

Rancang Bangun Alat Pemantau Kesehatan Perorangan untuk Deteksi Dini *Silent Hypoxia*

Heri Kuswoyo¹, Ernia Susana^{2*}, Hendrana Tjahjadi³

¹ Jurusan Teknik Radiodiagnostik & Radioterapi, Politeknik Kesehatan
Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Jakarta II

² Pusat Unggulan – Pengembangan, Pengujian dan Kalibrasi Peralatan Kesehatan, Politeknik Kesehatan
Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Jakarta II
Jl. Hang Jebat III/F3 Kebayoran Baru Jakarta Selatan 12120

³ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Militer, Universitas Pertahanan,
Kawasan IPSC Sentul, Sukahati, Bogor, Jawa Barat 16810

Abstrak

Silent hypoxia pada pasien Covid-19 dan gejala hipoksemia berat perlu penanganan yang tepat. Kasus ini sering muncul tanpa gejala namun dapat mengancam jiwa, sehingga memerlukan peralatan pemantau kesehatan. Teknologi embedded system dan Internet of Things (IoT) mendukung pengembangan peralatan pemantau kesehatan perorangan berbiaya rendah. Peralatan yang berpotensi dikembangkan untuk kasus tersebut adalah pulse Oximeter. Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan purwarupa pulse oximeter yang terintegrasi dengan sensor suhu dan interpretasi hasil berupa kondisi "normal" dan "hipoksia". Purwarupa ini diberi nama OxyTemp yang telah dilengkapi oleh teknologi IoT melalui aplikasi Blynk sehingga dapat memonitor kondisi pengguna dari jarak jauh melalui handphone. Desain penelitian menggunakan Research & Development dengan teknik Reverse Engineering Level 3. Purwarupa telah melalui uji terbatas pemeriksaan fisik, fungsi, pengujian keselamatan listrik dan pengujian kinerja masing-masing parameter menggunakan alat kalibrator yang sesuai. Metode kerja yang digunakan mengacu pada SK Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Tahun 2018 No. 041-18 tentang Metode Kerja Pengujian Pulse Oximeter.

Kata kunci: *silent hipoksia; pulse Oximeter; suhu; hipoksemia; IoT; embedded system; blynk*

Abstract

[Title: Design of Personal Health Monitoring Devices for Early Detection of Silent Hypoxia] Silent hypoxia in Covid-19 patients and symptoms of severe hypoxemia require appropriate treatment. These cases often appear asymptomatic but risk fatal to life-threatening. One of the recommended devices is pulse oximetry. Embedded systems technologies and the Internet of Things (IoT) can develop low-cost personal health monitoring devices. This study developed a pulse oximetry prototype integrated with a digital temperature sensor and equipped with the interpretation results of both "normal" and "hypoxic" conditions. It is called OxyTemp. IoT technologies monitor user conditions remotely using the Blynk application via mobile phones. This study used Research & Development with the Reverse engineering method. The OxyTemp has Different types of prototype testing are physical and functional inspection, electrical safety testing, and performance testing of each parameter using an appropriate calibrator. The working method refers to SK Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Tahun 2018 No. 041-18 on Pulse Oximeter Testing Working Methods.

^{*)} Penulis Korespondensi.
E-mail: ernia@poltekkesjkt2.ac.id

Keywords: *silent hypoxia; pulse oximeter; temperature; hypoxemia; IoT; embedded system; blynk*

1. Pendahuluan

Virus Corona yang awalnya muncul di kota Wuhan, Cina, telah menyebar secara global sepanjang tahun 2020, termasuk di Indonesia. Peningkatan jumlah pasien terkonfirmasi positif COVID-19 di Indonesia meningkat secara signifikan pada Maret 2020. Tingkat keparahan bervariasi dari tanpa gejala, gejala ringan hingga sindrom gangguan pernafasan akut. Covid-19 merupakan penyakit yang diakibatkan oleh *Corona virus* dan menyerang paru-paru khususnya alveoli sehingga menyebabkan infeksi pada sistem pernapasan yang menular antar manusia. *Silent hypoxia* menjadi salah satu misteri dari infeksi virus corona yang dialami pasien Covid-19.

Silent hypoxia diawali dengan gejala hipoksemia berat yang diakibatkan karena menurunnya kondisi kadar oksigen dalam darah khususnya arteri (< 90%)(Yuliana, 2020). Saat darah tidak mengandung jumlah oksigen yang cukup, maka kebutuhan oksigen yang akan dialirkan ke bagian sel-sel dan jaringan seluruh tubuh tentunya tidak dapat terpenuhi. Hal inilah yang menjadi potensi timbulnya kondisi hipoksia, yaitu kondisi jaringan tubuh yang tidak mendapatkan asupan oksigen yang memadai. Idealnya jaringan tubuh mendapat asupan oksigen di kisaran 95% sampai 100% (Food and Drug Administration, 2021). Umumnya, gejala hipoksia diikuti dengan kondisi kelelahan, peningkatan denyut nadi dan frekuensi pernafasan, perubahan warna kulit menjadi kebiruan, irama jantung tidak beraturan serta sesak napas.

Kasus hipoksia pertama kali teridentifikasi pada pasien terkonfirmasi Covid-19 di bulan April 2020 dengan kondisi tanpa disertai keluhan apapun, baik gejala penyerta lainnya, ataupun tanda gangguan napas seperti sesak napas sehingga disebut dengan istilah pasien OTG (Orang Tanpa Gejala). Pasien OTG tidak menyadari dirinya sedang mengalami *hipoksia* yang berlanjut dengan penurunan kondisi dalam waktu yang cepat dan berisiko fatal hingga mengancam nyawa. Hal inilah yang memunculkan istilah *silent hypoxia* atau istilah lainnya "*happy hypoxia*".

Pasien dengan *silent hypoxia* tentunya perlu penanganan perawatan antisipatif yang tepat. Salah satu langkah yang dilakukan adalah melakukan tindakan preventif sebagai deteksi dini dan monitoring intensif bagi pasien Covid-19 dengan hipoksemia. Kondisi hipoksia dapat terjadi kapan saja, monitoring secara kontinu dapat mencegah pasien dengan gejala ringan atau tanpa gejala masuk pada tingkat keparahan yang lebih mengkhawatirkan hingga mengancam nyawa.

Keadaan hipoksia perlu ditindaklanjuti dengan pemberian terapi oksigen sehingga dapat meningkatkan kadar oksigen yang masuk dalam darah serta memperbaiki kondisi hipoksia.

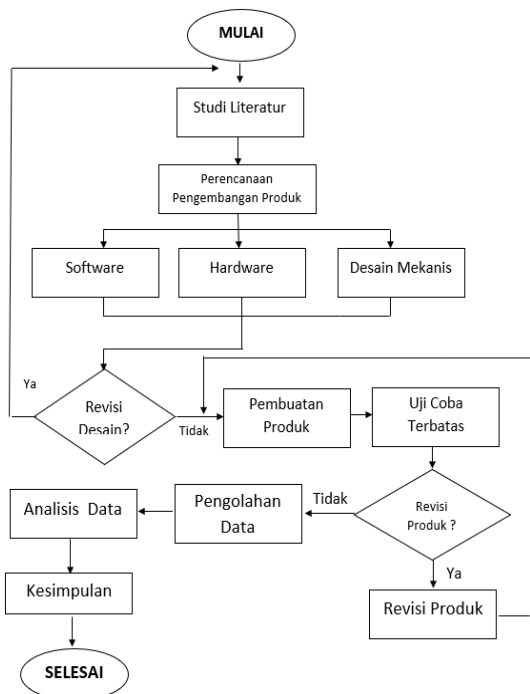
Monitoring kadar oksigen dalam darah dapat dilakukan secara non-invasif (tidak menimbulkan luka) dengan *pulse oximeter* dan pemeriksaan invasif dengan analisis gas darah. Pertimbangan terkait kenyamanan pasien, non-invasif, aman, kontinu, hasil yang akurat dan harga yang terjangkau menjadikan *pulse oximeter* direkomendasikan sebagai alat monitoring dan perawatan isolasi mandiri selama pandemi Covid-19 (World Health Organization, 2021). Alat ini tidak hanya direkomendasikan untuk digunakan di rumah sakit saja tetapi termasuk alat kesehatan wajib yang harus tersedia di rumah sebagai peralatan *homecare* selain termometer dan alat kesehatan penunjang lainnya.

Pesatnya perkembangan teknologi *embedded system*, teknologi *Internet of Things (IoT)* dan aplikasi yang sifatnya *open source* serta ketersediaan sebagian komponen lokal memungkinkan peneliti untuk melakukan pengembangan alat kesehatan yang kompak, berbiaya rendah dan siap pakai. Penelitian ini tidak hanya mengembangkan *pulse oximeter* jenis *fingertip* tetapi sekaligus mengintegrasikannya dengan parameter kontrol suhu tubuh. Purwarupa ini diusulkan dengan nama "*OxyTemp*".

Keberadaan *OxyTemp* menjadi nilai lebih karena dapat difungsikan sebagai alat deteksi dini penyakit Covid-19 melalui dua gejala utama penyakit tersebut yaitu ketika suhu tubuh di atas normal (>37.5⁰C) dan kadar oksigen dalam darah di bawah normal (≤ 90%). Pengembangan lainnya adalah *OxyTemp* dapat digunakan untuk monitoring jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi IoT. Fitur ini sangat sesuai dengan kondisi pandemi yang sedang berjalan saat ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan peralatan *OxyTemp* berbiaya rendah yang dapat digunakan sebagai deteksi dini, pemeriksaan dan monitoring kadar SpO₂, *heart rate* dan suhu tubuh pasien pada pasien Covid-19 khususnya pada kasus *silent hypoxia*. Fitur IoT menjadikan pemantauan kondisi pasien dapat dilakukan dari jarak jauh dan memungkinkan tenaga medis mengakses data tersebut secara langsung dari mana saja. IoT pada penelitian ini menggunakan ESP 8366 yang didukung oleh aplikasi android Blynk. Data akan ditampilkan pada telepon genggam berbasis android, sehingga dengan konfigurasi ini, *OxyTemp* sebagai alat pemantau kesehatan perorangan berbiaya murah dapat terwujud.

Penelitian sejenis sebelumnya tentang *pulse oximeter* telah dilakukan oleh Dabuke, Sijabat & Adiansyah (2020) dengan judul "Rancang Bangun Pulse Oximeter (Spo2) Pada Alat pasien Monitor". Peneliti tersebut mengembangkan *pulse oximeter* yang diperuntukkan untuk pasien monitor. Penelitian lain dilakukan oleh Tachiyat, Imanda & Tholib (2020) dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Denyut Jantung SpO₂ dan Suhu Tubuh Penderita



Gambar 1. Alur penelitian

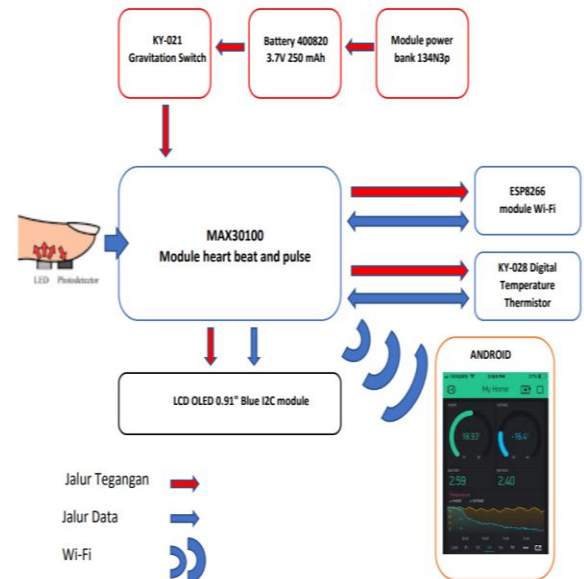
COVID-19 Berbasis IoT” penelitian ini mengembangkan pulse oximeter dan temperature dalam bentuk gelang.

Dibandingkan penelitian sebelumnya, *OxyTemp* hasil penelitian ini menjadi lebih kecil, *compact* dan informatif karena menggunakan *finger sensor* yang dilengkapi dengan *Oled LCD*. Dari sisi parameter, selain parameter kadar oksigen, denyut jantung dan suhu tubuh, kelebihan parameter *OxyTemp* dari penelitian sebelumnya adalah adanya fitur interpretasi hasil sehingga memudahkan bagi orang awam untuk segera mengetahui kondisi kesehatannya tanpa memerlukan supervisi dari paramedis. Parameter interpretasi hasil dari *OxyTemp* yang dapat diketahui oleh pengguna adalah kondisi normal dan hipoksia. Kelebihan lainnya, *OxyTemp* memungkinkan untuk dilakukan pemantauan kondisi pasien secara jarak jauh dengan memanfaatkan teknologi IoT menggunakan aplikasi blynk.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini didesain dengan penelitian *Research and Development (R&D)* berdasarkan metode *Reverse Engineering*. Desain penelitian R&D memberikan hasil luaran berupa model, produk, purwarupa atau sistem yang telah teruji.

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan utama yaitu (1) pendefinisian produk yang akan dikembangkan beserta spesifikasinya, (2) perancangan



Gambar 2. Block diagram OxyTemp

produk, (3) implementasi hasil perancangan, dan (4) validasi berulang hingga menghasilkan purwarupa yang sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Secara lengkap pelaksanaan penelitian dilaksanakan dengan alur yang akan dijelaskan dalam Gambar 1.

Teknik validasi fungsi dan kinerja purwarupa dilakukan dengan cara sebagai berikut: (1) melihat dan mengobservasi hasil uji fungsi alat untuk memastikan alat bekerja dengan baik; (2) alat mampu memberikan hasil saturasi oksigen, denyut jantung dan suhu tubuh dan (3) mampu mengirimkan hasil pengukuran tersebut melalui jaringan internet untuk memantau kesehatan pasien melalui android dengan aplikasi blynk.

Validasi kinerja alat dilakukan berdasarkan metode kerja yang digunakan mengacu pada SK Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Tahun 2018 No. 041-18 tentang Metode Kerja Pengujian Pulse Oximeter. Kinerja parameter suhu diukur melalui komparasi hasil tampilan purwarupa *OxyTemp* dengan alat yang tersedia secara komersil, yaitu termometer digital.

Berikut ini adalah jenis perangkat keras yang terdiri dari modul-modul yang digunakan untuk membangun *OxyTemp*, antara lain adalah: (1) KY-028 Digital Temperature Thermistor, (2) ESP8266 Module Wi-Fi wireless, (3) Module Power Bank 134N3, (4) MAX 30100 Heart Beat and Pulse Oximeter Sensor, (5) LCD OLED 0.91" Blue I2C Module, (6) KY-021

Gravitation Switch, dan (7) Battery 400820, 3.7V 250mAh.

Blok diagram OxyTemp secara keseluruhan didisain sesuai Gambar 2. Konfigurasi perangkat keras dalam system ini, terdiri dari tiga komponen pendukung utama yaitu: MAX 30100, ESP8266, dan KY028.

2.1 Sensor MAX 30100

MAX30100 adalah sensor yang banyak digunakan dalam rancang bangun *pulse oximetry*, baik untuk system perangkat *wearable*, peralatan monitoring atau diagnosis dan perangkat penunjang kebugaran. Sensor ini menggabungkan teknologi spektrofotometri dan teknologi optik untuk dapat melakukan pembacaan sinyal detak jantung dan tingkat oksigen dalam darah. Sensor terdiri dari dua buah led dan potodetektor yang masing-masing menghasilkan panjang gelombang tertentu. Penelitian ini menggunakan jenis *reflectance* (Chatterjee & Kyriacou, 2019) yang akan memantulkan cahaya LED dengan hasil gelombang yang didapat dari perubahan volume darah menuju fotodetektor yang kemudian akan dikendalikan dalam *platform* IoT baik secara mandiri maupun menggunakan mikrokontroler tambahan.

MAX30100 sepenuhnya dapat dikonfigurasi melalui register perangkat lunak, dan data keluaran digital disimpan dalam kedalaman 16 FIFO (*First In First Out*) di dalam perangkat. FIFO memungkinkan MAX30100 untuk dihubungkan ke mikrokontroler atau mikroprosesor dengan bus terminal secara bersamaan, yang datanya tidak terus-menerus dibaca dari register perangkat.

Subsistem SpO2 di MAX30100 terdiri dari *ambient light cancellation* (ALC), 16-bit *sigma delta* ADC, dan sebuah filter dengan waktu khusus. SpO2 ADC adalah *sigma oversampling* waktu berkelanjutan konverter delta dengan resolusi hingga 16-bit. Laju data keluaran ADC dapat diprogram dari 50Hz hingga 1kHz. MAX30100 menyertakan filter waktu terpisah untuk meredam interferensi 50Hz / 60Hz dan residu frekuensi rendah terhadap kebisingan sekitar.

MAX30100 memiliki sensor suhu pada *chip* (*optional*) mengkalibrasi ketergantungan suhu di dalam Subsistem SpO2. Algoritma SpO2 relatif tidak sensitif terhadap panjang gelombang LED IR, tetapi panjang gelombang LED merah sangat penting untuk mengoreksi interpretasi data.

Suhu data sensor dapat digunakan untuk mengkompensasi kesalahan SpO2 dengan perubahan suhu lingkungan. MAX30100 mengintegrasikan driver LED merah dan IR ke drive pulsa LED untuk

pengukuran SpO2 dan denyut jantung. Arus LED dapat diprogram dari 0 mA hingga 50 mA dengan tegangan suplai yang tepat. Lebar pulsa LED dapat diprogram dari 200 μ s hingga 1.6 ms untuk dioptimalkan akurasi pengukuran dan konsumsi daya berdasarkan pada kasus penggunaan.

2.2 Modul ESP8266

ESP8266 merupakan modul yang dapat digunakan untuk mengirim data atau melakukan kendali dalam *platform* IoT. Proses tersebut dapat berlangsung secara mandiri maupun dengan menggunakan mikrokontroler tambahan. ESP 8266 membutuhkan tegangan digital sekitar 3.3 V yang dilengkapi oleh tiga mode Wi-Fi yaitu *Station*, *Access Point* dan keduanya. Modul ini terdiri dari CPU, memori dan GPIO dimana jumlah pin bergantung dengan tipe ESP8266 (Samsugi, Ardiansyah, & Kastutara, 2018).

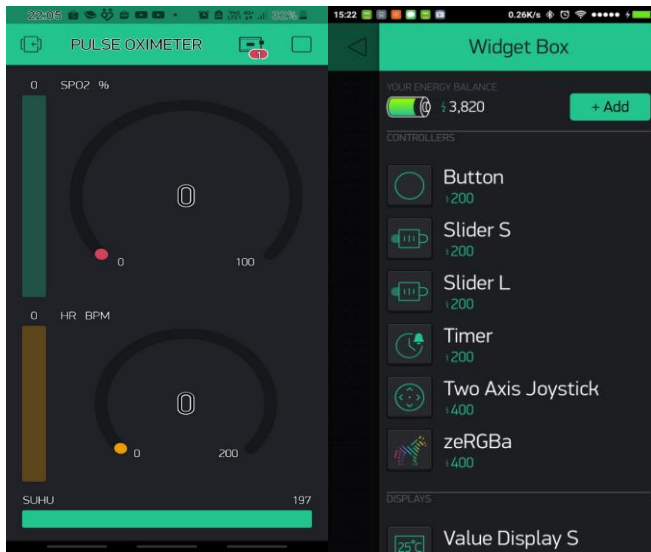
Firmware default pada ESP8266 menggunakan *AT Command*. Sebenarnya terdapat beberapa firmware SDK berbasis *opensource* yang dapat digunakan pada perangkat tersebut, diantaranya adalah: (1) *Node MCU* dengan menggunakan basic programming luar; (2) *Micro Python* dengan menggunakan basic programming python, dan (3) *Arduino IDE* dengan menambahkan *library* ESP8266. ESP8266 memiliki kemampuan *on-board processing* dan *storage*. Kondisi ini memungkinkan chip dapat langsung diintegrasikan dengan sensor-sensor atau menjadi suatu interface pada aplikasi alat tertentu melalui *pin input output*.

2.3 Sensor KY-028

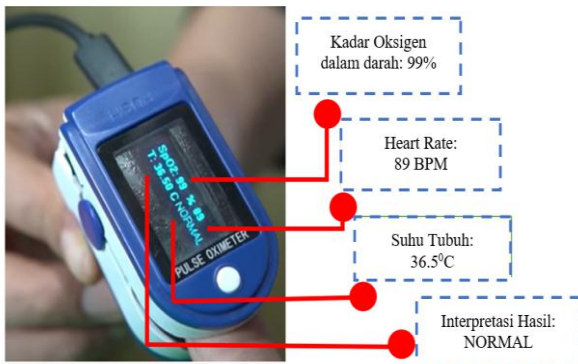
Sensor suhu digital KY-028 memiliki kemampuan mengukur perubahan suhu berdasarkan resistansi termistor. Modul ini memiliki output digital dan analog, terdapat potensiometer untuk menyesuaikan ambang deteksi pada antarmuka digital. KY-028 terdiri dari termistor NTC, komparator diferensial ganda LM393, potensiometer pemangkas 3296W, enam resistor, dan dua LED indikator. Tegangan yang diperlukan sebesar 3.3 sd 5.5 Volt dengan akurasi sebesar $\pm 0.5^{\circ}$ C (ArduinoModules, 2020).

2.4 Perangkat Lunak Pendukung

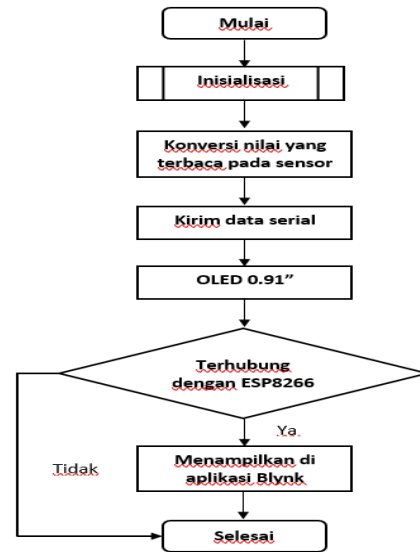
Saat ini terjadi fenomena bahwa perangkat lunak mendominasi perangkat keras. Hal ini terlihat dari semakin rampingnya suatu peralatan. Selain itu, berkembangnya teknologi IoT saat ini, memacu pertumbuhan platform-platform IoT. Salah satunya adalah Blynk. Penelitian ini menggunakan platform IoT Blynk yang mendukung *platform Operating System*. Tampilan aplikasi Blynk dan diagram alir ditampilkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Aplikasi Blynk



Gambar 5. Tampilan OxyTemp



Gambar 4. Diagram alir aplikasi Blynk



Gambar 6. Fitur tambahan OxyTemp

Salah satu keunggulan aplikasi Blynk adalah kemudahannya dalam pemakaian serta kemudahan *source code* untuk tiap-tiap perintah yang ada di dalam aplikasi tersebut baik pada *Mobile Android* maupun *IOS* (Nugraha & dkk, 2018). Blynk mendukung berbagai macam sensor atau hardware pada *IoT*. Penambahan komponen pada Blynk Apps dipermudah dengan cara *drag and drop*. Blynk sangat efektif dalam mengendalikan dan memantau sensor atau *perangkat keras* dengan menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN).

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan purwarupa alat OxyTemp berbasis *IoT* yang berpotensi untuk digunakan sebagai alat pemantau kesehatan perorangan pada penderita COVID-19 atau pasien lain dengan gejala hipoksemia berat. OxyTemp memiliki tiga sensor utama,

yaitu sensor suhu dengan satuan derajat celcius, sensor denyut jantung dengan satuan *beat per minute*, dan sensor saturasi oksigen dengan satuan persentase.

3.1 Hasil Desain dan Pembuatan Purwarupa

Sensor saturasi oksigen dan denyut jantung yang digunakan pada penelitian ini adalah MAX 30100. Sensor ini terdiri dari infra led, led merah dan fotodiode. Infra led yang dipancarkan akan diserap sebagian oleh pembuluh darah dan sebagian lagi akan dipantulkan. Gelombang infrared sangat sensitif terhadap perubahan volume darah, sehingga perubahan besarnya intensitas infra led ini kemudian di terima oleh fotodiode menjadi denyut jantung permenit. Sedangkan untuk mendapatkan kadar saturasi oksigen menggunakan perbandingan perubahan intensitas led merah antara pembuluh arteri yang fluktuatif dengan pembuluh dara vena yang stabil dan mendatar. Hasil perbandingan ini yang kemudian diterjemahkan menjadi kadar oksigen dalam darah.



Gambar 7. Tampilan Aplikasi Blynk OxyTemp

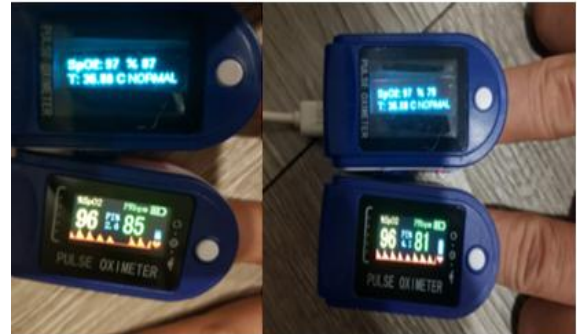
Sensor suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah KY-028 digital temperature thermistor. Posisi sensor ini diletakkan sebelum sensor MAX 30100. Konfigurasi dua sensor yaitu: sensor MAX 30100 dan KY-028 menghasilkan pengukuran parameter kadar saturasi oksigen, denyut jantung dan suhu. Fitur lain yang ditambahkan adalah adanya interpretasi hasil pengukuran dengan kategori: Normal dan Hipoksia. Tampilan oxytemp secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 5.

Pulse oximeter dapat dimanfaatkan secara mandiri atau terintegrasi dengan alat lain seperti halnya dengan alat *patient monitor*. Tipe pulse oximeter umumnya terdiri dari *handheld*, *fingertip* dan *table top*. Pemilihan tipe *fingertip* dengan dengan pertimbangan desain kompak yang dapat dikembangkan sebagai alat pemantau kesehatan perorangan untuk *self-monitoring* kesehatan secara rutin yang terjangkau dan tersedia sebagai alat kesehatan.

Fitur tambahan lainnya, ditunjukkan pada Gambar 6 berupa peringatan sistem keamanan dan kelengkapan tambahan berupa penggunaan *rechargeable battere*, *battery charger* dan indikator

Tabel 1. Daftar peralatan uji kinerja

No	Peralatan	Merek	Tipe	Nomer Seri
1	Electrical Safety Analyzer (ESA)	Fluke	612	1852063
2	Thermohygrometer	Luxton	HT-3006	Q266936
3	Spotlight SpO ₂ Tester	Fluke	Index 2	9859005
4	Thermometer Digital	Rossmax	TG380M C245	1639



Gambar 8. Validasi Hasil dengan alat setara

battery. Tentunya hal ini akan sangat membantu pengguna, sehingga tidak lagi terbebani dengan aktifitas dan biaya penggantian *battery*.

Hasil tampilan keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 7 berupa kesesuaian antara tampilan purwarupa OxyTemp dan aplikasi blynk pada android. Validasi hasil purwarupa dengan alat sejenis komersil ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil pengujian menunjukkan kinerja purwarupa masih berada dalam batas toleransi, yaitu: $\pm 5\%$ bpm untuk *heart rate* dan $\pm 1\%$ O₂

Tabel 1 merupakan penjelasan peralatan yang digunakan dalam melakukan uji kinerja dan uji keselamatan listrik. Adapun jenis pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan secara terbatas pada purwarupa tersebut adalah pengukuran kondisi lingkungan sebelum dan sesudah pemeriksaan, pemeriksaan fisik dan fungsi purwarupa, pengujian kinerja pulse oximeter dan komparasi kinerja monitoring suhu dengan thermometer digital.

3.2 Hasil Pengukuran Kondisi Lingkungan

Pengujian ini ditujukan untuk memastikan kondisi lingkungan sebelum dan sesudah berlangsungnya kegiatan. Kondisi lingkungan yang

Tabel 2. Pengukuran kondisi lingkungan

No	Parameter	Nilai
1	Suhu	Sebelum 23.5 °C
		Sesudah 23.7 °C
2	Kelembaban	Sebelum 58.5 % RH
		Sesudah 58.4 % RH

Tabel 3. Hasil pemeriksaan fungsi dan fisik

No	Parameter	Kondisi	
		Berfungsi	Tidak
1	Finger Sensor	X	
2	Battery charger	X	
3	Tombol ON-OFF	X	
4	Tampilan pulse rate	X	
5	Tampilan temperature tubuh	X	
6	Tampilan Persentase oksigen	X	
7	Self test system	X	
8	Indikator battery	X	
9	Proses pengisian battery	X	
10	Pengiriman data aplikasi Blynk	X	

Tabel 5. Hasil pengujian kinerja SPO₂

Parameter	Pulse Oximeter	OxyTemp	Koreksi
	85	86.00	-1.00
SpO ₂ (%)	90	90.83	-0.83
	95	95.67	-0.67
	100	100.83	-0.83

Tabel 7. Hasil pengujian kinerja suhu

Parameter	Thermometer Digital	OxyTemp	Koreksi
	36.60	35.90	0.70
Suhu Tubuh (°C)	36.70	36.00	0.70
	36.90	36.20	0.70
	36.20	36.10	0.10
	37.10	36.20	0.90

direkomendasikan untuk suhu ruang adalah $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban relative sebesar $50 \text{ RH} \pm 20\% \text{RH}$ (Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan, 2018). Hasil pengukuran kondisi lingkungan sebelum dan sesudah pengujian menunjukkan nilai yang masih masuk dalam range toleransi.

Pengujian kondisi lingkungan ditujukan untuk meminimalisir bias pengujian yang berasal dari salah satu sumber ketidakpastian tipe A. Hasil pengujian kondisi lingkungan ditunjukkan pada Tabel 2.

3.3 Hasil Pemeriksaan fungsi dan fisik

Sebelum pengujian OxyTemp dilakukan pemeriksaan fisik dan fungsi dari bagian-bagian purwarupa tersebut seperti ditunjukkan Tabel 3.

Pemeriksaan meliputi keadaan fungsi dan kondisi bagian-bagian peralatan secara visual sehingga ketika dioperasikan dan diuji kinerjanya, menunjukkan hasil yang optimal.

Tabel 4. Hasil pengujian keamanan listrik

Parameter	Pengukuran Keamanan Listrik	
	Terukur	Toleransi
Tegangan jala-jala	219.5 V _{ac}	220 V _{ac} ± 10%
Tahanan isolasi kabel catu daya	0.5 MΩ	≥ 20 MΩ
Tahanan hubungan pertahanan	0.127 Ω	≥ 2 Ω
Arus bocor tanpa pembumian	0.1 μA	≤ 500 μA
Arus bocor polaritas terbalik dengan pembumian	0.2 μA	≤ 100 μA
Arus bocor polaritas terbalik tanpa pembumian	0.2 μA	≤ 500 μA

Tabel 6. Hasil pengujian kinerja heart rate

Parameter	Gold Standard	OxyTemp	Koreksi
	60	60.00	0.00
Bpm	80	80.00	0.00
	120	120.33	-0.33
	180	180.00	0.00

3.4 Hasil Uji Keselamatan Listrik

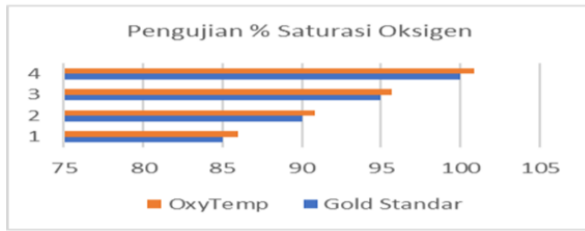
Parameter nilai ambang batas keamanan listrik mengacu kepada IEC 60601-1. Pengujian dilakukan menggunakan alat kalibrator electrical safety analyser (ESA). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

3.5 Hasil Uji Kinerja Paramater

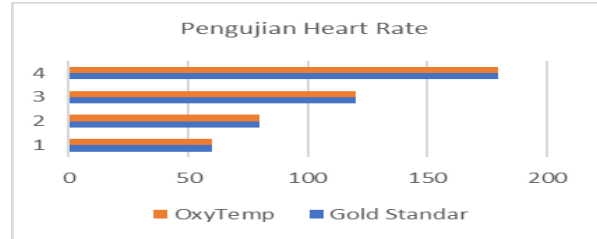
Metode kerja yang digunakan untuk menguji kinerja OxyTemp adalah metode kerja pengujian Pulse Oximeter yang sesuai dengan SK Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Tahun 2018 No. 041-18 tentang pengujian dan kalibrasi alat kesehatan.

Kinerja yang diukur meliputi parameter SPO₂ dan heart rate. Alat kalibrator yang digunakan berupa Spotlight SpO₂ Tester. Hasil pengujian menunjukkan seluruh parameter kinerja masuk dalam batas toleransi, ±5% bpm untuk heart rate dan ±1% O₂. Tabel pengujian kinerja untuk parameter SPO₂ dan Heart Rate ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6.

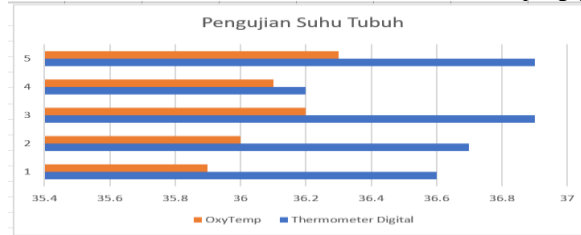
Pengujian suhu dilakukan dengan cara melakukan perbandingan atau komparasi antar tampilan yang ditunjukkan pada display OxyTemp dan thermometer digital yang merupakan produk sejenis yang tersedia di pasaran. Hasil observasi kinerja suhu menunjukkan tampilan hasil yang kurang stabil (tampilan berkedip) dan pembacaan suhu pada purwarupa membutuhkan jeda waktu sekitar 10–20 detik. Hasil pengujian kinerja suhu pada Tabel 7 menunjukkan nilai rata-rata koreksi dari 5 kali pembacaan masih diatas batas toleransi, yaitu sekitar ±0.6°C.



Gambar 9. Grafik pengujian parameter % SPO₂



Gambar 10. Grafik pengujian parameter heart rate



Gambar 11. Grafik pengujian parameter suhu

Tabel 8. Hasil Uji Coba Oxytemp

Volunteer	Gender	Age	Alat Ukur Standar sebagai Pembanding			Purwarupa		
			Pulse Oxy		Digital Temperature	Oxytemp		
			%SPO ₂	HR	°C	%SPO ₂	HR	°C
1	F	47	99	88	35.90	99	82	36.30
2	M	50	98	87	36.20	98	88	35,80
3	F	19	99	89	35.28	98	89	36.19

Gambar 9, 10 dan 11 merupakan grafik komparasi pengujian keseluruhan parameter baik %SPO₂, heart rate dan suhu antara oxytemp dan alat komersil sejenis. Hasil kinerja pengujian suhu berdasarkan Gambar 11 menunjukkan hasil diatas rata-rata toleransi yang diizinkan pada kisaran suhu 35 s.d 37 °C. Hal tersebut dimungkinkan karena kualitas sensor yang bukan *medical grade* dan penempatan sensor yang kurang tepat karena keterbatasan ruang pada jenis fingertip.

Berdasarkan standar metode kerja 050-18 tentang pengujian thermometer klinik, nilai toleransi yang ditunjukkan untuk tiap parameter kinerja akurasi suhu adalah: 1) 35 s.d 37 °C adalah ± 0,1 °C; 2) 38 s.d 39 °C adalah ± 0,2 °C dan 3) 40 s.d 42 °C adalah ± 0,3 °C.

Hal lain yang berpotensi mempengaruhi hasil pengujian adalah komparasi dalam metode pengambilan data yang menempatkan sensor suhu pada lokasi yang berbeda. Oxytemp menempatkan sensor pada bagian jari sedangkan digital temperature menempatkan sensor pada bagian ketiak.

Tabel 8 menunjukkan hasil uji coba purwarupa terhadap 3 volunteer dengan kisaran usia dan dan gender yang bervariasi. Hasil uji coba menunjukkan kinerja

parameter %SPO₂ dan heart rate masih dalam batas kisaran toleransi yang ditetapkan dalam metode kerja pengujian dan kalibrasi alat kesehatan, sedangkan kinerja suhu masih diatas batas toleransi ± 0,1 °C untuk kisaran suhu 35 s.d 37 °C.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah menghasilkan purwarupa OxyTemp yang dapat dimanfaatkan sebagai alat pemantau kesehatan perorangan pada penderita COVID-19 atau pasien lain dengan penyakit penyerta yang disertai dengan gejala hipoksemia. OxyTemp memiliki kemampuan mengukur parameter heart rate, persentase kadar saturasi oksigen dalam darah dan suhu tubuh serta sekaligus mampu menampilkan interpretasi hasil pada layar LCD OLED 0.91". Fitur lain yang disediakan adalah telah dilengkapi rechargeable battery. Selain itu dengan aplikasi Blynk memungkinkan tenaga medis melakukan monitoring dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan seluruh parameter kinerja masuk dalam batas toleransi, ±5% bpm untuk heart rate dan ±1% O₂. Hasil pengujian kinerja suhu masih perlu diperbaiki dengan peningkatan kualitas sensor *medical grade* dan penempatan sensor yang tepat pada fingertip yang

memiliki ruang terbatas. Ketepatan penempatan sensor mempengaruhi akurasi keluaran kinerja OxyTemp. Hasil pengujian aplikasi blynk dalam bentuk grafik menunjukkan nilai yang sesuai dengan tampilan pada fingertip OxyTemp.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Politeknik Kesehatan Kemenkes Jakarta II yang telah mendanai penelitian pemula ini melalui DIPA Poltekkes Kemenkes Jakarta II dengan SK No. HK.02.03/I/0091/2021 tertanggal 4 Januari 2021.

Daftar Pustaka

- ArduinoModules. (2020). *KY-028 digital temperature sensor module*. Diakses dari <https://arduinomodules.info/ky-028-digital-temperature-sensor-module/>, tanggal 25 Desember 2021.
- Chatterjee, S., & Kyriacou, P. A. (2019). Monte Carlo analysis of optical interactions in reflectance and transmittance finger photoplethysmography. *Sensors*, 19(4), 789.
- Dabukke, H., Sijabat, S., & Adiansyah, A. (2020). Rancang Bangun Pulse Oximetry (SPO2) Pada Alat Pasien Monitor. *Jurnal Teknologi Kesehatan Dan Ilmu Sosial (TEKESNOS)*, 2(2), 122-137.
- Food and Drug Administration. (2021). Pulse Oximeter Accuracy and Limitations: FDA safety Communication. Diakses dari <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/pulse-oximeter-accuracy-and-limitations-fda-safety-communication>, tanggal 19 Desember 2021.
- Tachiyat, S. Z., Imanda, A. R., & Tholib, M. A. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Denyut Jantung SpO2 dan Suhu Tubuh Penderita COVID-19 Berbasis IoT. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 6(2), 120-130.
- Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan. (2018). *Metode Kerja Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Nugraha, A. W., & Prasetyo, I. (2020). Alat Monitoring Detak Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis Internet of Things. *Autocracy. Jurnal Otomasi, Kendali, dan Aplikasi Industri*, 7(1), 42-47.
- Samsugi, S., Ardiansyah, & Kastutara, D. (2018). Arduino Dan Modul Wifi Esp8266 Sebagai Media Kendali Jarak Jauh Dengan Antarmuka Berbasis Android. *TEKNOINFO*, 12(1), 23-27.
- World Health Organization (2021). Interim Guidance for Member States - On the Use of Pulse Oximetry in Monitoring Covid-19 Patients Under HomeBased Isolation and Care. Diakses dari <https://www.afro.who.int/sites/default/files/Covid-19/> tanggal 18 Desember 2021.
- Yuliana. (2020). Corona Virus sebuah tinjauan literatur. *Wellness and Healthy Magazine*, 2(1), 187-192.