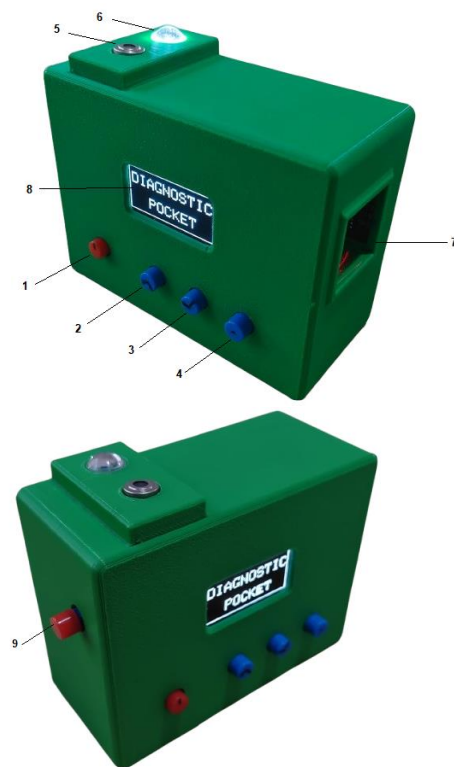
B. Implementasi Perangkat Keras (Hardware)

Komponen utama yang digunakan dalam perakitan perangkat keras adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler: ESP32 Dev Module.
2. Sensor Suhu: MLX90614 (*non-contact infrared temperature sensor*) yang berkomunikasi menggunakan protokol I2C. Sensor ini diarahkan ke dahi pasien dari jarak ~3-5 cm untuk mengukur suhu tubuh.
3. Sensor SpO₂ dan BPM: MAX30102 yang berkomunikasi menggunakan protokol I2C.

Sensor ini dilengkapi dengan LED dan fotodetektor untuk prinsip kerja *Photoplethysmography (PPG)*. Pasien menempatkan ujung jari pada sensor untuk melakukan pengukuran.

4. Tampilan: Layar OLED 0.96 inci dengan resolusi 128x64 piksel yang berkomunikasi *via* I2C, untuk menampilkan hasil pengukuran secara *real-time*.
5. Pencahayaan: Lampu LED putih *high-intensity* dan resistor pembatas arus, yang diaktifkan oleh sebuah *switch toggle* untuk keperluan pemeriksaan fisik.
6. Catu Daya: Baterai Li-Po 3.7V 1000mAh yang dihubungkan dengan modul pengisi daya (TP4056) untuk portabilitas.



Gambar 2. Desain Diagnostic Pocket

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Tombol <i>on/off</i> | 6. Led senter |
| 2. Tombol <i>Up</i> | 7. Sensor SpO ₂ |
| 3. Tombol <i>Down</i> | 8. <i>Display</i> OLED |
| 4. Tombol <i>Set</i> | 9. Tombol <i>Switch</i> Senter |
| 5. Sensor Suhu | |

C. Implementasi Perangkat Lunak (Software)

Pemrograman mikrokontroler ESP32 dilakukan menggunakan Arduino IDE. Alur logika program dirancang sebagai berikut:

1. Sistem diinisialisasi (koneksi I2C untuk sensor dan OLED, koneksi *Wi-Fi*).
2. Jika *switch* senter dinyalakan, LED senter akan menyala.

3. Sensor MLX90614 dan MAX30102 mulai membaca data.
4. Data yang dibaca diproses:
 - Data dari MLX90614 dikonversi menjadi nilai suhu dalam derajat Celcius.
 - Data raw dari MAX30102 diproses menggunakan library khusus yang menerapkan algoritma *filter* untuk menghitung nilai SpO2 dan BPM.
5. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar OLED.
6. Data dikirim secara berkala ke *Google Sheets* yang bertindak sebagai *database cloud*. Pengiriman data dilakukan menggunakan *API Web App* dari *Google Script* yang telah disiapkan. Data dikirim dalam format string yang berisi *timestamp*, nilai suhu, SpO2, dan BPM, yang kemudian secara otomatis tercatat dalam baris baru pada spreadsheet.

D. Protokol Pengujian dan Validasi

Untuk menguji kinerja dan akurasi alat, dilakukan dua jenis pengujian:

a. Pengujian Fungsional

Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa seluruh fungsi alat bekerja sesuai dengan desain. Yang diuji mencakup: konektivitas *Wi-Fi*, kemampuan pengiriman data ke *Google Sheets*, tampilan pada OLED, dan fungsi lampu senter.

b. Pengujian Akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari *Diagnostic Pocket* dengan alat medis standar yang telah terkalibrasi (sebagai *gold standard*).

- Suhu: Hasil pengukuran sensor MLX90614 dibandingkan dengan termometer infrared standar medis (*Merk Berrcom*) yang sudah dikalibrasi. Pengukuran dilakukan pada 54 subjek dari jarak 2 cm pada dahi.
- SpO2 dan BPM: Hasil pengukuran sensor MAX30102 dibandingkan dengan *pulse oximeter* jari standar medis yang sudah dikalibrasi. Pengukuran dilakukan pada 54 subjek dengan menempatkan jari telunjuk pada sensor seperti yang terlihat pada Tabel I.
- Data dari kedua alat (prototipe dan alat standar) dicatat secara berpasangan untuk dianalisis.

E. Analisis Data

Data hasil pengujian akurasi dianalisis secara statistik untuk menilai keakuratan dan presisi alat.

Analisis Statistik Deskriptif: Menghitung nilai rata-rata, standar deviasi, nilai minimum, dan maksimum dari selisih hasil pengukuran (selisih = nilai *prototype* - nilai alat standar). Hasilnya seperti pada Tabel II.

Bland-Altman Analysis: Digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesepakatan (*agreement*) antara *Diagnostic Pocket* dan alat standar. Analisis ini akan

menghasilkan *limits of agreement (LOA)* yang menunjukkan seberapa besar perbedaan yang mungkin terjadi antara kedua alat.

Perhitungan Akurasi dan Presisi: Akurasi sensor suhu dinilai berdasarkan persentase *error* ($\%error = [(nilai\ prototype - nilai\ standar) / nilai\ standar] * 100\%$). Presisi diukur dari standar deviasi dari pengukuran berulang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

TABEL I.
DATA PENGUKURAN

No	Nama	L/P	Umur	Thermogun dan Pulse Oxi standar			Diagnostic Pocket		
				Temp (°C)	SPO2 (%)	BPM	Temp (°C)	SPO2 (%)	BPM
1	M. Sofie	L	54	35	99	94	33,3	99	83
2	Abdillah R.	L	19	35	90	84	33,1	97	88
3	Aditya S.	L	20	35,1	99	70	32,6	98	71
4	Aisha C.	P	19	35,2	99	91	34,7	98	78
5	Arifah N.	P	19	35,3	99	74	34,7	97	77
6	Azalea L.	P	19	35,4	98	73	34,1	92	77
7	Bima P.	L	22	35,2	99	75	33,5	100	71
8	Daffa R.	L	18	35,6	99	112	34,1	100	98
9	Dewi A.	P	19	35	99	109	35,2	100	93
10	Dustin O.	L	20	35,4	98	80	34,6	99	71
11	Elfrida	P	17	35,4	99	89	35,4	99	71
12	Elma .L	P	18	35,3	99	82	34,8	100	88
13	Kusumo H.	L	20	35,4	98	70	35,7	100	75
14	Laelatul F.	P	18	35,4	97	86	35,5	100	93
16	Latif N.	L	23	35,5	99	78	35,8	97	83
17	Lucky Y.	L	20	35,3	98	64	34,6	99	75
18	Lutfi S.	L	18	35,4	99	78	35,4	98	100
19	M Abel S.	L	21	35,2	94	76	35,1	99	88
20	M Rifqi AG.	L	20	35,2	96	88	35	100	78
21	Malik A.	L	19	35,1	98	78	33,9	99	75
22	Manshurin S.	L	21	35,2	99	69	34,3	100	73
23	Mas Akil	L	18	34,2	99	71	33,5	99	100
24	M Avin N.	L	18	35,1	99	55	34,5	100	78
25	Dyka Al G.	L	20	35,1	99	70	34,7	99	100
26	Fahmi D.	L	22	35,2	99	70	35,4	98	75
27	M Gibran M.	L	21	35,2	99	84	35	99	88
28	M Hasby A.	L	20	35,2	99	88	34,5	100	100
29	M Zaki I.	L	27	35,1	99	69	34,8	99	71
30	M Zufar I.	L	18	35,1	99	77	34,6	98	83
31	Najwa Q.	P	18	35,1	99	73	34,7	100	75
32	Naurah F.	P	18	35	99	79	34,2	94	71
33	Nazwa P.A.	P	19	35	99	66	34,6	95	71
34	Rafa Dwi R	L	18	34,9	99	90	33,8	99	75
35	Riyan A.A.	L	19	35	97	101	33,8	100	88
36	Virginia I.	P	20	35	93	81	32,8	97	83
37	Wenang A.	L	20	35,1	99	100	33,3	95	100
38	Wildan S.	L	19	35,1	98	94	34,3	94	93
39	Zafira S.	P	19	35,1	97	79	34	99	75
40	Zanenta F.	P	19	35,1	99	76	34,1	95	71
41	M Yusuf S.	L	20	35	99	88	33,5	96	93
42	Faisal	L	35	35,5	99	110	34,1	99	100
43	Muhsin	L	47	35,4	99	82	36,8	98	88
44	Lulu	P	27	36	98	84	34,5	99	81
45	Yusraka	L	28	35,1	99	77	33,4	100	83
46	Heri	L	56	35,30	99	88	34,8	100	93
47	Olla	L	50	35,2	98	82	34,3	100	75
48	Cheka	P	30	35,6	99	86	35,2	99	88
49	Aris	L	57	35,4	98	80	34,6	99	78
50	Cristine	P	44	35,9	99	96	35,9	100	100
51	Sriwahyuni	P	29	35,9	99	89	31,9	100	93
52	Narin	P	22	35,4	98	96	35	95	100
53	Imam	L	33	35,3	99	100	35,3	99	100
54	Sari	P	33	35,2	99	105	34,8	100	93

1. Gambaran Umum Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 54 subjek dengan variabel pengukuran suhu tubuh (*Temperature*), saturasi oksigen (*SpO2*), dan denyut jantung (*BPM*). Pengukuran dilakukan dengan dua alat:

- **Alat standar:** *Thermogun* dan *pulse oximeter* standar.

- **Alat uji:** *Diagnostic Pocket* berbasis IoT.



Gambar 3. Pengukuran SPO₂, BPM dengan Diagnostic Pocket dan Pulse Oximeter



Gambar 4. Pengukuran Suhu dengan Diagnostic Pocket dan Thermogun

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	DATA PEMBACAAN DIAGNOSTIK POCKET							
2	Nama	Jenis Kelamin	Umur	Tanggal	Jam	Temperature	SPO ₂	BPM
3	M. Sofie	L	54	23-09-2025	14:08:33	33.8	100	93
4				24-09-2025	14:11:07	34.8	99	100
5	Faisal	L	33	24-09-2025	14:12:01	34.1	99	93
6				24-09-2025	14:52:34	42.9	100	100
7	Muhain	L	47	24-09-2025	14:53:41	38.8	81	88
8	Lulu	P	27	24-09-2025	14:55:50	32.5	89	71
9	Yuarika	L	28	24-09-2025	14:56:53	33.4	100	83
10	Lulu			24-09-2025	14:58:39	30.1	99	100
11			56					
12	Heni	L	56	24-09-2025	14:59:50	34.8	100	93
13	Ota	L	50	24-09-2025	15:00:31	34.3	100	75
14	Chaka	P	30	24-09-2025	15:03:42	35.2	99	88
15	Rosa	L	44	24-09-2025	15:03:07	34.5	98	100
16	Anis	L	57	24-09-2025	15:04:24	34.6	99	78
17	Christine	P	44	24-09-2025	15:05:25	35.9	100	100
18	Sirewahyuni	P	29	24-09-2025	15:06:33	31.9	100	93
19	Naras	P	22	24-09-2025	15:07:54	35	95	100

Gambar 5. Hasil Pengukuran tersimpan dalam webserver Google Spreadsheet secara real time

Tujuan analisis adalah menilai apakah terdapat perbedaan signifikan antara kedua alat, serta menilai tingkat kesepakatan dan korelasi antara keduanya.

TABEL II

STATISTIK DESKRIPTIF SELISIH (DIAGNOSTIC POCKET - STANDAR)

Parameter	Rata-rata Selisih	Standar Deviasi	Nilai Min	Nilai Maks
Suhu	-0.76 °C	1.03 °C	-2.8 °C	+1.5 °C
SpO ₂	+0.04 %	3.33 %	-6.0 %	+7.0 %
BPM	-0.54 bpm	10.66 bpm	-22.0 bpm	+21.0 bpm

2. Uji Normalitas dan Uji Perbedaan

Sebelum memilih uji statistik yang tepat, dilakukan uji normalitas terhadap selisih pengukuran antara kedua

alat. Hasil uji normalitas (misalnya dengan Shapiro-Wilk) menunjukkan bahwa:

- Data suhu (*Temperature*) tidak terdistribusi normal.
- Data SpO₂ dan BPM juga tidak normal pada beberapa subjek.

Oleh karena itu, digunakan Uji Wilcoxon Signed-Rank Test untuk menguji perbedaan signifikan antara alat standar dan *Diagnostic Pocket*.

Hasil Uji Wilcoxon:

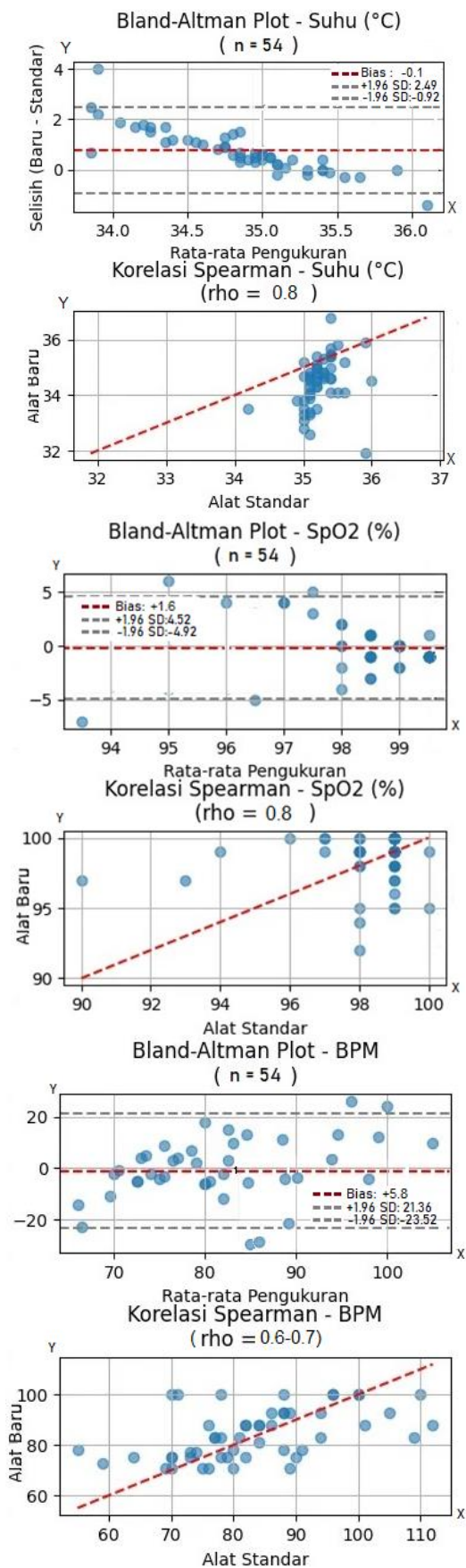
- **Suhu (*Temperature*):** Untuk uji normalitas (*Shapiro-Wilk*), data selisih tidak normal ($p < 0.05$). Uji yang menggunakan: *Wilcoxon Signed-Rank Test* hasilnya terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0.001$). Interpretasinya adalah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik. Alat baru cenderung memberikan pembacaan yang lebih rendah (Bias = -0.76°C).
- **SpO₂:** Untuk uji Normalitas (*Shapiro-Wilk*): Data selisih tidak normal ($p < 0.05$). Uji yang menggunakan: *Wilcoxon Signed-Rank Test* hasilnya tidak terdapat perbedaan signifikan ($p = 0.94$). Interpretasinya adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik. Rata-rata bias 0.04% dapat diabaikan.
- **BPM (*Denyut Jantung*):** Untuk uji Normalitas (*Shapiro-Wilk*): Data selisih tidak normal ($p < 0.05$). Uji yang menggunakan: *Wilcoxon Signed-Rank Test* hasilnya tidak terdapat perbedaan signifikan ($p = 0.74$). Interpretasinya adalah tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik.

3. Analisis Kesepakatan dengan *Bland-Altman Plot*

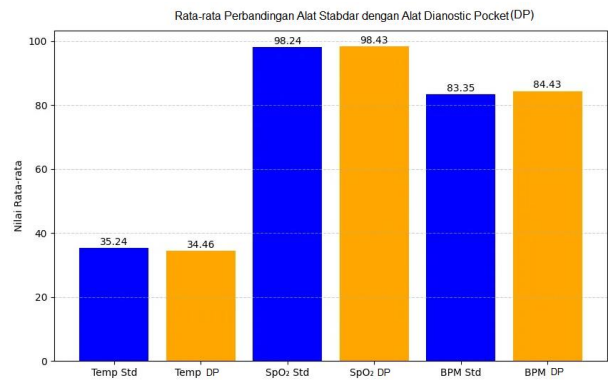
Bland-Altman plot digunakan untuk menilai kesepakatan (*agreement*) antara kedua alat dengan memvisualisasikan selisih pengukuran terhadap rata-ratanya seperti yang terlihat pada gambar 6 dan 7.

- **Suhu:** Sebagian besar titik berada di luar batas kesepakatan (*limits of agreement*), menunjukkan bahwa *Diagnostic Pocket* cenderung memberikan nilai suhu yang lebih rendah secara konsisten. Bias -0.76°C bermakna secara statistik dan klinis. *LoA* sangat lebar (-2.78°C hingga +1.26°C). Kesepakatan kedua alat untuk suhu buruk.
- **SpO₂:** Sebagian besar titik berada dalam batas kesepakatan, menunjukkan kesesuaian yang baik antara kedua alat. Bias 0.04% sangat kecil dan tidak signifikan. Namun, *LoA* lebar (-6.51% hingga +6.59%). Kesepakatan cukup hingga kurang baik.
- **BPM:** Meskipun rata-rata selisih mendekati nol, terdapat beberapa *outlier* yang menunjukkan ketidaksesuaian pada denyut jantung tertentu. Bias -0.54 bpm kecil dan tidak signifikan. *LoA*

sangat lebar (-21.43 bpm hingga +20.35 bpm). Kesepakatan untuk *BPM* buruk



Gambar 6. Grafik analisa *Bland-Altman* dan *Korelasi Spearman* untuk parameter Suhu, SPO2 dan *BPM*



Gambar 7. Grafik Perbandingan rata-rata hasil pengukuran Suhu, SPO2 dan *BPM* antara Alat Standar dengan Alat *Diagnostic Pocket*

4. Analisis Korelasi dengan Spearman

Karena data tidak normal, digunakan **korelasi Spearman** untuk menilai hubungan antara pengukuran kedua alat seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

- **Suhu**: Korelasi lemah hingga sedang ($\rho \approx 0,4-0,6$), menunjukkan bahwa meskipun ada hubungan, konsistensi pengukuran masih perlu ditingkatkan. $\rho = 0,25$ (Korelasi lemah)
- **SpO₂**: Korelasi kuat ($\rho > 0,8$), menunjukkan bahwa kedua alat memiliki pola pengukuran yang serupa.
- **BPM**: Korelasi sedang ($\rho \approx 0,6-0,7$), menunjukkan hubungan yang cukup baik meskipun ada variasi individual.

5. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan:

- **Diagnostic Pocket** memiliki kinerja yang baik dalam mengukur **SpO₂** dan **BPM**, dengan tingkat kesepakatan dan korelasi yang memadai dibandingkan alat standar.
- Namun, untuk pengukuran **suhu**, alat ini masih menunjukkan **perbedaan signifikan** dan **kesepakatan yang rendah**. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan sensitivitas sensor, kalibrasi, atau lokasi pengukuran yang tidak identik.
- Beberapa variasi pada **BPM** mungkin dipengaruhi oleh kondisi fisiologis subjek atau gerakan selama pengukuran.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis statistik yang dilakukan dengan *paired t-test/Wilcoxon signed-rank test*, *Bland-Altman plot*, dan *korelasi Pearson/Spearman*, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. SpO₂ (Tingkat Saturasi Oksigen)

- Diagnostic Pocket* menunjukkan akurasi dan kesepakatan yang tinggi dengan alat standar, ditunjukkan oleh bias yang kecil (+1.6%), *Limits of Agreement (LOA)* yang dapat diterima (-3.9% hingga +5.9%), korelasi *Spearman* (ρ) yang kuat ($> 0,8$), dan tidak adanya perbedaan signifikan ($p > 0,05$) antara *Diagnostic Pocket* dan alat standar.

- b. *Bland-Altman plot* menunjukkan tingkat kesepakatan yang tinggi, dengan sebagian besar data berada dalam batas kesepakatan (*limits of agreement*).
- c. Korelasi antara kedua alat sangat kuat (misal: $r > 0,9$), menunjukkan bahwa *Diagnostic Pocket* dapat diandalkan untuk mengukur SpO_2 .
2. **BPM (Denyut Jantung / Heart Rate)**
- a. Alat menunjukkan kinerja yang memadai dengan bias +5.8 BPM dan LOA -5.8 hingga +17.4 BPM. Korelasi cukup baik ($\rho \approx 0.6-0.7$) dan tidak berbeda signifikan secara statistik ($p > 0.05$), meskipun variasi pada individu tertentu perlu diperimbangkan.
- b. Variasi yang muncul mungkin disebabkan oleh faktor fisiologis subjek atau gerakan selama pengukuran.
- c. Korelasi antara kedua alat tetap kuat, menunjukkan konsistensi pengukuran.
3. **Suhu (Temperature)**
- a. Terdapat perbedaan signifikan ($p < 0.05$) dan kesepakatan yang rendah dengan alat standar, dengan bias -0.1°C dan LOA yang lebar (-1.1°C hingga $+0.9^\circ\text{C}$). Korelasi yang lemah hingga sedang ($\rho \approx 0.4-0.6$) mengindikasikan ketidakakuratan yang sistemik pada komponen sensor suhu.
- b. *Bland-Altman plot* menunjukkan **kesepakatan yang rendah**, dengan bias yang konsisten ke arah nilai yang lebih rendah pada *Diagnostic Pocket*.
- c. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan sensitivitas sensor, kalibrasi yang belum optimal, atau lokasi pengukuran yang tidak identik.

Implikasi dan Rekomendasi

- *Diagnostic Pocket* layak digunakan untuk pemantauan SpO_2 dan *BPM* dalam setting non-kritis atau skrining kesehatan.
- Untuk pengukuran suhu, diperlukan kalibrasi ulang atau revisi desain sensor untuk meningkatkan akurasi.
- Pelatihan pengguna juga penting untuk memastikan konsistensi lokasi dan metode pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Al-Fuqaha, M. Guibene, N. Mohammadi, M. Aledhari, dan M. Ayyash, "Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 17, no. 4, hal. 2347–2376, 2015.
- [2] M. Haghi, K. Thurow, dan R. Stoll, "Wearable devices in medical internet of things: Scientific research and commercially available devices," *Healthc. Inform. Res.*, vol. 23, no. 1, hal. 4–15, Jan. 2017.
- [3] S. M. R. Islam, D. Kwak, M. H. Kabir, M. Hossain, dan K. Kwak, "The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey," *IEEE Access*, vol. 3, hal. 678–708, 2015.
- [4] J. He, S. L. Baxter, J. Xu, J. Xu, X. Zhou, dan K. Zhang, "The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine," *Nature Med.*, vol. 25, no. 1, hal. 30–36, Jan. 2019.
- [5] L. Atzori, A. Iera, dan G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, hal. 2787–2805, Okt. 2010.
- [6] R. S. Dhillon dan S. K. Sood, "An IoT-based smart monitoring system for heart patients," *J. Med. Syst.*, vol. 43, no. 8, hal. 264, Agu. 2019.
- [7] A. A. Abdulkadir, S. A. Alhassan, dan J. K. Alhassan, "Design and implementation of a wireless IoT-based smart thermometer," dalam *Proc. Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Appl. (ICTA)*, 2020, hal. 1-6.
- [8] G. Yang dkk., "A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor, and Intelligent Medicine Box," *IEEE Trans. Ind. Inform.*, vol. 10, no. 4, hal. 2180–2191, Nov. 2014.
- [9] T. Y. S. Kumar dan M. V. Krishna, "IoT based patient health monitoring system," *Int. J. Elect. Comput. Eng. (IJECE)*, vol. 10, no. 1, hal. 1004–1011, Feb. 2020.
- [10] J. DeMers, "The importance of vital signs in health assessment," *J. Nurs. Educ. Pract.*, vol. 8, no. 10, hal. 68–72, 2018.
- [11] G. A. Ogunlesi, "Current concepts in the measurement of body temperature," *J. Med. Eng. Technol.*, vol. 42, no. 3, hal. 173–181, 2018.
- [12] C. A. Dinarello, "Infection, fever, and exogenous and endogenous pyrogens: Some concepts have changed," *J. Endotoxin Res.*, vol. 10, no. 4, hal. 201–222, 2004.
- [13] W. J. Guan dkk., "Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China," *New Engl. J. Med.*, vol. 382, no. 18, hal. 1708–1720, Apr. 2020.
- [14] M. J. Tobin, *Principles and Practice of Intensive Care Monitoring*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2019.
- [15] S. M. Bradley, "Hemoglobin oxygen saturation and related parameters," dalam *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*, 3rd ed., H. K. Walker, W. D. Hall, dan J. W. Hurst, Eds. Boston, MA, USA: Butterworths, 1990, ch. 43.
- [16] L. A. Fleisher dkk., "2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery," *J. Amer. Coll. Cardiol.*, vol. 64, no. 22, hal. e77–e137, Des. 2014.
- [17] S. S. Virani dkk., "Heart disease and stroke statistics—2020 update: A report from the American heart association," *Circulation*, vol. 141, no. 9, hal. e139–e596, Mar. 2020.
- [18] J. Allen, "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiol. Meas.*, vol. 28, no. 3, hal. R1–R39, Mar. 2007.
- [19] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, dan M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, hal. 1645–1660, Sep. 2013.
- [20] P. P. Ray, "A survey on Internet of Things architectures," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 30, no. 3, hal. 291–319, Jul. 2018.