

Penerapan Sistem Monitoring Dengan Konsep Wearable Device Untuk Simulasi Pemantauan Tanda Vital Pada Pasien Menggunakan BIYNK

Hesti Wulan Sari
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
hestiwulansari@student.telkomuniversi-ty.ac.id

Fikra Titan Syifa, S.T.,M.Eng.
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
fikras@telkomuniversity.ac.id

Sevia Indah Purnama, S.ST., M.T.
Fakultas Teknik Elektro
Purwokerto, Indonesia
seviaindah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pemantauan tanda vital secara real-time menjadi aspek krusial dalam pelayanan kesehatan modern untuk mendeteksi dini gangguan seperti demam, takikardia, atau penurunan kadar oksigen dalam darah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kesehatan berbasis wearable device yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT) melalui platform Blynk. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini serta sensor MLX90614 untuk suhu tubuh, dan MAX30100 untuk detak jantung (BPM) dan kadar oksigen darah (SpO₂). Parameter yang dipantau meliputi suhu tubuh normal (36,5–37,5°C), BPM normal (60–100 bpm), serta SpO₂ normal (95–100%). Data dikategorikan sebagai gejala gangguan jika suhu $\geq 38^\circ\text{C}$, BPM >100 bpm, atau SpO₂ $<95\%$. Hasil pengujian menunjukkan akurasi rata-rata pengukuran sebesar 97,53% untuk suhu tubuh, 97,62% untuk detak jantung, dan 99,07% untuk SpO₂ jika dibandingkan dengan alat medis pembanding. Dengan kemampuan mengirim dan menampilkan data secara langsung ke smartphone, sistem ini dapat digunakan sebagai solusi pemantauan pasien secara efisien dan minim kontak fisik, sehingga berpotensi mendukung respons cepat dalam penanganan kondisi kesehatan pasien.

Kata kunci— Blynk, Tanda Vital, Wearable Device

I. PENDAHULUAN

Pemantauan tanda vital sangat penting dilakukan pada pasien di dunia medis untuk mendeteksi dan memantau kondisi kesehatan pasien secara cepat dan tepat. Tanda-tanda vital seperti detak jantung (BPM), saturasi oksigen dalam darah (SpO₂) dan suhu tubuh merupakan tanda vital yang sering kali menjadi indikator awal dari gangguan-gangguan kesehatan, baik yang bersifat ringan seperti demam, hingga ke kondisi akut seperti gangguan pernafasan. Dalam kondisi tertentu, beberapa pasien seperti pasien rawat jalan, lansia atau individu yang sedang dalam masa pemulihan, atau sedang dalam pemantauan kesehatan berlanjut memerlukan wearable device untuk memonitoring tanda vital, agar tidak terjadi komplikasi atau gangguan kesehatan yang lebih parah [1].

Dalam beberapa tahun ke belakang, teknologi wearable telah berkembang pesat dan semakin banyak digunakan dalam pemantauan kesehatan, baik di rumah sakit maupun dalam pemantauan mandiri. Perangkat wearable, seperti gelang pemantau kesehatan dan perangkat kesehatan yang dikenakan di tubuh, dapat mengukur berbagai tanda vital, seperti detak jantung, suhu tubuh, dan kadar oksigen darah, dengan akurasi tinggi, sehingga menjadikan alat ini cukup penting dalam pemantauan penyakit menular karena dapat mengurangi interaksi secara langsung dan meminimalkan risiko penularan penyakit [2]. Teknologi ini memiliki potensi besar untuk mendukung pemantauan pasien dan pengelolaan penyakit menular, karena dapat mengurangi interaksi langsung antara pasien dan tenaga medis, sehingga meminimalkan risiko penularan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa wearable device mampu memberikan data kesehatan secara real-time yang akurat dengan toleransi error di bawah 5% [3].

Penerapan sistem monitoring berbasis wearable device dalam bentuk kotak ini nantinya akan dibantu oleh sebuah platform yang berbasis android, yaitu dengan menggunakan platform Blynk. Dimana dengan menggunakan blynk akan memungkinkan pengumpulan data kesehatan tanda vital, yang selanjutnya akan di transmisikan melalui platform IoT dan memberikan bisa pemantauan jarak jauh yang real-time [4]. Selain itu, sistem ini dapat memberikan peringatan dini jika terjadi kondisi abnormal pada pasien, sehingga dapat membantu tenaga medis dalam mengambil keputusan cepat. Teknologi ini dirancang untuk mengurangi kontak langsung antara tenaga medis, keluarga dan juga pasien, serta memperluas akses layanan kesehatan [5].

Blynk membantu pengguna dan tenaga medis untuk memantau kondisi tanda vital pasien secara real-time pada kondisi-kondisi tertentu. Blynk akan dihubungkan dengan mikrokontroler yang digunakan yaitu, wemos D1 mini , dimana mikrokontroler ini dapat menghubungkan perangkat ke internet dengan WiFi. Data yang ditampilkan pada blynk dapat dilihat dalam bentuk grafik indikator sehingga lebih mudah dalam membaca kondisi pasien dari waktu ke waktu.

Penelitian ini dirancang untuk mengimplementasikan sebuah sistem monitoring kesehatan berbasis wearable device. Sistem ini akan memiliki tiga parameter vital secara real-time yaitu, detak jantung (BPM), saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) dan suhu tubuh. Perangkat yang ini akan menggunakan sensor MLX90614 untuk mengukur suhu tubuh, MAX30100 untuk mengukur detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah,, serta mikrokontroler wemos D1 mini [6]. Dan data yang dihasilkan akan ditampilkan pada OLED yang kemudian akan dikirimkan pada platform blynk.

Dengan manfaat tersebut penerapan monitoring berbasis wearable device dengan platform blynk diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan kesehatan, terutama selama masa karantina atau pandemi.

II. KAJIAN TEORI

A. Tanda Vital

Tanda vital mencakup detak jantung, tekanan darah, suhu tubuh, dan frekuensi napas, yang digunakan untuk memantau kondisi fisiologis pasien. Teknologi wearable dan Internet of Things (IoT) kini memungkinkan pemantauan tanda vital secara real-time, akurat, dan jarak jauh. Dalam studi ini, sensor MAX30100 dan MLX90614 dihubungkan ke mikrokontroler Wemos D1 mini, kemudian dibandingkan hasilnya dengan alat konvensional seperti thermogun dan oximeter. Nilai error dan akurasi dihitung menggunakan rumus tertentu untuk mengukur keandalan perangkat.

B. Wearable Device dan IoT

Wearable device adalah perangkat elektronik yang digunakan di tubuh untuk memantau kondisi kesehatan. Dilengkapi sensor dan terhubung melalui IoT, alat ini mengukur parameter penting seperti detak jantung dan suhu tubuh. Sistem ini efektif untuk rawat jalan dan pemantauan nonkontak. IoT mendukung pertukaran data real-time dari perangkat ke tenaga medis, sehingga meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kenyamanan pemantauan kesehatan.

C. Suhu Tubuh dan Detak Jantung

Suhu tubuh adalah indikator penting kondisi kesehatan, biasanya diukur di lokasi inti tubuh, namun dalam penelitian ini pengukuran dilakukan di pergelangan tangan karena bentuk wearable berbentuk gelang. Detak jantung, dihitung menggunakan rumus BPM, juga merupakan indikator vital, dan perubahan detaknya dapat menandakan kondisi medis tertentu. Monitoring berkelanjutan sangat penting terutama pada pasien dengan risiko komplikasi.

D. Saturasi Oksigen

Saturasi oksigen menunjukkan persentase hemoglobin yang terikat oksigen, dengan nilai normal antara 95%–100%. Pengukuran bisa dilakukan menggunakan AGD (invasif) atau oximeter (non-invasif). Pemantauan SpO_2 penting karena nilai yang rendah dapat menyebabkan hipoksemia dan risiko kerusakan organ vital.

E. Wemos D1 Mini

Wemos D1 Mini adalah mikrokontroler berbasis ESP8266 dengan konektivitas Wi-Fi, ringan, ekonomis, dan dapat

diprogram melalui Arduino IDE. Perangkat ini mendukung proyek IoT portabel dan dapat mengakses data secara real-time dari sensor yang terhubung.

F. Sensor MLX90614 dan MAX30100

MLX90614 adalah sensor suhu non-kontak yang mendeteksi radiasi inframerah dan digunakan untuk pengukuran suhu tubuh. Sedangkan MAX30100 adalah sensor oximeter yang mengukur kadar oksigen dan detak jantung dengan metode fotopletimografi menggunakan cahaya merah dan inframerah. Keduanya terhubung ke mikrokontroler dan mengirim data secara digital.

G. OLED 0.96 Inch

OLED 0.96 inch merupakan layar monokrom beresolusi 128x64 piksel yang hemat daya dan cocok untuk menampilkan data real-time seperti detak jantung dan suhu tubuh dalam perangkat wearable. Modul ini menggunakan komunikasi I2C dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Wemos D1 Mini.

H. Platform Blynk

Blynk adalah platform IoT yang digunakan untuk memantau dan mengontrol perangkat dari smartphone secara real-time. Dalam konteks penelitian, Blynk memfasilitasi pengiriman dan visualisasi data dari sensor ke pengguna serta memberi notifikasi ketika parameter abnormal terdeteksi. Ini menjadikan sistem lebih interaktif dan responsif terhadap perubahan kondisi kesehatan pasien.

III. METODE

Metode penelitian ini melibatkan perancangan dan pengujian sistem wearable device untuk pemantauan tanda vital berupa suhu tubuh, detak jantung, dan saturasi oksigen (SpO_2) secara real-time. Komponen perangkat keras yang digunakan meliputi Wemos D1 Mini, sensor suhu MLX90614, sensor MAX30100, OLED 0.96 inch, serta baterai dan kabel jumper. Perangkat lunaknya mencakup Blynk, Microsoft Word, Draw.io, dan Fritzing. Sistem dirancang dengan integrasi sensor melalui protokol I2C, diproses oleh mikrokontroler Wemos D1 Mini, dan ditampilkan melalui layar OLED serta aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan untuk memvalidasi akurasi data sensor dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap thermo gun dan oximeter sebagai alat pembanding standar. Selain itu, pengujian software memastikan bahwa data dari sensor dapat ditransmisikan dan ditampilkan secara akurat dan stabil melalui aplikasi Blynk. Penelitian ini bertujuan menghasilkan sistem pemantauan kesehatan jarak jauh yang praktis dan responsif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

a. Hasil Perancangan Perangkat

Sistem ini dirancang untuk memantau tanda vital pasien cacar monyet (Mpox) yaitu detak jantung, kadar oksigen dalam darah (SpO_2) dan Suhu Tubuh secara real-time menggunakan konsep wearable device yang terhubung ke blynk. Perangkat yang dibuat ini terdiri dari Wemos D1 Mini sebagai mikrokontroler, sensor MLX90614 untuk mengukur

suhu, sensor Max30100 untuk mengukur denyut jantung dan kadar oksigen dalam darah (SpO₂), Oled 0.96 inch untuk display tampilan pada perangkat dan Blynk untuk monitoring jarak jauh.

b. Pemrograman

Dalam sistem *wearable device* yang dibuat, pemrograman menjadi bagian inti yang mengatur jalannya seluruh proses pemantauan tanda vital pasien. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C++, dengan bantuan software Arduino IDE untuk menulis dan mengunggah program ke mikrokontroler Wemos D1 Mini. Program ini dirancang agar perangkat dapat membaca data dari sensor, menampilkannya secara langsung di OLED, dan mengirimkan data tersebut ke aplikasi Blynk secara real-time.

```

1 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6wRbFF4AB"
2 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Smartwatch MAX30100"
3 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "_v0fSd6Gluf2dRVYAJIFFdJ-BYzut_9H"
4
5 #include <Wire.h>
6 #include <Adafruit_MXL90614.h>
7 #include <MAX30100_PulseOximeter.h>
8 #include <Adafruit_GFX.h>
9 #include <Adafruit_SSD1306.h>
10 #include <ESP8266WiFi.h>
11 #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
```

GAMBAR A.

CODE PROGRAM DEFINE BLYNK DAN LIBRARY

Pada bagian awal program, dilakukan pendefinisian identitas proyek yang digunakan pada platform Blynk, yaitu berupa ID template, nama proyek, dan token autentikasi. Ketiga elemen tersebut diperlukan agar perangkat dapat terhubung dan dikenali oleh sistem Blynk secara spesifik sesuai dengan akun yang digunakan. Setelah itu, program memanggil sejumlah pustaka (*library*) penting yang berfungsi sebagai jembatan antara mikrokontroler dan berbagai komponen sensor serta jaringan. *Library Wire.h* digunakan untuk komunikasi I2C antara Wemos D1 Mini dengan sensor dan OLED. *Library Adafruit_MXL90614.h* dan *MAX30100_PulseOximeter.h* masing-masing berfungsi untuk membaca data dari sensor suhu MLX90614 dan sensor detak jantung serta SpO₂ MAX30100. Untuk tampilan data pada layar OLED, digunakan *library Adafruit_GFX.h* dan *Adafruit_SSD1306.h*. Sedangkan untuk koneksi internet, *library ESP8266WiFi.h* dan *BlynkSimpleEsp8266.h* digunakan agar Wemos D1 Mini dapat terhubung ke jaringan WiFi dan mengirim data ke aplikasi Blynk secara real-time. Pemanggilan pustaka ini menjadi fondasi awal agar semua komponen dapat berfungsi dengan baik dalam sistem yang dibangun.

```

30 unsigned long modeStartTime = 0;
31 const unsigned long SPO2_DURATION = 1 * 60UL * 1000UL;
32 const unsigned long TEMP_DURATION = 1 * 60UL * 1000UL;
```

GAMBAR B

CODE PROGRAM DELAY SENSOR

Selain inisialisasi sensor dan komunikasi, program juga dilengkapi dengan pengaturan waktu untuk menentukan lamanya setiap mode pengukuran berjalan. Dalam sistem ini, terdapat dua mode yang dijalankan secara bergantian, yaitu mode pembacaan detak jantung dan kadar oksigen (SpO₂), serta mode pembacaan suhu tubuh. Untuk mengatur durasi masing-masing mode, digunakan variabel *SPO2_DURATION* dan *TEMP_DURATION*, yang masing-masing diatur selama satu menit atau setara dengan 60.000 mili detik. Variabel ini bertipe *const unsigned long* karena

nilainya bersifat tetap dan digunakan dalam perhitungan waktu secara presisi. Sementara itu, variabel *modeStartTime* berfungsi untuk menyimpan waktu awal saat mode aktif dimulai. Dengan sistem waktu ini, program dapat secara otomatis berpindah dari mode SpO₂ ke mode suhu, dan sebaliknya, setiap satu menit sekali tanpa perlu intervensi pengguna. Hal ini membuat proses pemantauan berjalan secara otomatis dan bergantian dengan interval waktu yang konsisten.

```

122 display.clearDisplay();
123 display.setCursor(0, 0);
124 display.print("Mode: Suhu (1mnt)\n");
125 display.print("Suhu : "); display.print(tempObj, 1); display.println(" °C");
126 display.display();
```

GAMBAR C
(CODE PROGRAM OLED)

Setelah data suhu tubuh berhasil dibaca oleh sensor MLX90614, nilai tersebut kemudian ditampilkan pada layar OLED 0.96 inch yang terpasang pada perangkat. Proses penampilan data ini diawali dengan membersihkan tampilan sebelumnya menggunakan perintah *display.clearDisplay()*, lalu menentukan posisi awal teks di layar menggunakan *display.setCursor(0, 0)*. Selanjutnya, informasi mode aktif saat ini, yaitu "Mode: Suhu (1mnt)", dicetak di layar agar pengguna mengetahui bahwa sistem sedang berada dalam mode pengukuran suhu tubuh. Setelah itu, nilai suhu yang telah diperoleh dari sensor ditampilkan dengan satu angka di belakang koma, diikuti dengan satuan °C. Terakhir, seluruh informasi yang telah diketik ke buffer OLED akan ditampilkan secara fisik melalui *display.display()*. Dengan adanya tampilan langsung ini, pengguna dapat memantau suhu tubuh secara real-time tanpa harus membuka aplikasi di smartphone, sehingga meningkatkan kenyamanan dan aksesibilitas dalam pemantauan.

```

Blynk.virtualWrite(V_HEART_RATE, bpm);
Blynk.virtualWrite(V_SPO2, spo2);
Blynk.virtualWrite(V_TEMP_OBJ, tempObj);
```

GAMBAR D
(CODE PROGRAM BLYNK)

Selain ditampilkan secara langsung di layar OLED, data hasil pengukuran juga dikirimkan ke platform Blynk agar dapat dimonitor secara real-time melalui aplikasi di smartphone. Proses ini dilakukan dengan perintah *Blynk.virtualWrite()*, yang memungkinkan pengiriman data ke pin virtual yang telah ditentukan di dashboard Blynk. Nilai bpm (detak jantung) dikirim ke pin *V_HEART_RATE*, spo2 (kadar oksigen dalam darah) dikirim ke *V_SPO2*, dan *tempObj* (suhu tubuh) dikirim ke *V_TEMP_OBJ*. Dengan cara ini, semua informasi penting mengenai kondisi pasien dapat diakses secara online kapan pun dan di mana pun oleh tenaga medis atau pengguna. Fitur ini menjadi salah satu keunggulan utama dari sistem karena memungkinkan proses pemantauan dilakukan dari jarak jauh secara praktis dan efisien.

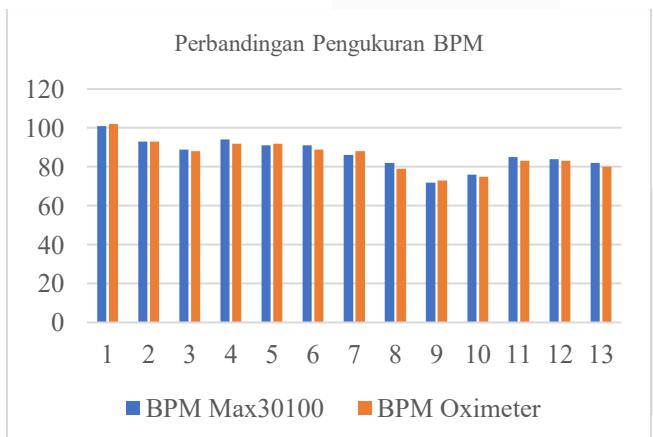
B. Hasil Pengujian Sistem Hardware

a. Hasil Pengukuran Sensor MAX30100 (Detak Jantung dan SpO₂)

Pengujian MAX30100 dilakukan untuk membaca denyut jantung (BPM) dan saturasi oksigen dalam darah (SpO₂) dengan perbandingan menggunakan alat oximeter dengan hasil perhitungan seperti di bawah:

TABEL A.
(HASIL PENGUKURAN BPM MENGGUNAKAN SENSOR DAN OXIMETER)

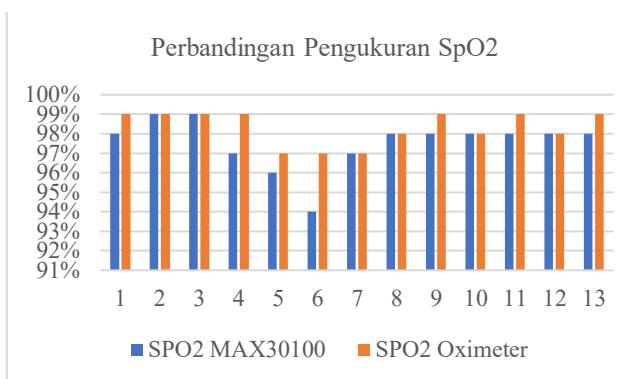
No.	MAX30100		Oximeter		Percentase Error		Akurasi	
	BPM	SPO2	BP M	SPO 2	BPM	SpO2	BPM	SpO2
1	101	98%	102	99%	0,98 %	1%	99,02 %	98,99 %
2	93	99%	93	99%	0,00 %	0%	100,00 %	100,00 %
3	89	99%	88	99%	1,14 %	0%	98,86 %	100,00 %
4	94	97%	92	99%	2,17 %	2%	97,83 %	97,98 %
5	91	96%	92	97%	1,09 %	1%	98,91 %	98,97 %
6	91	94%	89	97%	2,25 %	3%	97,75 %	96,91 %
7	86	97%	88	97%	2,27 %	0%	97,73 %	100,00 %
8	82	98%	79	98%	3,80 %	0%	96,20 %	100,00 %
9	72	98%	73	99%	1,37 %	1%	98,63 %	98,99 %
10	76	98%	75	98%	1,33 %	0%	98,67 %	100,00 %
11	85	98%	83	99%	2,41 %	1%	97,59 %	98,99 %
12	84	98%	83	98%	1,20 %	0%	98,80 %	100,00 %
13	82	98%	80	99%	2,50 %	1%	97,50 %	98,99 %



GAMBAR D
GRAFIK HASIL PERBANDINGAN PENGUKURAN BPM

Hasil pengukuran detak jantung (BPM) menggunakan MAX30100 pada sampel pertama menunjukkan hasil BPM sebesar 101 BPM dan pengukuran pada alat oximeter sebesar 102 BPM, dengan error sebesar 1. Nilai error terbesar terjadi pada sampel 3 dimana terdapat nilai error sebesar 7 dengan nilai pengukuran menggunakan sensor MAX30100 sebesar 85 BPM dan nilai pengukuran menggunakan oximeter sebesar 92 BPM. Faktor yang mempengaruhi perbedaan ini antara lain posisi jari saat pengukuran, intensitas cahaya sekitar, dan pergerakan mikro pengguna yang dapat

menyebabkan noise pada sinyal (fotopletimografi) PPG [30].



GAMBAR E
(GRAFIK HASIL PERBANDINGAN PENGUKURAN SPO2)

Hasil pembacaan kadar oksigen dalam darah (SpO2) pada sampel 1 menggunakan sensor menunjukkan hasil 98% dan hasil pembacaan menggunakan oximeter menunjukkan hasil 99%, dimana error yang di dapat hanya 0.01%. Error tertinggi pada percobaan ini terdapat pada sampel 8, dimana hasil pembacaan pada sensor menunjukkan persentase 94% dan hasil pembacaan dengan oximeter nya sebesar 97% dimana error yang di hasilkan sebesar 0.03%.

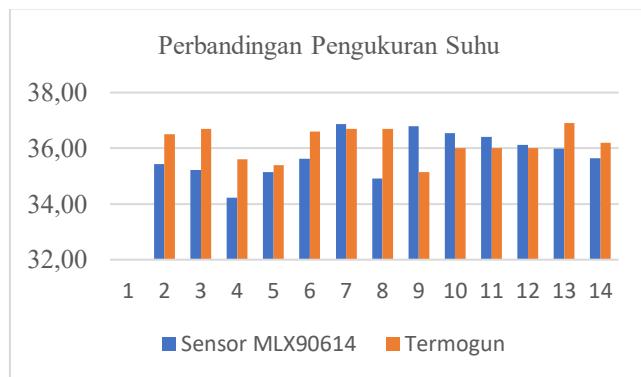
b. Hasil Pengukuran Sensor MLX90614 (Suhu)

Pengukuran suhu tubuh dilakukan dengan sensor MLX90614 dan dibandingkan dengan alat pembanding berupa termometer gun. Termometer gun dipilih karena memiliki cara kerja yang sama dengan sensor MLX90614, yaitu sama-sama merupakan perangkat non kotak. Pengujian dilakukan pada beberapa individu dengan hasil pembacaan seperti data tabel di bawah ini:

TABEL 4. 1.
HASIL PENGUKURAN SUHU

No	Sampel	Sensor MLX90614	Termometer	Presentasi Error	Akurasi
1	Sampel 1	35,43	36,50	2,93%	97,07%
2	Sampel 2	35,23	36,70	4,01%	95,99%
3	Sampel 3	34,23	35,60	3,85%	96,15%
4	Sampel 4	35,15	35,40	0,71%	99,29%
5	Sampel 5	35,63	36,60	2,65%	97,35%
6	Sampel 6	36,87	36,70	0,46%	99,54%
7	Sampel 7	34,91	36,70	4,88%	95,12%
8	Sampel 8	36,80	35,15	4,69%	95,31%
9	Sampel 9	36,55	36,00	1,53%	98,47%
10	Sampel 10	36,41	36,00	1,14%	98,86%
11	Sampel 11	36,13	36,00	0,36%	99,64%

12	Sampel 12	35,99	36,9	2,47%	97,53%
Total				2,47%	97,53%



GAMBAR F

(GRAFIK HASIL PENGUKURAN SUHU)

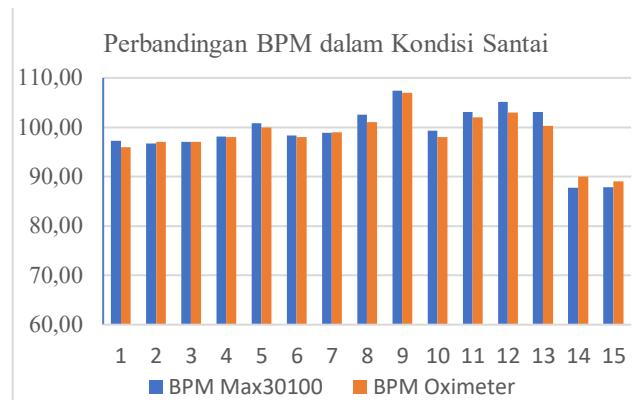
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di atas dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang cukup jauh dari pengukuran termometer gun dan pengukuran menggunakan sensor MLX90614, rata-rata nilai error yang diperoleh sebesar 0,895% dan masih dalam batas toleransi. Perbedaan nilai suhu yang diperoleh ini kemungkinan disebabkan oleh faktor lingkungan, jarak antara sensor ke permukaan kulit atau disebabkan oleh pergerakan saat dilakukan pengukuran [25]. Dengan nilai error yang kecil menunjukkan bahwa sensor MLX90614 memiliki sensitivitas dan keakuratan yang cukup bagus. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor suhu MLX90614 cukup untuk digunakan dalam pemantauan suhu pada gejala penyakit Mpox.

B. Perbandingan Hasil Pengukuran BPM DAN SpO2 Dalam Dua Kondisi

a. Hasil Pengukuran Dalam Kondisi Santai

Pengujian pertama dilakukan saat tubuh dalam kondisi santai atau istirahat, tanpa melakukan aktivitas fisik sebelumnya. Tujuannya untuk melihat seberapa akurat sensor MAX30100 dalam mendeteksi detak jantung (BPM) dan kadar oksigen (SpO₂) saat kondisi tubuh stabil. Hasil dari sensor kemudian dibandingkan dengan alat medis oximeter sebagai banding.

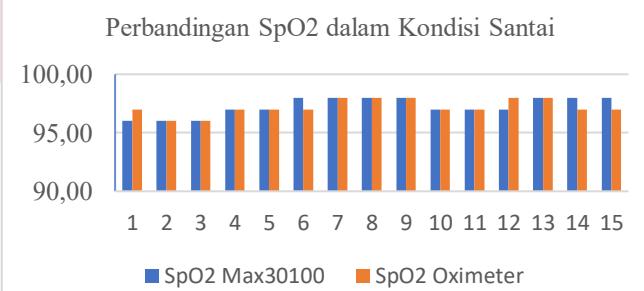
Dari hasil pengukuran saat kondisi tubuh dalam keadaan santai, sensor MAX30100 menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam membaca detak jantung (BPM) dan kadar oksigen dalam darah (SpO₂). Rata-rata akurasi untuk BPM tercatat sebesar 98,51%, sedangkan untuk SpO₂ mencapai 99,54%. Nilai error yang muncul juga tergolong rendah, yakni masih di bawah 5%, sehingga masih bisa dikatakan sesuai dengan standar toleransi alat ukur medis. Perbandingan hasil pengukuran ini bisa dilihat dengan jelas pada grafik di bawah:



GAMBAR G

(PERBANDINGAN BPM DALAM KONDISI SANTAI)

Grafik ini menunjukkan kalau akurasi BPM tetap bagus di dua kondisi. Walaupun ada beberapa titik di mana akurasinya agak turun setelah aktivitas, tapi perbedaannya tidak terlalu jauh. Ini menunjukkan kalau alat tetap bisa membaca perubahan detak jantung dengan cukup stabil.



GAMBAR H

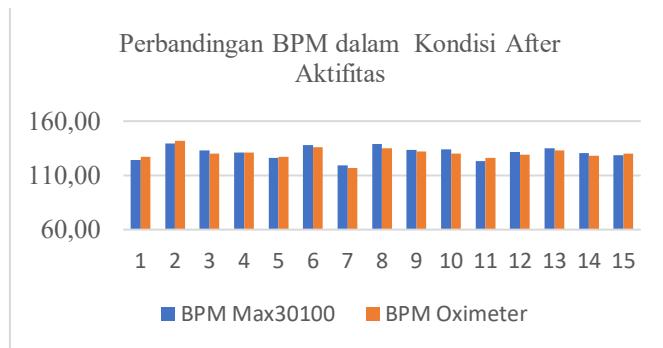
(GRAFIK PERBANDINGAN SPO2 DALAM KONDISI SANTAI)

Untuk perbandingan SpO₂ dalam kondisi santai, grafik menunjukkan hasil yang stabil di semua kondisi. Aktivitas ringan sepertinya tidak terlalu pengaruh ke SpO₂, jadi hasil pengukurannya konsisten. Ini berarti sensor bisa diandalkan buat pantau kadar oksigen secara real-time.

b. Hasil Pengukuran dalam Kondisi Setelah Beraktivitas

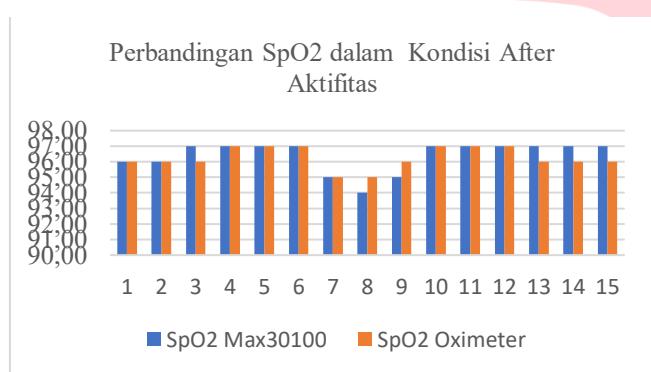
Pengujian kedua dilanjutkan dengan kondisi tubuh setelah melakukan aktivitas ringan seperti jalan cepat atau naik tangga selama beberapa menit. Tujuannya untuk melihat apakah performa sensor MAX30100 tetap akurat ketika terjadi perubahan pada kondisi fisik pengguna. Data hasil sensor kembali dibandingkan dengan oximeter sebagai alat pembanding.

Berdasarkan hasil pengukuran saat kondisi santai, akurasi sensor MAX30100 terhadap BPM dan SpO₂ tergolong tinggi. Error yang muncul sangat kecil dan masih dalam batas wajar, sehingga alat ini bisa diandalkan saat tubuh dalam keadaan normal atau istirahat. SpO₂ juga menunjukkan stabilitas yang baik di hampir semua sampel. Grafik perbandingan pengukuran BPM dan SpO₂, terlihat seperti gambar di bawah:



GAMBAR I
(GRAFIK PERBANDINGAN BPM DALAM KONDISI AFTER AKTIVITAS)

Berdasarkan data pada tabel di atas, bisa dilihat bahwa hasil pengukuran sensor MAX30100 dalam kondisi santai memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan alat oximeter. Nilai BPM yang terbaca menunjukkan perbedaan yang sangat kecil, begitu juga dengan SpO₂ yang rata-ratanya berada di angka 99% ke atas. Error yang muncul masih tergolong rendah, dan sebagian besar berada di bawah 2%.



GAMBAR J
(GRAFIK PERBANDINGAN BPM DALAM KONDISI AFTER AKTIVITAS)

Setelah dilakukan aktivitas ringan, hasil pengukuran juga tetap menunjukkan performa yang baik. Nilai BPM memang mengalami sedikit variasi lebih besar, yang wajar karena setelah aktivitas, detak jantung bisa naik secara cepat dan tidak langsung stabil. Namun, akurasi alat tetap berada di atas 97% untuk hampir semua sampel, menunjukkan bahwa alat masih bisa membaca perubahan dengan cukup baik. Untuk pengukuran SpO₂, hasilnya tetap stabil dan tidak terlalu terpengaruh oleh aktivitas, karena nilai saturasi oksigen dalam darah memang tidak berubah drastis hanya dengan aktivitas ringan. Secara keseluruhan, data ini membuktikan bahwa sensor MAX30100 tetap bisa memberikan hasil yang akurat dalam dua kondisi tubuh yang berbeda.

C. Persentase Error dan Akurasi

Perhitungan nilai persentase error dan nilai akurasi merupakan perhitungan yang digunakan untuk menggambarkan seberapa besar tingkat kesalahan dari hasil pengukuran yang nilainya dibandingkan dengan nilai acuan atau nilai sebenarnya. Dalam konteks pengujian ini, nilai acuan diperoleh dari termometer gun dan oximeter, sementara nilai pengukuran berasal dari sensor MAX30100 dan MLX90614 yang dihubungkan ke mikrokontroler yang digunakan yaitu, wemos D1 mini.

Berikut contoh perhitungan nilai persentase error dan akurasi pada nilai detak jantung (BPM), saturasi oksigen (SpO₂) dan suhu tubuh:

1. Pengukuran Detak Jantung (BPM)

$$\text{Nilai sensor} = 101 \text{ bpm}$$

$$\text{Nilai Oximeter} = 102 \text{ bpm}$$

$$\text{Presentase Error} = \frac{|101 - 102|}{102} 100\% = 0,9803\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,9803\% = 99,01\%$$

2. Pengukuran Saturasi Oksigen (SpO₂)

$$\text{Nilai sensor} = 98\%$$

$$\text{Nilai oximeter} = 99\%$$

$$\text{Presentase Error} = \frac{|98\% - 99\%|}{99\%} 100\% = 1,01\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 1,01\% = 98,98\%$$

3. Pengukuran Suhu

$$\text{Nilai sensor} = 35,43$$

$$\text{Nilai termometer} = 36,50$$

$$\text{Presentase Error} = \frac{(35,43 - 36,50)}{36,50} 100\% = 2,93\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 2,93\% = 97,06\%$$

Dari perhitungan nilai error di atas dapat dilihat bahwa nilai error yang diperoleh berada pada nilai dibawah 5%, sehingga menunjukkan bahwa alat wearable ini memiliki performa yang baik untuk digunakan pada sistem pemantauan awal pasien. Nilai akurasi yang diperoleh juga berada di atas 95%, yang mana nilai itu cukup bagus untuk digunakan sebagai alat pemantauan kondisi pasien.

Tetapi terdapat sedikit perbedaan perhitungan yang menggunakan Excel dan yang menggunakan perhitungan rumus manual. Perbedaannya hanya terletak di bagian koma saja, karena pada Excel hanya menghitung dua angka di belakang koma.

D. Pengujian Sistem Software

Pengujian sistem software dilakukan dengan menghubungkan perangkat ke platform blynk. Blynk digunakan untuk menampilkan data hasil pengukuran secara real-time melalui internet untuk bisa langsung di pantau oleh tenaga medis ahli. Proses menghubungkan dan menjalankan blynk ke mikrokontroler wemos mini D1 terbilang cukup mudah. Hanya cukup dilakukan dengan menggunakan library blynk pada program dan memasukkan token autentifikasi, alat sudah bisa terhubung ke blynk dengan menggunakan jaringan WIFI.

Dalam penelitian ini tampilan blynk yang di perlihatkan untuk memantau pasien adalah bagian gauge. Gauge akan menampilkan parameter vital yang kita ukur , yaitu detak jantung (BPM) kadar oksigen dalam darah (SpO₂) dan juga suhu tubuh. Selanjutnya proses pengiriman data dari alat yang sudah dirancang ke blynk juga terbilang lancar, selama jaringan internet yang digunakan stabil. Namun, pada saat

kondisi jaringan internet tidak stabil, data yang dikirim juga bisa mengalami delay.



GAMBAR K
(HASIL PENGUJIAN DENGAN PERBANDINGAN TAMPILAN PADA BLYNK DAN OLED)

Pada saat pengujian juga beberapa kali terjadi perbedaan tampilan hasil pengukuran, yang di tampilkan pada Oled dan yang ditampilkan pada blynk. Hal terjadi karena, sensor memerlukan sedikit waktu untuk menghasilkan data yang stabil. Sehingga, nilai tampilan pada Oled biasanya di update secara real-time langsung dari perangkat, sedangkan pada tampilan blynk harus melewati pengiriman yang dimana memerlukan tambahan waktu tertentu, yang bisa semakin lama jika jaringan tidak stabil. Inilah sebabnya tampilan hasil pengukuran yang ditampilkan pada blynk bisa berbeda 1 angka lebih kecil dari pada yang di tampilkan di Oled.

E. Analisis Sistem Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap alat yang telah dirancang dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat memenuhi sebagian besar dari tujuan penelitian. Alat ini dapat mengukur parameter tanda vital yang ingin di ukur, yaitu detak jantung (BPM), saturasi oksigen (SpO2) dan juga suhu tubuh. Ketiga parameter ini merupakan indikator vital yang digunakan untuk pemantauan pasien, dimana dalam penelitian ini fokus utamanya adalah pasien cacar monyet.

Akurasi data yang dihasilkan dari perangkat ini cukup bagus, dan mendekati hasil dari alat medis yang digunakan sebagai pembanding. Sensor Max30100 membaca detak jantung dan saturasi oksigen dengan baik, meskipun harus ada waktu 30-60 detik untuk sensor dapat membaca dengan akurat. Namun dengan begitu, nilai error pada pengukuran detak jantung (BPM) hanya berkisar 1-3 BPM dan nilai error pada pengukuran saturasi oksigen (SpO2) hanya sekitar 1-2%.

Sistem wearable yang dilengkapi dengan Oled ini sudah cukup untuk menampilkan data pasien berupa BPM, SpO2

dan suhu, dan memudahkan pembacaan data oleh pengguna. Ditambah alat ini terhubung pada Blynk yang semakin memudahkan pemantauan pasien secara real-time oleh tenaga medis. Dengan segala pertimbangan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini cukup layak untuk digunakan sebagai alat bantu pemantauan kondisi pasien pasca cacar monyet. Untuk ke depannya perangkat wearable ini masih bisa dikembangkan lagi, dari sisi fungsi, dari sisi desain perangkat wearable, dan stabilitas data untuk pengolahan sinyalnya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem wearable device yang dirancang berhasil memantau tanda vital pasien berupa detak jantung (BPM), kadar oksigen dalam darah (SpO2), dan suhu tubuh secara otomatis dan real-time menggunakan sensor MAX30100 dan MLX90614.
2. Data hasil pengukuran ditampilkan secara lokal melalui layar OLED dan dikirim secara nirkabel ke aplikasi Blynk menggunakan mikrokontroler Wemos D1 Mini, sehingga mendukung pemantauan jarak jauh secara praktis dan efisien.
3. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, dengan rata-rata akurasi 97,62% untuk detak jantung dan 99,07% untuk SpO2. Sistem ini juga mampu memberikan peringatan dini terhadap kondisi tidak normal sehingga dapat membantu tenaga medis dalam pengambilan keputusan secara cepat

REFERENSI

- [1] M. M. Abo-Zahhad, "An IoT-based Smart Wearable E-Health Monitoring System for Patients with Heart Diseases," Mansoura Engineering Journal, vol. 48, no. 6, Sep. 2023, doi: 10.5849/I/2735-4202.3079.
- [2] W. R. Hidayani and A. F. Santosa, "Wearable IoT dalam Bidang Kesehatan: Tantangan dan Peluang," Bincang Sains dan Teknologi, vol. 3, no. 02, pp. 78–84, Jul. 2024, doi: 10.56741/bst.v3i02.599.
- [3] M. B. Paksi, R. Maulana, and E. Setiawan, "Implementasi Wearable Device pada Monitoring Suhu Tubuh, Denyut Jantung dan Saturasi Oksigen dalam Darah menggunakan Low Power Mode," 2022. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [4] Sp. Sinha and Cv. Stalin, "AMCOPTER," International Research Journal of Engineering and Technology, 2021, [Online]. Available: www.irjet.net
- [5] W. Chiew Hong, Y. Siong Seng, W. Nur Arifah Mior Idris, T. Chee Yee, T. Hui Mun, and Z. Tukiran, "Evolution of Information, Communication and Computing Systems (EICCS) https Development of IoT-based Health Monitoring System using Blynk."
- [6] J. Y. Wu, Y. Wang, C. T. S. Ching, H. M. D. Wang, and L. De Liao, "IoT-based wearable health monitoring device and its validation for potential critical and emergency applications," Front Public Health, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/fpubh.2023.1188304.
- [7] "tanda vital".
- [8] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, and M. Rodgers, "A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation," 2012. doi: 10.1186/1743-0003-9-21.

- [9] I. W. Arsyadi, "IOT WEARABLE DEVICE HEART RATE MONITORING," JOSR: Journal of Social Research Oktober, vol. 2022, no. 11, pp. 257–262, [Online]. Available: <http://https://ijsr.internationaljournallabs.com/index.php/ijsrhttp://ijsr.internationaljournallabs.com/index.php/ijsr>
- [10] K. H. Chambers, "The potential role of wearable technology in monitoring and predicting cardiovascular events in high-risk individuals," Dec. 01, 2023, Sociedade Portuguesa de Cardiologia. doi: 10.1016/j.repc.2023.04.018.
- [11] M. Weenk, S. J. Bredie, M. Koeneman, G. Hesselink, H. Van Goor, and T. H. Van De Belt, "Continuous monitoring of vital signs in the general ward using wearable devices: Randomized controlled trial," J Med Internet Res, vol. 22, no. 6, Jun. 2020, doi: 10.2196/15471.
- [12] Y. Wahyuni and S. P. Wahid, "Alat Mengetahui Persentase Normalisasi Oksigen di Dalam Tubuh Manusia Berbasis Sensor dan Aplikasi Blynk," Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 4, no. 1, 2025, doi: 10.31284/p.semik.2025-1.7175.
- [13] M. Salem, A. Elkaseer, I. A. M. El-Maddah, K. Y. Youssef, S. G. Scholz, and H. K. Mohamed, "Non-Invasive Data Acquisition and IoT Solution for Human Vital Signs Monitoring: Applications, Limitations and Future Prospects," Sep. 01, 2022, MDPI. doi: 10.3390/s22176625.
- [14] M. A. Saputro, E. R. Widiasari, and H. Fitriyah, "Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Secara Wireless," 2017. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [15] I. F. Wijayanti, E. R. Widiasari, and B. H. Prasetyo, "Implementasi Wearable Device untuk Sistem Pendekripsi Stres pada Manusia berdasarkan Suhu Tubuh dan Detak Jantung," 2022. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [16]
- [18] "PROTOTIPE ALAT MONITORING DETAK JANTUNG PORTABEL MENGGUNAKAN ARDUINO PRO MINI DAN BLUETOOTH BERBASIS ANDROID."
- [19] H. H. Abrianto, K. Sari, and D. Irmayani, "Sistem Monitoring Dan Pengendalian Data Suhu Ruang Navigasi Jarak Jauh Menggunakan WEMOS D1 Mini," Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi, vol. 4, no. 1, 2021.
- [20] N. N. Putu Yuni, J. Pebralia, and Y. Citra Dewi dan Hendro Abstrak, Studi Penerapan Sensor MLX90614 Sebagai Pengukur Suhu Tinggi secara Non-kontak Berbasis Arduino dan Labview.
- [21] I. Putu, E. Sukadana, F. Y. Limpraptono, and M. Ardita, "Jurnal Skripsi SISTEM PENGECEKAN SUHU TUBUH MENGGUNAKAN SENSOR INFRA RED GY-906 MLX90614 BERBASIS ARDUINO."
- [22] "General Description." [Online]. Available: www.maximintegrated.com
- [23] N. N. Sari, M. N. Gani, R. A. Maharani Yusuf, and R. Firmando, "Telemedicine for silent hypoxia: Improving the reliability and accuracy of Max30100-based system," Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 22, no. 3, pp. 1419–1426, Jun. 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1419-1426.
- [24] K. H. Chambers, "The potential role of wearable technology in monitoring and predicting cardiovascular events in high-risk individuals," Dec. 01, 2023, Sociedade Portuguesa de Cardiologia. doi: 10.1016/j.repc.2023.04.018.
- [25] "Jurnal Muhammad Iqbal Firdaus (F1B017066)".
- [26] "blynk".
- [27] S. L. Rosa, M. F. Evizal, and F. Assidiqi, "Patient Monitoring System Used Smart Sensor Technology Internet of Things and AI," Int J Sci Res, vol. 4, no. 2, pp. 43–48, Apr. 2025, doi: 10.25299/ijsr.2024.21941.
- [28] K. P., "A Sensor based IoT Monitoring System for Electrical Devices using Blynk framework," Journal of Electronics and Informatics, vol. 2, no. 3, pp. 182–187, Aug. 2020, doi: 10.36548/jei.2020.3.005.
- [29] A. Idris Balarabe, A. Caroline Omonatse, Z. Suleiman, and S. Nathaniel, "Crimson Publishers Wings to the Research Implementation of a Real-Time Wearable Vital Signs Monitoring System for Online Medical Consultation", doi: 10.31031/TTEH.2025.05.000619.
- [30] P. B. Niranjane and S. Y. Amdani, "A Survey of Recent Applications of Improved Dijkstra's Shortest Path Algorithm," International Research Journal of Engineering and Technology, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net.