

Sistem Deteksi Gejala Hipoksia Berdasarkan Kadar Oksigen Dan Detak Jantung Berbasis IOT Secara Real Time

1st Mahardika

Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
mahardika@student.telkomuniversity.ac.id

4th Raffi Rizky Ramadhan

Direktorat Kampus Purwokerto
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
raffirizkyr@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Seftira Rizqy Adzani

Direktorat Kampus Telkom
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
seftirarizqy@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Tabitha Talenta Pasaribu

Direktorat Kampus Telkom
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
tabithatalenta@student.telkomuniversity.ac.id

5th Zein Hanni Pradana, S.T., M.T.

Direktorat Kampus Telkom
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto Indonesia
zeinhp@telkomuniversity.ac.id

6th Irmayatul Hikmah, ,S.Si.,M.Si

Direktorat Kampus Telkom
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
irmayatulh@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Hipoksia adalah kondisi berbahaya yang terjadi ketika kadar oksigen dalam darah terlalu rendah, sehingga dapat mengganggu fungsi organ-organ vital seperti otak dan jantung. Mendeteksi gejala hipoksia secara dini sangat penting untuk mencegah terjadinya komplikasi yang lebih serius. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem deteksi gejala hipoksia berbasis *Internet of Things* (IoT) secara *real-time*. Sistem ini menggunakan sensor MAX30100 untuk mengukur kadar oksigen (SpO_2) serta detak jantung. Data yang dihasilkan dikirim ke aplikasi Blynk melalui mikrokontroler ESP8266, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kesehatannya langsung dari smartphone. Sistem ini juga dilakukan uji coba dengan Wireshark untuk mengevaluasi kinerja jaringan, termasuk analisis terkait *delay, jitter, dan packet loss*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kadar oksigen dan detak jantung dengan akurasi tinggi dan mengirim data secara *real-time* dengan *delay* yang rendah. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna memantau kondisi tubuh secara mandiri serta memberikan peringatan dini bila terjadi gejala hipoksia. Hasil uji coba juga menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kadar oksigen dan detak jantung dengan tingkat akurasi yang baik, dengan rata-rata *error* pada pengukuran detak jantung (BPM) sebesar 4,8% dan pada pengukuran kadar oksigen (SpO_2) sebesar 2,5%.

Kata kunci— Hipoksia, IoT, ESP8266, MAX30100, Blynk, Detak Jantung, Saturasi Oksigen.

I. PENDAHULUAN

Sektor Kesehatan merupakan aspek terpenting dalam kehidupan manusia, Kesehatan memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan setiap individu. Tanpa kondisi tubuh yang sehat, seseorang akan kesulitan menjalani aktivitas harian secara optimal. Oleh karena itu, penting bagi

kita untuk selalu memantau kondisi tubuh, terutama bagian dalam seperti organ dan tanda-tanda vital. Salah satu indikator penting dalam menjaga kesehatan adalah tanda vital tubuh, yang mencakup kadar oksigen dalam darah, suhu tubuh, serta detak jantung. Menjaga kestabilan tanda-tanda vital ini sangat penting agar tubuh dapat berfungsi dengan baik dan tetapbugar dalam menjalankan berbagai kegiatan sehari-hari. [1]. Kadar oksigen menjadi hal yang sangat penting untuk dipantau. Ketiadaan oksigen akan membuat tubuh secara fungsional mengalami penurunan atau bahkan bisa berakhir dengan kematian. Oleh karena itu, kebutuhan bagi oksigen adalah suatu kebutuhan yang paling utama dan sangat krusial bagi tubuh. Kekurangan O₂ di tandai dengan keadaan hipoksia [2]. Hipoksia, atau kekurangan oksigen, merupakan penyebab paling umum dari kerusakan seluler, yang dapat terjadi akibat berkurangnya kadar oksigen di udara, berkurangnya atau menurunya fungsi hemoglobin, menurunnya produksi sel darah merah. Keadaan ini dapat akibat berbagai hal, seperti saat tekanan udara rendah, paru tidak mampu menghirup oksigen, penyakit kronis paru, gangguan fungsi jantung, maupun saat berolahraga [3]. Oksigen tidak normal memiliki gejala yaitu hipoksia, dapat disebabkan oleh beragam faktor seperti Asma, Tuberculosis dan penyakit paru-paru kronis (PPOK). Dampak nyata yang terlihat dari seseorang yang mengalami hipoksia memiliki gejala seperti kelelahan, mengantuk, dan kurang mampu memusatkan perhatian, kelambatan berpikir dan kapasitas kerja menurun [4]. Untuk itu, pengkajian ini dilakukan guna mengembangkan dan membangun sistem yang sesuai dengan kebutuhan deteksi gejala hipoksia berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan mikrokontroler ESP8266. Sistem ini dirancang agar tetap terjangkau secara harga namun tetap memperhatikan aspek

akurasi, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Dengan memanfaatkan teknologi mikrokontroler yang terintegrasi sensor MAX30100, sistem ini mampu mendeteksi kadar oksigen dalam darah dan detak jantung secara real-time, sehingga diharapkan dapat bekerja secara efektif dalam memenuhi kebutuhan pemantauan kesehatan seseorang secara mandiri.

Dalam proses membaca, memproses, dan mengirim data antar komponen, penelitian ini menggunakan koneksi *WiFi* agar data dapat dikirim secara cepat dan stabil ke aplikasi *Blynk* sebagai media pemantauan melalui smartphone. Selain itu, untuk memastikan kinerja komunikasi data yang optimal, penelitian ini juga memanfaatkan aplikasi *Wireshark* sebagai alat bantu analisis jaringan untuk mengukur kualitas pengiriman data, termasuk parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Melalui inovasi ini, diharapkan sistem deteksi hipoksia yang dikembangkan dapat menjadi solusi monitoring kesehatan yang praktis, efisien, dan mudah dijangkau, serta mampu meningkatkan kewaspadaan pengguna terhadap risiko gejala hipoksia. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna, terutama individu yang memiliki risiko tinggi terhadap gangguan pernapasan, untuk memantau kondisi kesehatannya secara mandiri kapan saja dan di mana saja, tanpa bergantung pada alat medis konvensional di fasilitas kesehatan.

II. KAJIAN TEORI

A. Denyut Nadi (Jantung)

Jantung adalah organ sistem yang dibutuhkan oleh peredaran darah yang berfungsi sebagai alat untuk mendistribusikan darah ke seluruh tubuh. Organ ini terdiri dari tiga bagian: dua atrium (serambi) di sisi kiri dan kanan, serta dua ventrikel (bilik) di sisi kiri dan kanan. [5]. Detak jantung adalah jumlah denyut jantung per menit (BPM). Aktivitas jantung dapat dipantau menggunakan metode fotopletismografi (PPG) pada pembuluh arteri. Detak jantung orang dewasa umumnya berkisar antara 60 hingga 100 BPM, namun pada anak-anak dapat berkisar antara 90 hingga 100 BPM, dan pada remaja antara 80 hingga 100 BPM [6].

TABEL 1.
KLASIFIKASI DENYUT JANTUNG

Rentan Usia	Beats per minute (BPM)
Bayi baru lahir usia 0 sampai 1 bulan	70-90 bpm
Bayi usia 1 sampai 11 bulan	80-160 bpm
Anak usia 10 tahun ke atas dan orang dewasa termasuk lansia	60-100 bpm

B. Saturasi Oksigen

Tubuh manusia membutuhkan oksigen dalam jumlah tertentu agar bisa menjaga keseimbangan oksigen dalam darah. Untuk menjaga kesehatan yang baik, kadar oksigen dalam darah arteri manusia sebaiknya antara 90% hingga 100%. Jika kadar oksigen di bawah 90%, kondisi ini disebut

hipoksia dan dianggap rendah. Ketika tingkat oksigen dalam darah arteri menurun hingga di bawah 80%, maka kinerja organ vital seperti otak dan jantung dapat mengalami gangguan. Kondisi akan semakin memburuk jika kadar oksigen terus menurun hingga mencapai angka di bawah 70%, seseorang bisa kehilangan kesadaran dan perlu penanganan cepat. Jika kondisi ini berlangsung terus-menerus, terdapat risiko jantung berhenti berfungsi [7].

TABEL 2.
KLASIFIKASI HIPOKSIA

SpO2(%)	Interpretasi
95-100%	Normal
91-94 %	Hipoksia Ringan
86-90%	Hipoksia Sedang
<85 %	Hipoksia Berat

C. Photoplethysmography (PPG)

Photoplethysmography merupakan metode berbasis cahaya yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan volume darah dalam jaringan pembuluh darah kecil melalui intensitas cahaya yang masuk atau dipantulkan oleh tubuh dapat bervariasi tergantung pada kondisi jaringan yang dilaluinya. Ketika cahaya menembus permukaan kulit, sebagian akan diserap oleh zat-zat seperti pigmen kulit, jaringan tulang, dan darah dalam pembuluh. Di antara semua komponen tersebut, arteri dan arteriole menunjukkan perubahan aliran darah yang paling nyata. PPG umumnya beroperasi secara non-invasif dan menggunakan panjang gelombang cahaya merah atau inframerah yang dekat. Gelombang yang dihasilkan memiliki bentuk seperti pulsa dan selaras dengan detak jantung [8].

D. Sensor MAX30100

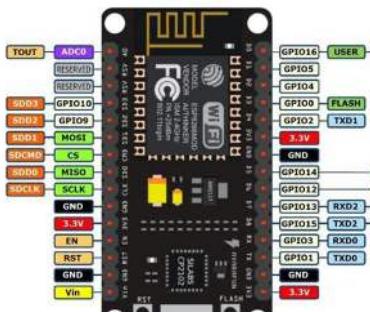
Sensor MAX30100 merupakan perangkat yang dirancang untuk mendeteksi denyut jantung (dalam satuan BPM) dan kadar oksigen dalam darah (% SpO2) dengan cara yang cukup sederhana, yaitu cukup ditempelkan pada ujung jari pengguna. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan dua jenis LED merah dan inframerah yang bersama dengan komponen utama berupa IC MAX30100, mampu menghasilkan data mengenai aktivitas jantung dan tingkat oksigen dalam darah. Selain itu, IC ini juga berperan sebagai oksimeter nadi, yakni alat untuk memantau detak jantung sekaligus mengukur saturasi oksigen (SpO2) secara bersamaan. Sensor ini akan dihubungkan dengan mikrokontroler untuk memproses data dari sensor [9].



GAMBAR 1
SENSOR MAX30100

E. ESP8266

ESP8266 adalah mikrokontroler dengan fungsi WiFi. Sebagai mikrokontroler, modul ESP8266 dilengkapi dengan prosesor dan memori yang dapat diintegrasikan menggunakan sensor dan aktuator melalui pin GPIO. Modul ini memiliki fitur seperti kompatibilitas IEEE 802.11 b/g/n, yang dapat digunakan untuk WiFi P2P, titik akses soft-AP, 81 MB RAM dan 1 MB memori Flash, dengan kecepatan hingga 160 MHz, dan keluarannya hingga 19.5 dBm. [10].



GAMBAR 2 ESP 8266

F. Baterai Lithium-Ion 18650

Baterai tipe 18650 dinamakan berdasarkan ukurannya diameter 18 mm dan panjang 65 mm. Angka nol di bagian akhir menyatakan toleransi tinggi baterai sesuai tipe produk. Baterai ini beroperasi pada tegangan 3,7 Volt, dengan batas pengisian hingga 4,2 Volt dan dianggap habis saat voltasnya turun ke 3,0 Volt. Kemampuan menyimpan arus listrik bervariasi tergantung pada produksinya. Secara umum, baterai ini memiliki kapasitas maksimal sebesar 3600 MAH [11].

G. LCD 16x2

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen yang berfungsi untuk menampilkan angka atau nilai tertentu, sehingga dapat dibaca melalui layar kristalnya. Alat ini juga dapat menampilkan informasi hasil pembacaan sensor ketika suatu objek terdeteksi. Dalam aplikasi pencatat suhu, digunakan LCD berukuran 16x2 yang berarti memiliki 2 baris dan masing-masing baris terdiri dari 16 karakter. LCD jenis ini memiliki total 16 pin, di mana tiap pin memiliki fungsi dan simbol tersendiri. Umumnya, LCD 16x2 dijalankan menggunakan sumber daya +5V, meskipun tetapi dapat berfungsi pada tegangan +3V. Komunikasinya dapat dilakukan melalui mode paralel (4-bit atau 8-bit) atau dengan protokol digital seperti SPI/I2C [12].



GAMBAR 3 LCD 16X2

H. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah jenis kabel yang digunakan untuk menghubungkan berbagai alat elektronik saat mengembangkan prototipe perangkat. Kabel ini tersedia dalam beberapa konfigurasi berbeda, seperti *male* ke *male*.

male ke female, dan *female ke female*, yang dapat disesuaikan sesuai dengan persyaratan jangkauan. Secara umum, kabel jumper memiliki panjang antara 10 hingga 20 cm, tergantung pada jenis dan tujuan penggunaannya. [13].



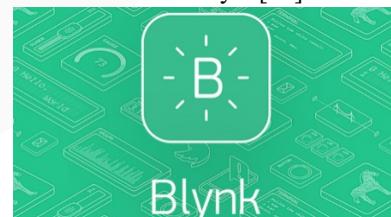
GAMBAR 4 KABEL JUMPER

I. Arduino IDE

Arduino IDE. Aplikasi ini digunakan untuk membuat kode untuk NodeMCU Esp8266. Salah satu alat paling berguna untuk menulis kode dan mentransfernya ke mikrokontroler adalah Arduino IDE. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java, sehingga dapat berjalan di berbagai sistem operasi, termasuk Windows, MacOS, dan Linux. Arduino IDE memiliki fitur-fitur yang sering ditemukan di editor pemrograman, seperti auto-complete dan pintasan keyboard yang memudahkan penulisan kode program.[14].

J. Blynk

Blynk merupakan sebuah platform aplikasi yang dirancang untuk mendukung sistem *Internet of Things* (IoT), di mana pengguna dapat menggunakanannya untuk mengirim notifikasi, mengontrol, dan memantau berbagai jenis perangkat seperti *Raspberry Pi*, *ESP8266*, serta modul serupa lainnya. Aplikasi *Blynk* dapat diunduh secara gratis melalui smartphone. Dengan fitur yang cukup lengkap, pengguna dapat mengembangkan berbagai proyek, mulai dari pengendalian perangkat, penerimaan notifikasi, pemantauan data secara *real-time*, hingga visualisasi data dalam bentuk grafik dan elemen interaktif lainnya. [15].



GAMBAR 5
SOFTWARE BLYNK

K. Wireshark

Wireshark adalah alat analitis yang digunakan untuk menganalisis paket data yang dikirim atau diterima melalui jaringan secara real-time. Alat ini termasuk dalam kategori Network Packet Analyzer karena mampu menangkap, merekam, dan menampilkan semua informasi yang dikirim atau diterima selama komunikasi jaringan berlangsung. Dengan berbagai fitur yang canggih, Wireshark memungkinkan pengguna untuk melihat detail setiap paket.

seperti alamat IP sumber dan tujuan, jenis protokol yang digunakan, nomor port komunikasi, serta konten payload dalam paket tersebut [16].

L. Quality of Service (QoS)

Kualitas Layanan (QoS) adalah teknik ini digunakan dalam layanan internet untuk memastikan kinerja jaringan tetap baik secara konsisten. QoS beroperasi dengan memantau beberapa parameter penting, seperti throughput, yang digunakan untuk mengurangi bandwidth yang tersedia, packet loss, yang meningkatkan jumlah data yang tidak diperlukan untuk mencapai tujuan, delay, yang mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai tujuan, dan jitter, yang menunjukkan perubahan waktu delay dalam transmisi data. Standar TIPHON digunakan untuk menentukan kategori kualitas terkait dengan masing-masing parameter yang disebutkan di atas. Standar ini menjelaskan cara menghitung dan menentukan indeks karakteristik masing-masing parameter, seperti throughput, kehilangan paket, penundaan, dan jitter. Berdasarkan hasil masing-masing parameter QoS, setiap parameter memiliki tiga kategori kualitas layanan: buruk, sedang, bagus, dan sangat bagus.

1. Throughput

Throughput adalah jumlah data yang dikirim per detik ke terminal tertentu pada saluran tertentu, dari satu saluran ke saluran lainnya [17]

2. Delay

Latensi, yang juga dikenal sebagai penundaan, adalah jumlah waktu yang perlu dievaluasi menggunakan data asal dan tujuan. Jarak, media fisik, perbedaan, dan bahkan proses yang sebagian besar berada dalam batas toleransi dapat menyebabkan latensi.

TABEL 2.
INDEK KARAKTERISTIK DELAY

Kategori Delay	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat Baik	<150	4
Baik	150 s/d 300	3
Normal	300 s/d 450	2
Buruk	>450	1

Berikut adalah rumus delay:

$$\text{Delay rata - rata} = \frac{\text{Total paket Delay}}{\text{Total paket yang diterima}}$$

3. Jitter

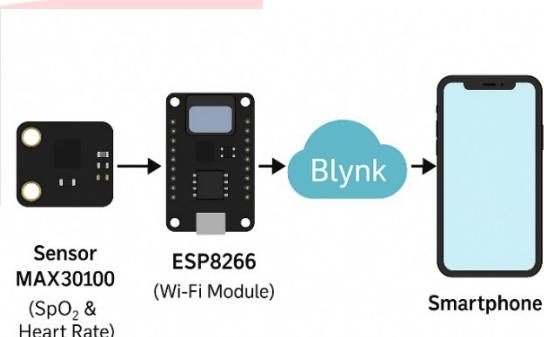
Jitter adalah gangguan dalam transmisi data yang terjadi akibat ketidakteraturan waktu kedatangan frame, sehingga penerima harus memproses atau menampilkan frame dengan kecepatan yang stabil. Jika ada frame yang datang terlambat, maka hal ini dapat menyulitkan proses rekonstruksi video yang diterima.

4. Packet loss

Packet loss atau kerusakan paket mengacu pada banyaknya paket yang gagal memenuhi tengat waktu pengiriman yang ditentukan [18]

III. METODE

Bagian ini membahas desain sistem dalam proses pengembangan prototipe untuk deteksi jantung dan oksigen. Tujuan sistem ini adalah mengembangkan salah satu solusi yang dapat digunakan adalah teknologi *Internet of Things* (IoT), yang dapat beroperasi secara otomatis, efisien, dan memiliki jangkauan koneksi yang luas. Sistem ini didasarkan pada *Internet of Things*, di mana perangkat fisik seperti sensor dan aktuator dapat berkomunikasi secara terus-menerus melalui internet untuk mengumpulkan data, memproses informasi, dan melaksanakan tugas secara *real-time*.

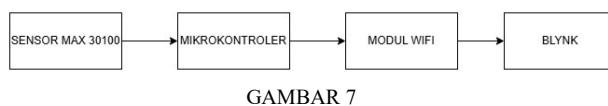


GAMBAR 6
DESAIN PERANCANGAN SISTEM DETEKSI DETAK
JANTUNG DAN SATURASI OKSIGEN

Pada Gambar 3.1 menampilkan keseluruhan desain, di mana sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur dua parameter penting pada tubuh, yaitu detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah. Sensor ini beroperasi dengan cara metode *photoplethysmography* (PPG) yang mengirimkan sinar merah dan inframerah ke kulit. Sinar tersebut kemudian dipantulkan oleh aliran darah, dan intensitas cahaya yang dipantulkan diukur oleh *photodiode* di dalam sensor. Hasil pengukuran dari sensor dikirim ke mikrokontroler ESP8266, yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data dan pengirim data melalui jaringan Wi-Fi. Setelah menerima data, mikrokontroler mengirimkannya ke smartphone yang sudah terinstal aplikasi Blynk sebagai antarmuka untuk memantau kondisi kesehatan.

Di smartphone, data detak jantung dan saturasi oksigen ditampilkan secara langsung melalui antarmuka aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat mengawasi kondisi kesehatannya kapan saja dan di mana saja. Selain itu, Blynk Cloud berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara dan pengatur komunikasi antara mikrokontroler dan smartphone, sehingga sistem bisa berjalan otomatis tanpa memerlukan perangkat komputer sebagai media penghubung. Dengan rancangan sistem ini, pengguna dapat mendapatkan informasi mengenai saturasi oksigen dan detak jantung secara cepat dan praktis. Sistem ini juga bisa memberi peringatan awal jika ditemukan indikasi gejala hipoksia.

A. Blok Diagram Sistem Iot



BLOK DIAGRAM SISTEM IOT

Gambar 7 menjelaskan Sistem ini merupakan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk memantau gejala hipoksia dengan cara mengukur kadar oksigen dalam darah serta detak jantung secara real-time. Sistem terdiri dari empat komponen utama, yaitu sensor MAX30100, mikrokontroler ESP8266, modul WiFi, dan platform Blynk sebagai antarmuka pemantauan. Sensor MAX30100 berperan sebagai alat input yang bertugas mendeteksi parameter fisiologis pengguna, khususnya kadar oksigen (SpO_2) dan detak jantung. Hasil pengukuran dari sensor kemudian dikirim ke mikrokontroler, yang dalam sistem ini menggunakan ESP8266 sebagai pusat pengendali. Mikrokontroler memproses data yang diterima dari sensor lalu mengirimkannya ke modul WiFi yang terintegrasi. Modul WiFi berfungsi untuk menghubungkan sistem dengan jaringan internet, sehingga data dapat ditransmisikan secara real-time. Setelah itu, data tersebut ditampilkan melalui aplikasi Blynk yang terinstal di smartphone pengguna. Dengan aplikasi ini, pengguna dapat memantau kondisi kesehatannya langsung dalam bentuk grafik, angka digital, atau indikator visual lainnya. Sistem ini memungkinkan proses pemantauan terjadi secara otomatis tanpa perlu dilakukan pengukuran secara manual. Selain itu, penggunaan teknologi IoT juga memungkinkan sistem beroperasi secara jarak jauh, real-time, dan efisien dalam mendeteksi gejala hipoksia sejak dini.

B. Blok Diagram Software Blynk

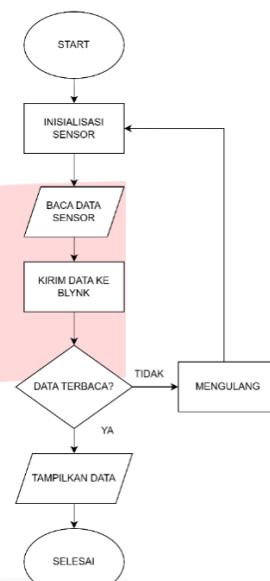


BLOK DIAGRAM DARI BLYNK

Pada Gambar 8 menunjukkan tahapan sistem dalam melakukan proses pengiriman data sensor ke aplikasi pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT), yaitu Blynk. Diagram ini menggambarkan alur proses mulai dari instalasi perangkat keras hingga data ditampilkan di aplikasi. Proses diawali dengan instalasi sensor MAX30100 dan mikrokontroler ESP8266. Sensor MAX30100 digunakan untuk mengukur parameter fisiologis berupa kadar oksigen dalam darah (SpO_2) dan detak jantung, sedangkan ESP8266 berfungsi sebagai pusat pengendali dan pengirim data. Setelah instalasi selesai, sistem masuk ke tahap pembacaan data oleh mikrokontroler. Data yang diterima dari sensor kemudian dikirim oleh ESP8266 menggunakan fitur konektivitas nirkabel yang sudah terintegrasi. Sebelum data sampai ke aplikasi, sistem melakukan proses koneksi ke

jaringan Wi-Fi sebagai jalur komunikasi utama. Setelah koneksi berhasil, data dikirimkan menuju aplikasi Blynk, di mana pengguna dapat memantau hasil pembacaan sensor secara real-time melalui tampilan grafik atau nilai digital. Proses ini berlangsung secara otomatis dan berulang, sehingga memungkinkan sistem untuk memberikan pemantauan kesehatan secara terus-menerus dan jarak jauh.

C. Flowchart Sistem

GAMBAR 9
CARA KERJA SISTEM IOT

Gambar 9 menjelaskan alur kerja dari sistem pendekripsi gejala hipoksia yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Proses dimulai dengan menginisialisasi sensor, yaitu sensor MAX30100 yang digunakan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah serta detak jantung. Setelah sensor berhasil diinisialisasi, sistem mulai membaca data yang dihasilkan. Data yang terbaca kemudian dikirim ke platform Blynk melalui koneksi WiFi dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang terhubung ke jaringan internet. Setelah data dikirim, sistem akan memeriksa apakah data berhasil terbaca dan diterima oleh Blynk. Jika data tidak berhasil terbaca atau terjadi kesalahan dalam pengiriman, sistem akan kembali ke tahap awal untuk mengulang proses membaca dan mengirim data. Namun, jika data berhasil terbaca, informasi tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik atau nilai digital di aplikasi Blynk. Proses ini menunjukkan bahwa pengukuran telah dilakukan dengan sukses dan hasilnya dapat dilihat oleh pengguna secara langsung. Sistem ini dirancang untuk melakukan pemantauan secara otomatis dan terus menerus, dengan tujuan memberikan peringatan dini apabila terjadi kemungkinan gejala hipoksia, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil dari sistem deteksi gejala hipoksia yang dikembangkan dan diimplementasikan

berdasarkan kadar oksigen dan detak jantung menggunakan IoT secara real-time. Pengujian dilakukan untuk menentukan fungsi sistem, kinerja, dan akurasi berdasarkan desain yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil penelitian ini berfungsi sebagai panduan untuk mengevaluasi efektivitas, efisiensi, dan keandalan sistem saat digunakan dalam situasi nyata, baik di lingkungan rumah, tempat umum, maupun di luar fasilitas medis. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat menyediakan data real-time mengenai kadar oksigen dalam darah (SpO_2) dan detak jantung (BPM) melalui *Internet of Things* (IoT) guna mendukung deteksi hipoksia yang akurat dan tepat waktu.

A. Pengujian 1: akurasi error

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran sebanyak 15 kali terhadap masing-masing parameter SpO_2 dan BPM pada partisipan yang berbeda, guna memperoleh data yang representatif dalam menilai akurasi sistem. Setiap kondisi diuji, mulai dari nilai normal hingga mild hypoxia, untuk mengetahui performa alat dalam berbagai situasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata error pengukuran sebesar 2,5% untuk SpO_2 dan 4,8% untuk BPM, yang masih berada dalam batas toleransi untuk alat monitoring non-invasif berbasis IoT. Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan sistem dapat memberikan hasil pengukuran yang konsisten dan akurat dalam kondisi nyata.

1. Pengujian akurasi error

TABEL 1.
PENGUJIAN AKURASI ERROR

Jenis Kelamin	SpO_2 (Prototipe)	BPM (Prototipe)	SpO_2 (GE A)	BPM (GE A)	Error (%) SpO_2	Error (%) BPM	Hasil
P	96	147	100	157	4.0 %	6.4%	Normal
L	99	102	99	107	0.0 %	4.7%	Normal
L	97	115	99	105	2.0 %	9.5%	Normal
L	95	80	99	81	4.0 %	1.2%	Normal
L	95	98	97	105	2.1 %	6.7%	Normal
L	94	128	93	121	1.1 %	5.8%	Mild hypoxia
L	98	117	99	113	1.0 %	3.5%	Normal
P	93	93	91	95	2.2 %	2.1%	Mild hypoxia
P	93	103	86	100	8.1 %	3.0%	Mild hypoxia
L	96	104	97	108	1.0 %	3.7%	Normal

P	93	95	93	100	0.0 %	5.0%	Mild hypoxia
P	100	96	99	100	1.0 %	4.0%	Normal
P	95	85	100	80	5.0 %	6.3%	Normal
L	90	129	95	126	5.3 %	2.4%	Normal
P	95	100	94	109	1.1 %	8.3%	Normal
Rata-rata					2.5 %	4.8%	

B. Pengujian 2: Pengambilan data QoS

Proses pengujian dilakukan dengan mengukur parameter *Quality of Service* (QoS), khususnya dalam aspek delay dari perangkat. Pengambilan data dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan mengamati waktu tunda (delay) yang terjadi antara proses pengiriman dan penerimaan data. Hasil pengujian ini direkam dalam satuan detik (s) dan milidetik (ms), sebagaimana ditampilkan pada tabel. Berdasarkan data tersebut, analisis dilakukan untuk menilai stabilitas dan efisiensi sistem komunikasi perangkat, serta untuk mengklasifikasikan tingkat delay berdasarkan kategori standar QoS.

1. Hasil Data pengujian QoS (*Quality of Service*)

TABEL 2.
PENGUJIAN QOS

Percobaan	Delay Alat (s)	Delay Alat (ms)
1	0,000048	0,048
2	0,000091	0,091
3	0,014835	14,835
4	0,000049	0,049
5	0,011069	11,069
6	0,000065	0,065
7	0,003459	3,459
8	0,002405	2,405
9	0,032509	32,509
10	0,027978	27,978
11	0,000147	0,147
12	0,004147	4,147

13	0,00046	0,460
14	0,036631	36,631
15	0	0,000

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, sistem deteksi gejala hipoksia berbasis IoT ini berhasil dibangun dengan menggunakan sensor MAX30100 untuk membaca detak jantung dan kadar oksigen (SpO_2) secara simultan. Mikrokontroler ESP8266 berperan sebagai pusat kendali utama dan penghubung ke jaringan internet, memungkinkan data yang diperoleh dari sensor dikirim secara real-time ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi internal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses akuisisi, pengolahan, dan pengiriman data berlangsung dengan cepat dan akurat, serta menunjukkan tingkat kesalahan yang sangat kecil jika dibandingkan dengan alat medis standar. Sistem ini dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan, terutama bagi pengguna tanpa latar belakang medis, dengan antarmuka aplikasi Blynk yang sederhana dan visualisasi data yang mudah dipahami. Melalui sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi tubuh secara mandiri dan real-time menggunakan perangkat smartphone, sehingga memberikan manfaat signifikan dalam pemantauan kesehatan pribadi.

REFERENSI

- [1] A. W. Naviaddin, B. H. Prasitio, and R. Primananda, "Sistem Identifikasi Kesehatan Berdasarkan Detak Jantung, Kadar Oksigen, dan Suhu Tubuh Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 5, pp. 1003–1014, 2023, doi: 10.25126/jtiik.2023106956.
- [2] Imelda, F., S. Kep, and N. D. Dasar. "Oksigenasi dan Proses Keperawatan." *Universitas Sumatera Utara* (2009).
- [3] S. N. Nona, "Invited Review," *Restor. Neurol. Neurosci.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 1998, doi: 10.3233/rnn-1998-00016.
- [4] M. S. Ummah, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019,
- [5] Depdiknas, *Pusat Perbukuan Depdiknas*. 2007. [Online]. Available: Bukupaket.com
- [6] F. Rozie, F. Hadary, and F. T. P. W, "Jumlah Denyut Nadi / Jantung Berbasis Android," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [7] A. Aprilia and T. S. Sollu, "SISTEM MONITORING REALTIME DETAK JANTUNG DAN KADAR OKSIGEN DALAM DARAH PADA MANUSIA BERBASIS IoT (INTERNET of THINGS)," *Foristek*, vol. 10, no. 2, pp. 95–103, 2021, doi: 10.54757/fs.v10i2.43.
- [8] S. Hidayatulah, A. M. R, and Darjat, "Perancangan Alat Pengukur Detak Jantung Dengan Sensor Fotodiode Berbasis Photoplethysmography (PPG) Menggunakan ATMega32A," *Transient*, vol. 4, no. 2, pp. 312–316, 2015.
- [9] S. D. Islamie, "Memantau Kondisi Pasien Isolasi Mandiri Covid-19 Dengan Menggunakan Sensor Max30100," *SinarFe7 (Seminar Nas. Fortel Reg. 7)*, pp. 478–480, 2019.
- [10] "Technical Reference," 2017.
- [11] R. Saputra and B. Yulianti, "Alat Pendekripsi Originalitas Baterai Tipe 18650 Berbasis Arduino Nano," *J. ...*, pp. 2–6, 2021, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/776%0Ahttps://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/viewFile/776/751>
- [12] U. M. D. E. C. D. E. Los, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title," pp. 21–27.
- [13] N. Kusumawati and R. Inggi, "Prototype Sistem Pengendali Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroler Menggunakan SMS," *Simkom*, vol. 6, no. 2, pp. 95–103, 2022, doi: 10.51717/simkom.v6i2.87.
- [14] D. A. Jakarta and M. R. Fauzi, "Aplikasi Smartphone Dengan Perintah Suara Untuk Mengendalikan Saklar Listrik Menggunakan Arduino," *JUTEKIN (Jurnal Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 1, 2020, doi: 10.51530/jutekin.v8i1.462.
- [15] A. Rofii, S. Gunawan, and A. Mustaqim, "RANCANG BANGUN SISTEM PENGAMAN PINTU GUDANG BERBASIS Internet of Things (IoT) DAN SENSOR Fingerprint," vol. 2, pp. 70–76, 2022.
- [16] Haries Anom Susetyo Aji Nugroho, Sonhaji, and Andika Chandra Prasetyo, "Evaluasi Kinerja Jaringan WiFi Mahasiswa: Analisis Throughput, Delay, Jitter, dan Packet loss," *Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 23–27, 2024.
- [17] R. F. Aswariza, D. Perdana, and R. M. Negara, "Analisis Throughput Dan Skalabilitas Virtualized Network Function VyOS Pada Hypervisor VMWare ESXi, XEN, DAN KVM," *J. Infotel*, vol. 9, no. 1, p. 70, 2017, doi: 10.20895/infotel.v9i1.173.
- [18] H. Adi Saputra and G. Mahendra Saputra, "Analisis QOS Jaringan 4G Dengan Menggunakan Aplikasi Wireshark," *Pros. Semin. Nas. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no.

1, pp. 13–18, 2020.

