

Monograf

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI IOT

DI INFANT WARMER



Ekha Rifki Fauzi, Noor Alis Setiyadi, Angger Maharesi

— 2023

MONOGRAF : IMPLEMENTASI TEKNOLOGI IOT DI INFANT WARMER

Ekha Rifki Fauzi
Angger Maharesi
Noor Alis Setiyadi



MONOGRAF : IMPLEMENTASI TEKNOLOGI IOT DI INFANT WARMER

Penulis : Ekha Rifki Fauzi, Angger Maharesi,
Noor Alis Setiyadi

Editor : Arip Febrianto

Layout : Nofi Rini Dyah Sulistyaningsih

Cover : Nofi Rini Dyah Sulistyaningsih

Cetakan Pertama, November 2023

16 cm x 24 cm + viii + 51

ISBN : 978-623-7668-94-7

Penerbit :

UPY Press

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat

Unit 1 Gedung B Lantai 2

Jl. PGRI I Sonosewu No. 117 Yogyakarta

Telp (0274) 376808, 373198,418077, Fax (0274) 376808

Email: upypress@gmail.com

Web: upypress.upy.ac.id

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulisan ini tanpa izin tertulis dari

Penerbit

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur alhamdulillah kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku monograf yang berjudul “Implementasi Teknologi IoT di Infant Warmer”.

Buku monograf ini bertujuan sebagai tambahan referensi bagi para akademisi dan masyarakat pada umumnya dalam menambah khasanah ilmu pengetahuan khususnya tentang implementasi IoT pada alat medis.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan buku monograf ini, maka sangat dibutuhkan kritik dan saran demi kesempurnaannya.

Terakhir, semoga buku monograf ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN BALIK JUDUL	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I INFANT WARMER DAN KESEHATAN BAYI.....	1
A. Infant warmer.....	1
B. Kebaharuan <i>problem solving</i>	2
BAB II INTERNET OF MEDICAL THINGS DAN INFANT WARMER	3
2.1 Internet of Things (IoMT), dan Infant Warmer	3
2.1.1 IoMT	3
2.1.2 Infant Warmer	4
2.1.3 ESP32.....	7
2.1.4 Sensor SpO ₂	10
2.1.5 Sensor DS18B20	14
BAB III PENDEKATAN KONSEP	18
3.1 Rangkaian menuju purwarupa	18
3.2 Batasan purwarupa yang dikembangkan	23
3.3 Diagram Blok.....	23
3.4 Diagram Alir.....	23
3.5 Alat dan Bahan.....	24
BAB IV PURWARUPA INFANT WARMER	26
4.1 Desain Paripurna Prototype Infant Warmer.....	26
4.2 Hasil Prototype Infant Warmer	27

4.3 Hasil Kalibrasi Infant Warmer.....	42
4.3.1. Kalibrasi Sensor Suhu.....	42
4.3.2. Kalibrasi Pulse Rate & Sensor SpO ₂	44
4.4 Pembahasan	45
BAB V PENGEMBANGAN BERKELANJUTAN	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Kerja Sensor SpO ₂	13
Gambar 2. Skema Kerja Sensor DS18B20.....	17
Gambar 3. Kerangka Kerja (Sugiyono, 2016).....	18
Gambar 4. Sistem IoT Infant Warmer.....	19
Gambar 5. Wiring Alat Infant Warmer	19
Gambar 6. Desain Prototype Infant Warmer.....	21
Gambar 7 Diagram Blok	23
Gambar 8. Diagram Alir.....	23
Gambar 9. Alat Pembanding Sensor SpO ₂	24
Gambar 10. Alat Pembanding Sensor Suhu	25
Gambar 11. Prototype Infant Warmer dengan IoT	26
Gambar 12. Final Prototype Infant Warmer.....	27
Gambar 13. Hasil Kalibrasi Sensor Suhu.....	42
Gambar 14. Hasil Kalibrasi Sensor SpO ₂	44
Gambar 15. Uji IoT	45
Gambar 16. Uji Suhu Heater	47
Gambar 17. Uji Saturasi Oksigen.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Saturasi Oksigen	40
Tabel 2. Hasil Sensor Denyut Nadi	40
Tabel 3. Hasil Sensor Suhu	41

BAB I INFANT WARMER DAN KESEHATAN BAYI

A. Infant warmer

Hipotermia telah dikaitkan dengan peningkatan mortalitas dan morbiditas pada bayi baru lahir (Patodia et al., 2021),(Perlman et al., 2015). Secara khusus, hipotermia neonatal secara luas diakui sebagai salah satu penyebab terbesar mortalitas dan morbiditas, terutama di antara bayi baru lahir yang paling miskin di dunia. Prevalensi hipotermia memiliki persentase antara 11%-92% di masyarakat, dan 8%-85% di rumah sakit, terutama di negara berkembang. Dalam alat infant warmer lain dari India, kasus hipotermia mencapai 37% dari hipotermia sedang pada bayi baru lahir di Unit Perawatan Intensif Neonatal (Lunze et al., 2013; N et al., 2008). Hal ini disebabkan oleh suhu tubuh dan kulit bayi yang menurun antara 0,1°C-0,3°C per menit setelah bayi lahir. Kejadian ini dapat dicegah dengan menggunakan penghangat bayi sebagai perawatan pertama untuk menjaga suhu tubuh (Mccall et al., 2018; WHO, 2016).

Hipotermia mudah terjadi pada bayi baru lahir karena mereka tidak dapat mengatur suhu tubuhnya, tidak seperti orang dewasa. Risikonya lebih besar, semakin prematur, dan semakin kecil bayi yang baru lahir. Bayi prematur akan mudah mengalami hipotermia karena faktor lingkungan (suhu ruang bersalin yang rendah) dan faktor fisik (kontrol vasomotor yang buruk, kulit yang belum matang dengan stratum korneum yang minimal, rasio luas permukaan kulit terhadap volume tubuh yang lebih besar, kandungan lemak subkutan yang lebih sedikit, dan kurangnya termogenesis yang tidak menggigil) (Cramer et al., 2005; Knobel et al., 2009). Konsekuensi dari hipotermia dapat menyebabkan berbagai penyakit, termasuk gangguan fungsi organ tubuh, gangguan pernapasan, dan peningkatan risiko infeksi (De Almeida et al., 2014; Sousa et al., 2017). Selain itu, hipotermia neonatal sering didefinisikan sebagai suhu tubuh <36°C dan telah dikaitkan dengan kematian yang tinggi di antara bayi prematur (Laptook et al., 2018).

Bayi baru lahir memiliki risiko tinggi terhadap berbagai masalah kesehatan karena tubuh bayi baru lahir masih rentan sehingga membutuhkan alat kesehatan untuk mendukung kehidupan pertamanya. Alat medis tersebut adalah penghangat bayi yang dapat memberikan lingkungan hidup bagi bayi baru lahir seperti di dalam rahim. Memang, penghangat bayi adalah peralatan penyelamat & pendukung kehidupan yang digunakan untuk memberikan lingkungan suhu yang dibutuhkan oleh tubuh bayi yang baru lahir (Hutagaol et al., 2014).

Penghangat bayi telah mengalami perkembangan di bidang teknologi. Beberapa alat infant warmer telah menciptakan inovasi untuk penghangat bayi. Salah satunya adalah penghangat bayi dengan fototerapi yang menggunakan

Arduino Uno, LCD, sensor suhu LM35, dan sensor termistor dengan pengaturan suhu 32°C hingga 37°C (Pratiwi et al., 2019). Selain itu, alat infant warmer lain juga menyematkan sistem PID dengan uji coba menggunakan sensor DHT 22 & sensor LM 35 sebagai sensor kulit (Widhiada et al., 2019). Kemudian, ada penghangat bayi pintar yang menggunakan PID Controller dan menyematkan sensor DHT 11 sebagai sensor suhu dan sensor LM 35 sebagai sensor kulit (Z.A et al., 2019). Selain itu, ada alat infant warmer terbaru yang menciptakan penghangat bayi pintar menggunakan LM 35 sebagai sensor suhu, DS18B20 sebagai sensor suhu kulit, dan sistem kontrol PID untuk menstabilkan suhu (Sharma & Singh, 2021a). Kekurangan dari alat infant warmer ini adalah masih bersifat manual untuk pemantauan pasien. Selain itu, dibutuhkan sebuah alat yang dapat memonitoring secara real-time dan jarak jauh pada indikator suhu tubuh pasien.

Berdasarkan hasil identifikasi di atas, penulis telah mengembangkan penghangat bayi cerdas dengan IoT (Internet of Things). Hal ini memudahkan tenaga medis dalam memantau pasien. Alat ini dapat memantau bayi baru lahir secara real time melalui gadget. Alat ini tidak hanya memonitor suhu tubuh pasien tetapi juga tingkat saturasi oksigen. Inilah yang membedakannya dengan alat penghangat bayi sebelumnya. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh dan real-time. IoT juga dapat meningkatkan sistem keselamatan pasien yang lebih baik daripada segmen pencegahan. Teknologi ini dapat menjadi pilihan yang baik untuk kekurangan dari perkembangan sebelumnya. Tujuan dari alat infant warmer ini adalah untuk menciptakan penghangat bayi pintar dalam memantau suhu dan tingkat saturasi oksigen pada bayi baru lahir secara real-time. Pemantauan ini mendeteksi perubahan suhu tubuh pasien dan tingkat saturasi oksigen. Hal ini dapat meningkatkan jadwal intervensi dan mengurangi potensi risiko perubahan tersebut terhadap kondisi pasien. Alat ini menggunakan sensor SpO₂ sebagai sensor tingkat saturasi oksigen, sensor kulit sebagai sensor suhu tubuh, dan OLED sebagai tampilan digital. Sensor SpO₂ bertujuan agar perawat dapat mengetahui tingkat saturasi oksigen pada bayi baru lahir dan sensor kulit bertujuan untuk mengetahui suhu tubuh bayi baru lahir. Kontribusi dari pengembangan ini adalah untuk meningkatkan tingkat akurasi, meningkatkan penggunaan alat, dan kemampuan pemantauan pasien dari jarak jauh oleh tenaga medis.

B. Kebaharuan *problem solving*

Bagaimana caranya untuk monitoring tingkat saturasi oksigen dan suhu tubuh bayi di *Infant warmer* secara *real-time* dan otomasi lalu interaksi dokter dan petugas medis secara langsung dengan sistem *IoT* yang terpasang pada alat *Infant warmer* dan *history* pembacaan sensor suhu dan saturasi oksigen.

BAB II INTERNET OF MEDICAL THINGS DAN INFANT WARMER

2.1 Internet of Things (IoMT), dan Infant Warmer

2.1.1 IoMT

2.2.1.1 Pengertian IoMT

Internet of Medical Things (IoMT) adalah konsep di mana perangkat medis yang terhubung dengan internet digunakan untuk mengumpulkan, mentransmisikan, dan menganalisis data kesehatan secara real-time. IoMT merupakan bagian dari Internet of Things (IoT) yang khusus diterapkan dalam bidang medis dan kesehatan. Teknologi ini memungkinkan perangkat medis untuk terhubung dengan jaringan, berkomunikasi satu sama lain, dan dengan sistem kesehatan, serta memfasilitasi pemantauan dan pengumpulan data kesehatan secara efisien. Beberapa contoh perangkat medis yang termasuk dalam kategori IoMT antara lain (Joyia et al., 2017):

- a) Alat Monitoring Pasien: Misalnya, detektor denyut jantung, pemantau glukosa darah, alat ukur tekanan darah, dan perangkat pemantauan tidur. Perangkat ini dapat mengirim data kesehatan pasien secara berkala atau dalam waktu nyata ke sistem informasi kesehatan.
- b) Alat Medis Pemantau: Alat medis yang dikenakan oleh pasien atau ditanam di dalam tubuh untuk pemantauan jangka panjang. Contoh termasuk alat pacu jantung yang terhubung ke jaringan, sensor dalam tubuh yang mengirim data kesehatan seperti suhu tubuh atau tingkat insulin.
- c) Robot Medis: Robot yang dilengkapi dengan teknologi medis, misalnya robot bedah yang dapat dikendalikan oleh tenaga medis dari lokasi jauh.
- d) Aplikasi Kesehatan: Aplikasi seluler yang menghubungkan pasien dengan penyedia layanan kesehatan, seperti aplikasi untuk mengingatkan pasien tentang jadwal minum obat, memonitor asupan kalori, atau untuk konsultasi kesehatan jarak jauh.

Keuntungan dari Internet of Medical Things (Jain et al., 2021):

- a) Pemantauan Kesehatan Berkelanjutan: IoMT memungkinkan pemantauan kesehatan yang berkelanjutan dan real-time, terutama untuk pasien dengan kondisi medis kronis. Hal ini dapat membantu dalam mendeteksi perubahan kondisi kesehatan lebih awal dan mengambil tindakan pencegahan yang sesuai.
- b) Efisiensi dalam Pelayanan Kesehatan: Dengan menggunakan perangkat terkoneksi, data kesehatan pasien dapat diakses dengan lebih mudah oleh tenaga medis, memungkinkan diagnosis yang lebih tepat dan perawatan yang lebih terarah.

- c) Pengurangan Biaya: Dengan memantau pasien jarak jauh, IoMT dapat membantu mengurangi biaya perawatan kesehatan, termasuk biaya kunjungan rutin ke rumah sakit atau klinik.
- d) Inovasi dan Pengembangan: IoMT membuka pintu bagi inovasi baru dalam teknologi medis dan alat kesehatan yang lebih canggih, seperti penggunaan kecerdasan buatan untuk menganalisis data kesehatan secara otomatis. Namun, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi dalam penerapan IoMT, seperti masalah keamanan dan privasi data, standarisasi komunikasi antar perangkat, serta menghadapi resistensi dari beberapa pihak yang mungkin kurang percaya terhadap teknologi medis terkoneksi. Oleh karena itu, perlu adanya kerja sama antara penyedia layanan kesehatan, pengembang teknologi, dan regulator untuk mengatasi masalah ini dan memastikan penggunaan IoMT yang aman dan bermanfaat dalam dunia kesehatan

2.1.2 Infant Warmer

2.1.2.1 Pengertian Infant Warmer

Infant warmer, juga dikenal sebagai inkubator bayi, adalah alat medis yang dirancang untuk memberikan lingkungan hangat dan stabil kepada bayi yang baru lahir atau bayi yang memerlukan perawatan khusus. Alat ini berfungsi untuk menjaga suhu tubuh bayi agar tetap sesuai dengan suhu tubuh normalnya (sekitar 36,5°C hingga 37,5°C) dan mencegahnya mengalami hipotermia, terutama pada bayi prematur atau bayi yang lahir dengan berat badan rendah. Komponen utama dari infant warmer biasanya meliputi (Nampira et al., 2021):

- a) Tempat tidur: Area di mana bayi ditempatkan dan merasa nyaman. Tempat tidur ini biasanya dilengkapi dengan beberapa fitur, seperti sensor suhu, kain lembut, dan berbagai opsi posisi untuk menyesuaikan bayi agar tetap nyaman.
- b) Sistem pengatur suhu: Infant warmer dilengkapi dengan sistem pemanas dan pengontrol suhu yang canggih. Sensor suhu akan mendeteksi perubahan suhu dalam inkubator, dan sistem pemanas akan diatur untuk menjaga suhu lingkungan yang diinginkan.
- c) Mode udara: Beberapa infant warmer memiliki sistem sirkulasi udara untuk membantu mengatur suhu secara merata di seluruh inkubator. Fitur ini membantu menghindari titik panas atau dingin yang berlebihan.
- d) Bagian atas transparan: Sebagian besar inkubator dilengkapi dengan bagian atas transparan dari kaca atau plastik yang kuat sehingga memungkinkan tenaga medis untuk mengamati bayi dengan jelas tanpa membuka inkubator.
- e) Sistem monitor dan peringatan: Infant warmer sering dilengkapi dengan monitor suhu dan peringatan suara atau visual yang akan berbunyi jika suhu lingkungan berada di luar rentang yang aman.

- f) Akses pintu atau jendela: Infant warmer memiliki akses pintu atau jendela yang memungkinkan tenaga medis untuk dengan mudah mencapai bayi dan memberikan perawatan yang diperlukan tanpa mengganggu lingkungan hangat di dalam inkubator. Penggunaan infant warmer sangat penting dalam perawatan bayi yang rentan dan memerlukan perawatan khusus. Alat ini membantu mengurangi risiko hipotermia dan memberikan kondisi yang lebih stabil bagi bayi untuk tumbuh dan berkembang. Selain itu, infant warmer juga dapat digunakan dalam situasi medis darurat ketika bayi mengalami kesulitan pernapasan atau memerlukan pemantauan intensif.

2.1.2.2 Fungsi Infant Warmer

Fungsi utama Infant Warmer adalah untuk menciptakan kondisi lingkungan yang mirip dengan lingkungan rahim, sehingga membantu bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan untuk beradaptasi dengan dunia di luar rahim dengan lebih baik. Berikut adalah beberapa fungsi dan manfaat utama dari Infant Warmer (Uwamariya et al., 2021):

- a) Pengaturan Suhu: Infant Warmer memungkinkan pengaturan suhu yang tepat dan stabil, yang sangat penting untuk bayi prematur yang belum dapat mengatur suhu tubuh mereka sendiri dengan baik. Suhu lingkungan yang terkontrol membantu mencegah hipotermia dan hipertensi pada bayi.
- b) Pemulihan Panas: Bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan cenderung kehilangan panas tubuh dengan cepat. Infant Warmer membantu menjaga panas tubuh mereka dan mencegah hipotermia, yang merupakan masalah kesehatan serius pada bayi yang rentan.
- c) Monitoring Suhu: Infant Warmer dilengkapi dengan sensor suhu yang memungkinkan petugas medis untuk memantau suhu tubuh bayi secara terus-menerus dan menyesuaikan pengaturan suhu lingkungan jika diperlukan.
- d) Akses Medis: Infant Warmer biasanya memiliki akses yang mudah bagi petugas medis untuk merawat dan memantau bayi. Ini termasuk akses untuk intubasi, perawatan ventilasi, pemantauan detak jantung, dan pemberian obat-obatan jika diperlukan.
- e) Pengurangan Stres: Infant Warmer menciptakan lingkungan yang hangat dan aman, yang dapat membantu mengurangi stres dan ketidaknyamanan bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan.
- f) Meminimalkan Risiko Infeksi: Inkubator bayi juga membantu melindungi bayi dari risiko infeksi, karena memberikan lingkungan yang terisolasi dan steril. Memfasilitasi Perawatan: Infant Warmer menyediakan ruang yang cukup bagi petugas medis untuk memberikan perawatan yang tepat dan khusus bagi bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan, termasuk perawatan yang intensif.

- g) Pengendalian Kelembaban: Beberapa model Infant Warmer dapat mengendalikan kelembaban di dalam inkubator, yang membantu menjaga kelembaban optimal untuk kesehatan bayi. Infant Warmer merupakan alat penting dalam perawatan neonatal dan dapat menyelamatkan nyawa bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan yang membutuhkan bantuan ekstra untuk bertahan hidup.

2.1.2.3 Tujuan Infant Warmer

Tujuan penggunaan Infant Warmer, atau Inkubator Bayi, adalah untuk menciptakan lingkungan yang hangat dan stabil bagi bayi prematur atau bayi yang baru lahir dengan berat badan rendah. Penggunaan Infant Warmer bertujuan untuk memberikan perawatan intensif dan perlindungan bagi bayi yang masih sangat rentan dan belum siap untuk menghadapi lingkungan di luar rahim. Berikut adalah beberapa tujuan utama dari penggunaan Infant Warmer (Silalahi et al., 2021):

- a) Pemeliharaan Suhu Tubuh yang Stabil: Bayi prematur atau bayi dengan berat badan rendah belum memiliki kemampuan untuk mengatur suhu tubuh mereka sendiri dengan baik. Penggunaan Infant Warmer bertujuan untuk menjaga suhu tubuh bayi agar tetap stabil, mencegah hipotermia (suhu tubuh yang terlalu rendah) dan masalah kesehatan lain yang disebabkan oleh fluktuasi suhu tubuh.
- b) Mencegah Hipotermia dan Komplikasi: Inkubator bayi membantu mencegah hipotermia, yang dapat menyebabkan pernapasan yang buruk, perubahan tekanan darah, dan gangguan pada sistem sirkulasi bayi. Suhu lingkungan yang dikendalikan secara ketat dalam Infant Warmer membantu mencegah masalah kesehatan serius akibat suhu tubuh yang terlalu rendah.
- c) Melindungi dari Infeksi dan Kontaminasi: Infant Warmer memberikan lingkungan yang terisolasi dan steril untuk bayi, membantu melindungi mereka dari risiko infeksi dan kontaminasi yang dapat membahayakan kesehatan mereka yang masih sangat rentan.
- d) Membantu Perawatan Medis: Penggunaan Infant Warmer memfasilitasi perawatan medis bagi bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan. Inkubator bayi menyediakan akses yang mudah bagi petugas medis untuk melakukan tindakan medis seperti intubasi, ventilasi, pemberian obat, dan pemantauan vital bayi.
- e) Mengurangi Stres: Lingkungan yang hangat dan aman yang diciptakan oleh Infant Warmer membantu mengurangi stres dan ketidaknyamanan bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan, sehingga membantu dalam pemulihan dan pertumbuhan mereka.
- f) Memfasilitasi Pertumbuhan dan Perkembangan: Infant Warmer membantu menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan

bayi prematur atau bayi dengan berat badan rendah. Suhu yang stabil dan perlindungan dari lingkungan luar membantu bayi untuk beradaptasi dengan dunia di luar rahim dengan lebih baik.

- g) Perawatan dan Pengawasan Intensif: Penggunaan Infant Warmer memungkinkan perawatan dan pengawasan intensif bagi bayi yang membutuhkan perhatian ekstra, memastikan mereka mendapatkan perawatan yang sesuai dengan kebutuhan khusus mereka. Tujuan utama penggunaan Infant Warmer adalah memberikan perawatan medis yang intensif dan melindungi bayi prematur atau bayi dengan masalah pernapasan agar mereka dapat bertahan hidup, tumbuh, dan berkembang dengan baik.

2.1.3 ESP32

2.1.3.1 Pengertian ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang populer yang dikembangkan oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini didasarkan pada arsitektur Xtensa LX6 yang kuat dan memiliki kemampuan yang sangat serbaguna, membuatnya menjadi pilihan yang populer untuk berbagai aplikasi, termasuk Internet of Things (IoT) dan proyek-proyek embedded systems. Berikut adalah beberapa fitur dan spesifikasi utama dari ESP32 (Pravalika & Rajendra Prasad, 2019):

- a) Dua Core CPU: ESP32 dilengkapi dengan dua core Xtensa LX6, yang memungkinkan pemrosesan paralel dan kinerja yang tinggi dalam berbagai tugas.
- b) Wi-Fi dan Bluetooth: ESP32 memiliki modul Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, memungkinkannya untuk berkomunikasi nirkabel dan terhubung dengan jaringan Wi-Fi serta perangkat Bluetooth lainnya. Hal ini membuatnya sangat cocok untuk aplikasi IoT dan proyek komunikasi data nirkabel.
- c) Ultra-Low Power Consumption: Salah satu kelebihan ESP32 adalah konsumsi daya yang rendah, terutama dalam mode sleep atau deep sleep. Fitur ini sangat berguna dalam aplikasi baterai yang membutuhkan masa pakai baterai yang lebih lama.
- d) GPIO (General Purpose Input/Output): ESP32 memiliki banyak pin GPIO yang dapat diprogram untuk berbagai fungsi, seperti input, output, PWM (Pulse Width Modulation), I2C, SPI, dan banyak lagi. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menghubungkan ESP32 dengan berbagai sensor dan perangkat eksternal.
- e) Analog-to-Digital Converter (ADC): ESP32 memiliki beberapa saluran ADC, yang memungkinkannya untuk mengukur sinyal analog dan mengkonversikannya menjadi nilai digital.

- f) Memori: ESP32 memiliki RAM yang cukup besar untuk ukuran mikrokontroler, yang berguna untuk menjalankan berbagai tugas secara bersamaan.
- g) Secure Boot: ESP32 mendukung boot yang aman, yang memastikan hanya kode yang ditandatangani yang dapat dieksekusi, meningkatkan keamanan pada tingkat perangkat keras.
- h) Peripherals: ESP32 menyediakan berbagai peripheral seperti UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), SPI (Serial Peripheral Interface), I2S (Inter-IC Sound), dan banyak lagi, yang membuatnya dapat terhubung dengan berbagai jenis perangkat.
- i) Development Environment: ESP32 dapat diprogram dengan berbagai bahasa pemrograman, termasuk bahasa C dan C++. Espressif menyediakan SDK (Software Development Kit) resmi mereka untuk memudahkan pengembangan perangkat lunak. ESP32 telah digunakan secara luas dalam berbagai proyek, termasuk perangkat IoT, perangkat portabel, automasi rumah, sensor monitoring, dan banyak lagi. Kemampuannya yang serbaguna, dukungan yang luas dari komunitas, serta harga yang terjangkau membuatnya menjadi pilihan populer bagi para pengembang dan hobiis dalam berbagai bidang

2.1.3.2 Fungsi ESP32

ESP32 adalah sebuah mikrokontroler yang memiliki berbagai fungsi yang serbaguna dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari ESP32 (Babiuch et al., 2019):

- a) Internet of Things (IoT): Salah satu fungsi utama ESP32 adalah sebagai platform IoT yang kuat. Dengan dukungan built-in untuk Wi-Fi dan Bluetooth, ESP32 memungkinkan perangkat terhubung dengan internet dan berkomunikasi dengan perangkat lain, seperti perangkat seluler, server, atau platform cloud. Hal ini memungkinkan pengembangan dan implementasi aplikasi IoT yang canggih dan kompleks.
- b) Aplikasi Nirkabel: Berkat fitur Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, ESP32 dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi nirkabel yang beragam, seperti remote control, pemantauan jarak jauh, komunikasi data antar perangkat, dan lain-lain.
- c) Pengendalian Perangkat: ESP32 dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis perangkat elektronik, baik secara langsung melalui GPIO (General Purpose Input/Output) atau melalui protokol komunikasi seperti UART, I2C, atau SPI.
- d) Sensor Monitoring: ESP32 dapat berfungsi sebagai pusat pengumpulan data dari berbagai sensor, seperti sensor suhu, kelembaban, tekanan,

- cahaya, gerak, dan lain-lain. Data dari sensor-sensor ini dapat diolah dan dikirimkan ke server atau platform IoT untuk analisis lebih lanjut.
- e) Pengendalian Motor: ESP32 dapat digunakan untuk mengendalikan motor stepper atau motor DC, yang memungkinkan implementasi berbagai aplikasi seperti robotika, automasi, dan kontrol motor lainnya.
 - f) Gateway IoT: ESP32 dapat digunakan sebagai gateway atau penghubung antara perangkat IoT dengan internet atau jaringan lokal, memfasilitasi komunikasi dan akses data antara perangkat IoT dan platform cloud.
 - g) Display dan Interface: ESP32 dapat digunakan untuk mengontrol layar atau tampilan seperti OLED atau TFT, yang memungkinkan implementasi proyek dengan antarmuka pengguna yang lebih canggih.
 - h) Proyek Hobi Elektronik: ESP32 sering digunakan oleh para hobiis elektronik dalam berbagai proyek kreatif, mulai dari automasi rumah, lampu pintar, jam alarm cerdas, hingga proyek-proyek robotika dan kendaraan terkontrol.
 - i) Prototyping dan Pengembangan: ESP32 adalah pilihan populer untuk pengembangan dan prototyping perangkat elektronik dan IoT, berkat kemudahan dalam penggunaan, dokumentasi yang kaya, dan dukungan yang luas dari komunitas pengguna.

Fungsi-fungsi yang serbaguna dan kemampuan koneksi nirkabelnya membuat ESP32 menjadi platform yang kuat dan populer untuk berbagai proyek dan aplikasi elektronik dan IoT.

2.1.3.3 Cara Kerja ESP32

Cara kerja ESP32 dapat dijelaskan sebagai berikut (Yevsieiev & Luchaninova, 2022):

- a) Mikrokontroler: ESP32 adalah sebuah sistem mikrokontroler dengan arsitektur dual-core Xtensa LX6. Mikrokontroler ini memiliki CPU dual-core yang dapat beroperasi pada kecepatan hingga beberapa ratus megahertz, yang memungkinkan eksekusi tugas yang kompleks dengan kecepatan tinggi.
- b) Memori: ESP32 memiliki memori internal untuk menyimpan program (Flash memory) dan data (RAM). Flash memory digunakan untuk menyimpan kode program yang akan dieksekusi oleh mikrokontroler, sementara RAM digunakan untuk menyimpan data sementara yang diperlukan selama eksekusi program.
- c) Komunikasi Nirkabel: ESP32 memiliki dukungan terintegrasi untuk Wi-Fi (802.11 b/g/n) dan Bluetooth (Classic dan BLE). Ini memungkinkan ESP32 untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi, berkomunikasi dengan perangkat lain melalui Bluetooth, dan berperan sebagai akses poin Wi-Fi.

- d) GPIO (General Purpose Input/Output): ESP32 dilengkapi dengan sejumlah pin GPIO yang dapat dikonfigurasi sebagai input atau output. Pin-pin ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk pengendalian perangkat eksternal, pembacaan dari sensor, atau interaksi dengan perangkat lain melalui protokol komunikasi seperti UART, I2C, atau SPI.
- e) Sumber Daya: ESP32 dapat diberdayakan melalui sumber daya eksternal seperti adaptor listrik atau baterai. Selain itu, beberapa modul ESP32 dilengkapi dengan pengatur daya yang efisien sehingga bisa memasuki mode sleep atau mode hemat daya lainnya ketika tidak digunakan untuk menghemat daya.
- f) Penggunaan SDK dan Bahasa Pemrograman: Untuk mengembangkan program untuk ESP32, pengguna dapat menggunakan berbagai SDK (Software Development Kit) yang disediakan oleh Espressif, produsen ESP32. Pengguna juga dapat memprogram ESP32 menggunakan bahasa pemrograman seperti Arduino IDE, Micropython, Lua, C/C++, dan lainnya.
- g) Prosesor WiFi: ESP32 memiliki prosesor WiFi yang memiliki kemampuan untuk mengelola koneksi Wi-Fi, mulai dari mengakses jaringan hingga mengirimkan dan menerima data melalui Wi-Fi.
- h) Prosesor Bluetooth: Selain itu, ESP32 juga memiliki prosesor Bluetooth yang memungkinkan koneksi Bluetooth Classic dan Low Energy (BLE), sehingga mendukung komunikasi dengan perangkat lain yang kompatibel dengan protokol Bluetooth.
- i) RTOS (Real-Time Operating System): ESP32 dapat dijalankan menggunakan FreeRTOS, yang merupakan sistem operasi real-time yang memungkinkan penjadwalan tugas yang canggih dan penerapan program yang lebih kompleks.

Dengan fitur-fitur di atas, ESP32 menjadi pilihan populer untuk berbagai aplikasi, seperti Internet of Things (IoT), pengendalian perangkat, automasi, proyek-proyek elektronik hobi, dan banyak lagi. Kemampuan komunikasi nirkabel dan kinerja tinggi dari ESP32 menjadikannya platform yang kuat dan serbaguna untuk proyek elektronik modern.

2.1.4 Sensor SpO₂

2.1.4.1 Pengertian SpO₂

Sensor SpO₂ (Pulse Oximeter) adalah sensor medis yang digunakan untuk mengukur tingkat oksigen dalam darah manusia. "SpO₂" adalah singkatan dari "Saturasi Perifer Oksigen" (Peripheral Oxygen Saturation) dan merupakan persentase dari hemoglobin yang terikat oksigen dalam darah arteri pada saat pengukuran. Cara kerja sensor SpO₂ umumnya melibatkan teknologi pengukuran absorbansi cahaya. Sensor ini biasanya ditempatkan di area tubuh yang memiliki sirkulasi darah yang baik, seperti ujung jari tangan, ujung jari

kaki, lobus telinga, atau ala hidung. Sensor SpO₂ menggunakan dua jenis cahaya yang berbeda: cahaya merah dan cahaya inframerah. Ketika cahaya merah dan cahaya inframerah dilewatkan melalui jari atau area yang diukur, sensor akan mendeteksi sejauh mana cahaya tersebut diserap oleh darah. Hemoglobin yang terikat oksigen akan menyerap cahaya inframerah lebih banyak daripada cahaya merah. Dengan mengukur perbedaan absorbansi cahaya merah dan cahaya inframerah, sensor SpO₂ dapat menghitung persentase saturasi oksigen dalam darah. Hasil pengukuran SpO₂ dinyatakan dalam bentuk persentase, misalnya, "SpO₂ 98%" berarti darah mengandung 98% oksigen yang terikat pada hemoglobin. Sensor SpO₂ sering digunakan dalam berbagai pengaturan medis, seperti rumah sakit, unit gawat darurat, dan area perawatan intensif. Penggunaan yang paling umum adalah untuk mengawasi pasien yang mengalami masalah pernapasan, kondisi kardiovaskular, atau kondisi medis lainnya yang mempengaruhi kadar oksigen dalam darah. Selain itu, sensor SpO₂ juga telah menjadi bagian penting dari perangkat kesehatan pribadi (seperti pulsera pintar atau smartwatch) yang memungkinkan pengguna untuk memantau kadar oksigen dalam darah mereka sendiri dengan mudah, yang semakin meningkatkan kesadaran akan kesehatan dan memungkinkan deteksi dini masalah kesehatan. Namun, penting untuk diingat bahwa hasil pengukuran dari sensor SpO₂ yang terintegrasi dalam perangkat kesehatan pribadi mungkin tidak seakurat perangkat medis profesional dan sebaiknya tidak digunakan untuk diagnosis medis yang serius (Janani et al., 2017).

2.1.4.2 Fungsi SpO₂

Sensor SpO₂ (Pulse Oximeter) memiliki fungsi utama untuk mengukur tingkat oksigen dalam darah manusia secara non-invasif. Fungsi ini sangat penting dalam bidang medis dan perawatan kesehatan, terutama dalam pemantauan dan evaluasi kondisi pasien. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari sensor SpO₂ (Puspitasari et al., 2020a):

- a) Pemantauan Tingkat Oksigen dalam Darah: Fungsi utama dari sensor SpO₂ adalah untuk mengukur dan memantau tingkat oksigen yang terikat pada hemoglobin dalam darah arteri. Sensor ini biasanya ditempatkan di area tubuh yang memiliki sirkulasi darah yang baik, seperti ujung jari tangan, ujung jari kaki, lobus telinga, atau ala hidung.
- b) Pemantauan Pasien yang Memerlukan Oksigenasi: Sensor SpO₂ sangat berguna dalam pemantauan pasien yang memerlukan bantuan oksigen, seperti pasien dengan gangguan pernapasan, kondisi paru-paru, atau pasien yang menjalani pemulihan setelah operasi.
- c) Penggunaan di Unit Gawat Darurat: Di unit gawat darurat, sensor SpO₂ digunakan untuk memantau kondisi pasien yang membutuhkan perhatian

- khusus terhadap tingkat oksigen dalam darah. Hal ini membantu dalam mendeteksi komplikasi dan memberikan penanganan cepat.
- d) Penggunaan di Area Perawatan Intensif: Di unit perawatan intensif, sensor SpO₂ sangat penting dalam pemantauan pasien yang mengalami kondisi kritis dan membutuhkan pemantauan terus-menerus terhadap tingkat oksigenasi.
 - e) Pemantauan Pasien dengan Gangguan Sistem Kardiovaskular: Sensor SpO₂ juga digunakan untuk memantau pasien dengan gangguan sistem kardiovaskular, seperti pasien dengan gagal jantung atau masalah sirkulasi darah lainnya.
 - f) Pemantauan Pasien Paska Operasi: Setelah operasi, sensor SpO₂ membantu pemantauan pemulihan pasien dan mendeteksi potensi masalah seperti hipoksia (kurangnya oksigen dalam jaringan tubuh).
 - g) Pemantauan Kualitas Tidur: Sensor SpO₂ juga dapat digunakan dalam pengukuran kualitas tidur, khususnya dalam mendeteksi gangguan pernapasan selama tidur, seperti sleep apnea.

Sensor SpO₂ telah menjadi salah satu alat medis yang paling penting dalam pemantauan pasien di berbagai pengaturan medis. Fungsinya yang kritis dalam mengukur tingkat oksigen dalam darah secara non-invasif membantu dalam mendeteksi dan mengatasi masalah kesehatan dengan cepat dan akurat.

2.1.4.3 Cara Kerja SpO₂

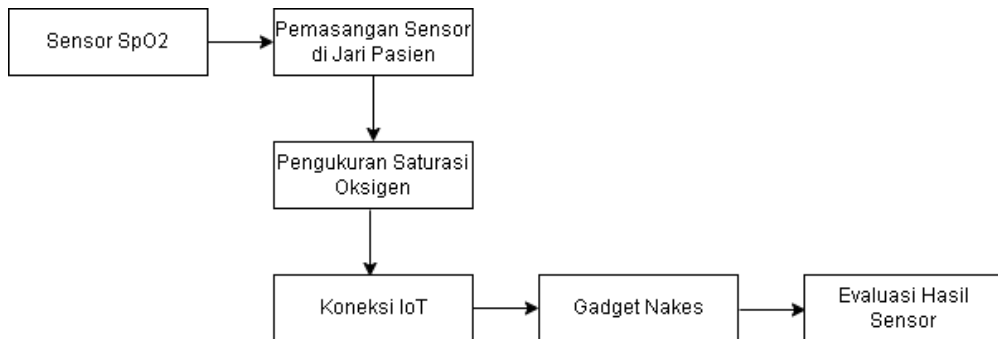
Sensor SpO₂ (Pulse Oximeter) bekerja berdasarkan prinsip pemantauan dan pengukuran absorpsi cahaya oleh hemoglobin dalam darah arteri. Berikut adalah cara kerja sensor SpO₂ secara lebih rinci (Utomo et al., 2019):

- a) Pemancaran Cahaya: Sensor SpO₂ menggunakan dua jenis cahaya yang berbeda, yaitu cahaya merah (red light) dan cahaya inframerah (infrared light). Dua cahaya ini dilewatkan melalui area tubuh yang memiliki sirkulasi darah yang baik, seperti ujung jari tangan, ujung jari kaki, lobus telinga, atau ala hidung. Biasanya, ujung jari adalah tempat paling umum untuk menempatkan sensor SpO₂.
- b) Absorpsi Cahaya oleh Hemoglobin: Ketika cahaya merah dan cahaya inframerah melewati area yang diukur, hemoglobin dalam darah akan menyerap cahaya ini secara berbeda tergantung pada seberapa banyak hemoglobin yang terikat dengan oksigen. Hemoglobin yang terikat dengan oksigen akan menyerap lebih banyak cahaya inframerah daripada cahaya merah, sedangkan hemoglobin yang tidak terikat dengan oksigen akan menyerap lebih banyak cahaya merah daripada cahaya inframerah.
- c) Deteksi Cahaya yang Terganti: Sensor SpO₂ mendeteksi intensitas cahaya yang melewati area yang diukur setelah dilewatkan melalui jaringan tubuh.

Berdasarkan perbedaan intensitas cahaya merah dan cahaya inframerah yang diterima oleh sensor, alat ini dapat menghitung persentase saturasi oksigen dalam darah arteri (SpO₂) dengan menggunakan rumus matematis tertentu.

- d) Konversi Sinyal ke Angka: Setelah mendeteksi perbedaan intensitas cahaya, sensor SpO₂ mengkonversi sinyal ini menjadi nilai digital yang mewakili SpO₂ atau persentase oksigen yang terikat pada hemoglobin dalam darah.
- e) Tampilan dan Pemantauan: Nilai SpO₂ yang dihitung oleh sensor dapat ditampilkan pada layar alat atau perangkat monitor yang terhubung dengannya. Hal ini memungkinkan petugas medis atau pasien untuk melihat hasil pembacaan suhu secara langsung.
- f) Pemantauan Terus-Menerus: Sensor SpO₂ biasanya digunakan untuk pemantauan terus-menerus, terutama pada pasien yang memerlukan perawatan intensif atau pasien yang mengalami masalah pernapasan. Pemantauan yang terus-menerus membantu dalam mendeteksi perubahan kondisi yang mungkin memerlukan tindakan medis lebih lanjut.

Cara kerja sensor SpO₂ yang sederhana dan non-invasif menjadikannya sangat berguna dalam pemantauan tingkat oksigen dalam darah pasien. Alat ini telah menjadi salah satu perangkat medis yang penting dalam lingkungan rumah sakit, unit gawat darurat, unit perawatan intensif, dan pengaturan medis lainnya.



Gambar 1. Skema Kerja Sensor SpO₂

2.1.5 Sensor DS18B20

2.1.5.1 Pengertian DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sebuah sensor suhu digital yang populer dan sering digunakan dalam proyek elektronik dan mikrokontroler. Sensor ini dapat memberikan pembacaan suhu dengan presisi tinggi dan memiliki antarmuka satu kabel, yang membuatnya mudah diintegrasikan ke dalam berbagai aplikasi. Berikut adalah beberapa karakteristik dan fitur utama dari Sensor DS18B20 (Fezari & Al Dahoud, 2019):

- a) Teknologi Sensor: DS18B20 menggunakan sensor suhu digital berbasis probe (pengukur suhu dengan memanfaatkan perubahan resistansi atau tegangan), yang membantu dalam memberikan pembacaan suhu yang akurat dan stabil.
- b) Presisi: Sensor DS18B20 memiliki presisi tinggi dalam mengukur suhu. Beberapa varian dari sensor ini mampu memberikan ketelitian dalam kisaran $0,1^{\circ}\text{C}$ hingga $0,5^{\circ}\text{C}$, tergantung pada varian yang digunakan.
- c) Antarmuka One-Wire: Salah satu keunggulan utama dari DS18B20 adalah antarmuka satu kabel (One-Wire Interface) yang dimilikinya. Antarmuka ini memungkinkan banyak sensor DS18B20 untuk dihubungkan ke satu pin mikrokontroler, menghemat pin I/O.
- d) Resolusi Suhu yang Dapat Dikonfigurasi: Sensor DS18B20 memungkinkan konfigurasi resolusi suhu yang berbeda. Pengguna dapat memilih resolusi 9-bit, 10-bit, 11-bit, atau 12-bit. Semakin tinggi resolusinya, semakin tinggi pula akurasi pembacaan suhu.
- e) Konversi Digital: Sensor ini mengubah pembacaan suhu menjadi nilai digital, yang memudahkan penggunaan dalam mikrokontroler tanpa perlu pemrosesan analog tambahan.
- f) Calibration Internal: DS18B20 memiliki kalibrasi internal, sehingga meminimalkan kesalahan pembacaan suhu akibat ketidakpresisian perangkat keras.
- g) Tegangan Kerja: Sensor ini umumnya dapat bekerja pada rentang tegangan yang luas, biasanya 3,0V hingga 5,5V.
- h) Komunikasi Serial: Sensor DS18B20 berkomunikasi dengan perangkat mikrokontroler melalui protokol 1-Wire yang sederhana, memungkinkan akses yang mudah dan efisien.
- i) Perlindungan Terhadap Gangguan: Sensor ini tahan terhadap gangguan listrik, termasuk transien dan interferensi elektromagnetik, yang membantu menjaga keakuratan pembacaan suhu.

Sensor DS18B20 banyak digunakan dalam proyek-proyek DIY (Do-It-Yourself) dan aplikasi yang melibatkan pemantauan suhu, kendali otomatis, atau sistem pemantauan lingkungan

2.1.5.2 Fungsi DS18B20

Sensor DS18B20 memiliki fungsi utama untuk mengukur dan memantau suhu dengan presisi tinggi. Berkat kemampuan teknologi digitalnya, sensor ini sangat populer dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan pemantauan suhu yang akurat dan stabil. Beberapa fungsi utama dari sensor DS18B20 adalah (Fathoni et al., 2020):

- a) **Monitoring Suhu Lingkungan:** Sensor DS18B20 digunakan untuk memantau suhu di lingkungan dalam berbagai pengaturan, seperti rumah, perkantoran, laboratorium, ruang server, dan industri. Dengan kemampuannya untuk memberikan pembacaan suhu dengan ketelitian tinggi, sensor ini membantu memastikan kondisi lingkungan yang optimal dan sesuai dengan kebutuhan.
- b) **Pemantauan Suhu Proses:** Dalam industri dan manufaktur, sensor DS18B20 digunakan untuk pemantauan suhu pada berbagai proses produksi. Ini memastikan bahwa suhu tetap dalam batas yang diinginkan untuk mencegah kerusakan atau kegagalan peralatan dan produk akhir yang berkualitas.
- c) **Pengendalian Sistem Pemanas dan Pendingin:** Sensor DS18B20 sering digunakan dalam sistem pemanas dan pendingin untuk mengukur suhu dan mengatur perangkat pemanas atau pendingin agar mencapai suhu yang diinginkan.
- d) **Pengendalian Kondisi Ruangan:** Sensor ini juga digunakan dalam sistem otomatisasi rumah dan gedung untuk mengontrol pemanas, pendingin, dan sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) untuk menciptakan kenyamanan dan efisiensi energi.
- e) **Monitoring Temperatur Aplikasi Khusus:** Sensor DS18B20 dapat digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan pemantauan suhu khusus, seperti dalam sistem kendali akuarium, peternakan, dan kebun raya untuk memastikan kondisi optimal bagi hewan atau tanaman.
- f) **Keamanan dan Deteksi Kebakaran:** Sensor DS18B20 juga digunakan dalam sistem deteksi kebakaran dan keamanan, mengawasi perubahan suhu yang mencurigakan dan mengirimkan peringatan jika ada peningkatan suhu yang signifikan.
- g) **Pemantauan Suhu Kendaraan:** Sensor DS18B20 dapat digunakan dalam kendaraan untuk pemantauan suhu mesin, suhu udara di dalam kendaraan, atau suhu fluida lainnya yang berkaitan dengan operasi kendaraan.

Dengan kemampuan akurasi dan fleksibilitasnya, sensor DS18B20 telah menjadi komponen yang sangat berharga dalam berbagai proyek elektronik dan aplikasi industri. Ia memainkan peran penting dalam pemantauan dan

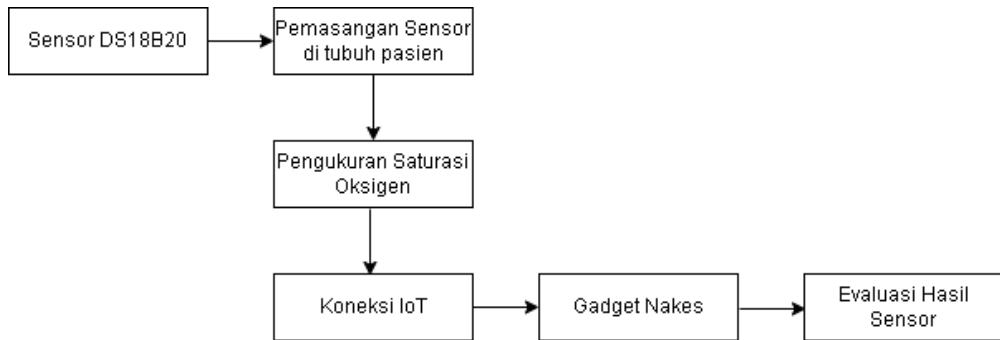
pengendalian suhu, memastikan lingkungan dan peralatan berada dalam kondisi yang optimal.

2.1.5.3 Cara Kerja DS18B20

Sensor DS18B20 bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi suhu pada elemen sensor yang dapat diukur dan dikonversi menjadi data digital. Berikut adalah cara kerja sensor DS18B20 secara lebih rinci (Ramesh Saha et al., 2021):

- a) Prinsip Kerja Resistansi Suhu: Sensor DS18B20 menggunakan elemen sensor yang disebut sebagai sensor suhu berbasis resistansi. Ketika suhu berubah, resistansi sensor juga berubah. Sensor suhu DS18B20 menggunakan elemen sensor yang mengandung bahan semikonduktor, seperti silikon, yang mengalami perubahan resistansi tergantung pada suhu lingkungan.
- b) Konversi Suhu menjadi Data Digital: Sensor DS18B20 mengubah perubahan resistansi menjadi data digital yang dapat diukur. Proses ini memanfaatkan antarmuka digital yang dimiliki oleh sensor ini, yang disebut sebagai antarmuka One-Wire. Antarmuka One-Wire memungkinkan komunikasi serial dengan menggunakan satu saluran koneksi (satu kabel), sehingga memudahkan penggunaan sensor ini dalam berbagai aplikasi mikrokontroler dengan penghematan pin I/O.
- c) Konversi Analog ke Digital: Sensor DS18B20 memanfaatkan mikrokontroler internalnya untuk mengubah perubahan resistansi menjadi data digital. Ketika sensor mengukur suhu, perubahan resistansi dikonversi menjadi nilai digital yang sesuai dengan suhu yang terdeteksi.
- d) Penyimpanan Data: Data digital hasil pengukuran suhu disimpan dalam memori internal sensor atau kartu SD (jika digunakan). Data tersebut dapat diakses dan diambil oleh mikrokontroler atau perangkat lain yang terhubung ke sensor DS18B20.
- e) Komunikasi dengan Mikrokontroler: Sensor DS18B20 menggunakan antarmuka One-Wire untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler atau perangkat lain yang mengendalikannya. Data digital yang dihasilkan dari sensor dikirimkan melalui satu saluran koneksi (kabel) ke mikrokontroler untuk diolah lebih lanjut.
- f) Penggunaan Resolusi yang Dapat Dikonfigurasi: Sensor DS18B20 memiliki kemampuan untuk mengatur resolusi suhu, yang mempengaruhi tingkat ketelitian pembacaan suhu. Pengguna dapat memilih resolusi 9-bit, 10-bit, 11-bit, atau 12-bit, tergantung pada kebutuhan aplikasi. Semakin tinggi resolusinya, semakin tinggi akurasi hasil pengukuran.

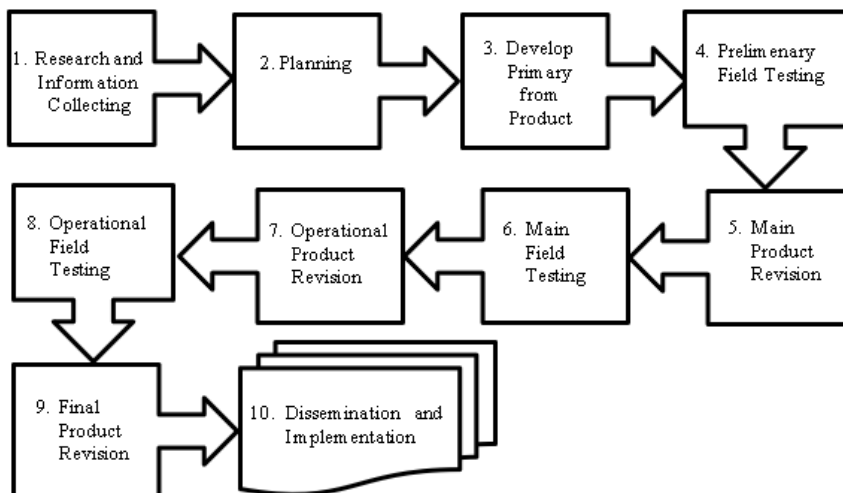
Secara keseluruhan, sensor DS18B20 bekerja dengan mengukur perubahan resistansi suhu pada elemen sensor berbasis resistansi, mengubahnya menjadi data digital melalui antarmuka One-Wire, dan menyimpan data tersebut untuk diakses dan diolah oleh mikrokontroler atau perangkat lainnya. Kemampuan akurat, mudah digunakan, dan hemat pin I/O menjadikan sensor DS18B20 menjadi pilihan yang populer untuk aplikasi pemantauan dan pengendalian suhu dalam proyek elektronik dan industri.



Gambar 2. Skema Kerja Sensor DS18B20

BAB III PENDEKATAN KONSEP

3.1 Rangkaian menuju purwarupa



Gambar 3. Kerangka Kerja (Sugiyono, 2016)

Sugiyono mengatakan ada 10 langkah dari studi riset dan pengembangan ini sebagaimana dijelaskan dibawah ini:

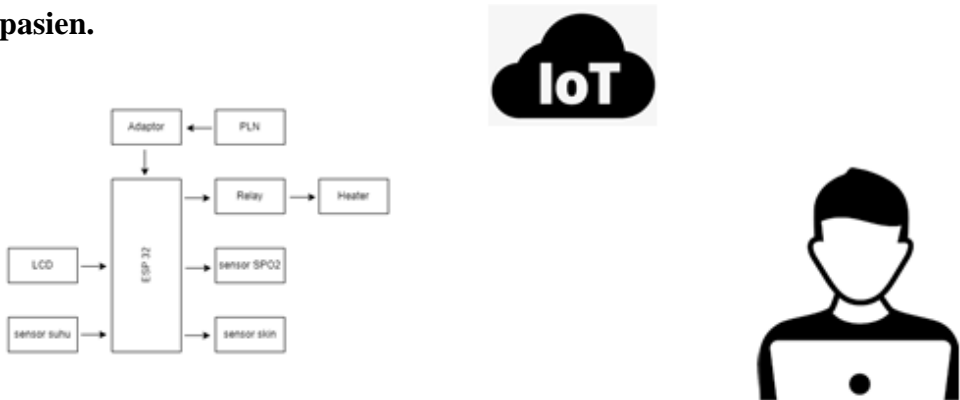
a. Research and Information,

Pada langkah ini meliputi studi pustaka yang berkaitan dengan permasalahan factual mitra, pengukuran kebutuhan dari mitra, alat infant warmer dalam skala kecil, dan persiapan merumuskan kerangka kerja alat infant warmer. **Luarannya adanya rumusan kebutuhan mitra dengan indicator adanya demand infant warmer**

b. Planning,

Langkah ini untuk mengembangkan rencana alat infant warmer yang meliputi perumusan kebutuhan berkaitan dengan masalah mitra, menentukan tujuan yang ingin dicapai, langkah-langkah desain atau alat infant warmer dan apabila memungkinkan/perlu melakukan studi kelayakan secara terbatas. **Luaran disini adanya perencanaan diagram alir pengembangan infant warmer. Indikatornya adanya**

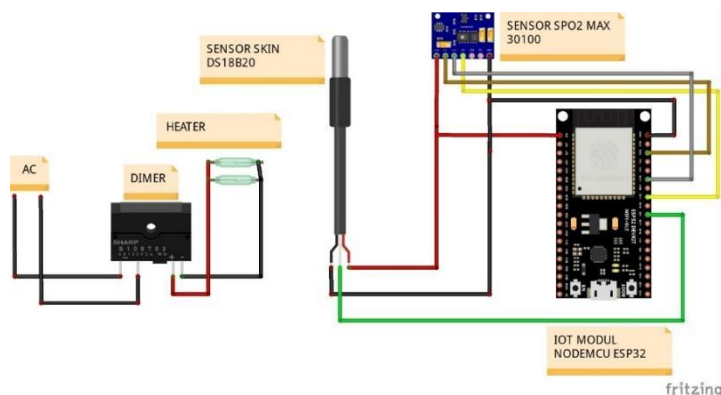
kerangka diagram alir infant warmer dengan basis IoT (Thingsboard) untuk memudahkan monitoring dan evaluasi pasien.



Gambar 4. Sistem IoT Infant Warmer

c. Develop Primary from of Product,

Pegembangan bentuk awal produk yang akan dikembangkan. Termasuk dalam langkah ini adalah penyusunan komponen pendukung, penyusunan pedoman dan manual, serta evaluasi kelayakan alat pendukung. **Luarannya terciptanya wiring dari Infant Warmer dengan indicator desain wiring alat yang sudah dirangkai dengan komponen-komponen pendukungnya.**



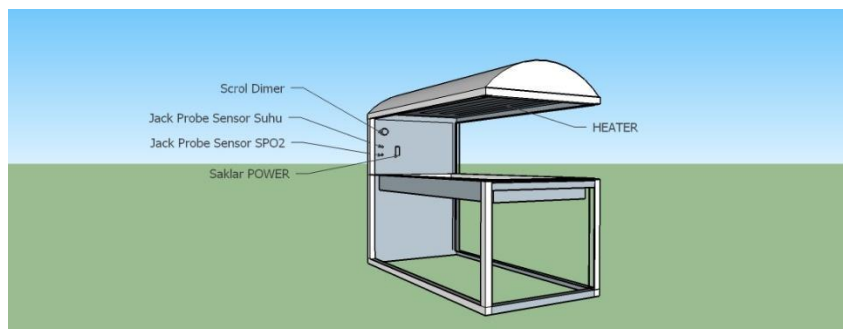
Gambar 5. Wiring Alat Infant Warmer

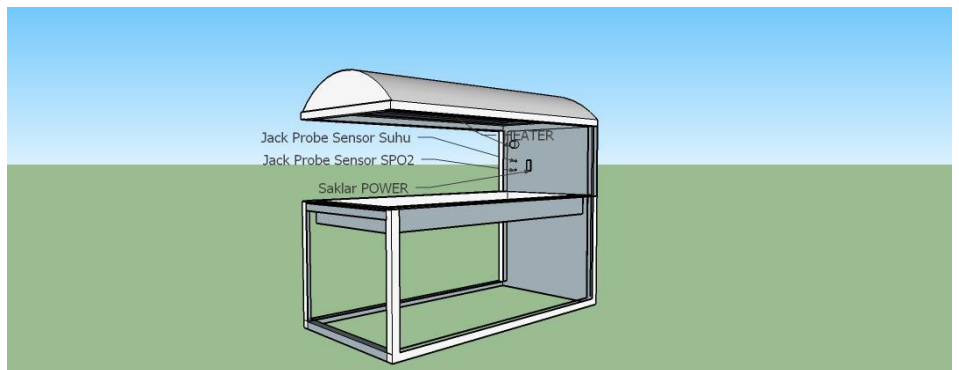
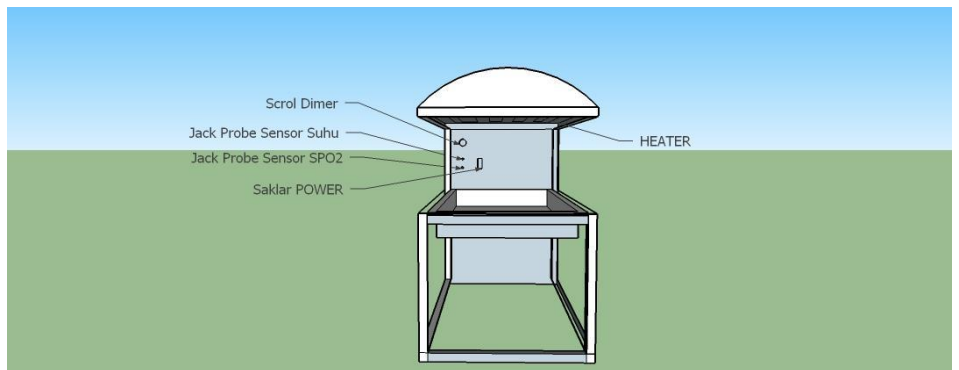
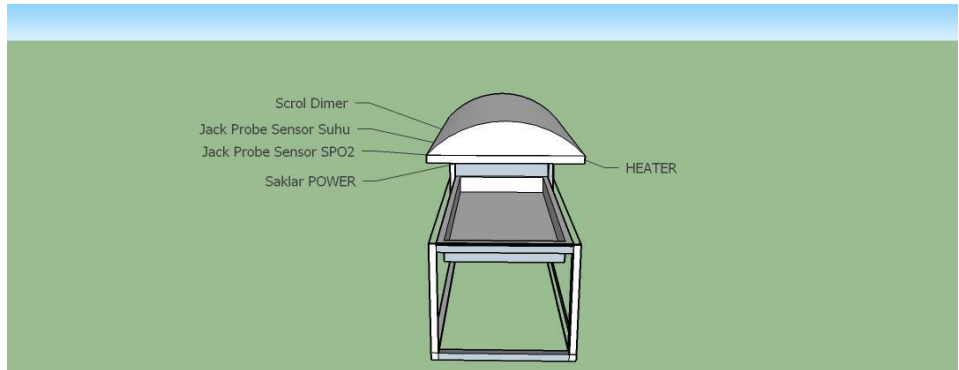
d. Preliminary Field Testing,

Tahapan ini melakukan uji coba lapangan awal dalam skala terbatas. Pengumpulan dan analisis data dapat dilakukan dengan trial-eror bersama mitra. **Luarannya adanya masukan mitra dengan indicator daftar catatan saran dan masukan mitra ke peneliti.**

e. Main Product,

Tahapan ini perbaikan pada produk awal yang dihasilkan berdasarkan hasil uji coba awal. Perbaikan ini sangat mungkin dilakukan lebih dari satu kali, sesuai dengan hasil yang ditunjukkan dalam uji coba terbatas, sehingga diperoleh draft produk utama (model) yang siap untuk uji coba lebih luas. **Luaran disini adanya protret main product hasil saran pertama mitra. Indicatornya adanya product hasil dari uji coba pertama.**





Gambar 6. Desain Prototype Infant Warmer

f. Main Field Testing,

Tahapan ini untuk uji coba besar yang melibatkan khalayak yang lebih luas mitra. Hasil yang diperoleh dari uji coba ini berupa evaluasi pencapaian hasil uji coba (desain model). **Luarannya adanya**

rumusan final desain produk dan indikatornya desain produk hasil dari tahapan sebelumnya.

g. Operational Product Revision

Tahapan ini melakukan perbaikan/perbaikan terhadap hasil uji coba yang lebih luas, sehingga produk yang dikembangkan sudah menjadi desain model operasional yang siap divalidasi. **Luaran disini adanya bukti perbaikan dari hasil trial-eror dengan mitra. Indikatornya adanya daftar perbaikan dan foto/gambar perbaikan dibandingkan sebelumnya.**

h. Operational Field Testing the validation test,

Tahapan ini seperti trial-eror tingkat lanjut dengan langkah melawan model operasional yang telah dihasilkan. **Luarannya adanya analisis data secara detail. Indikator terdapat daftar hasil analisis produk.**

i. Final Product Revision

Tahapan ini melakukan perbaikan akhir pada model yang dikembangkan untuk menghasilkan produk akhir (final). **Luarannya terdapat produk yang sudah sesuai dengan daftar perbaikan dengan indikator tercapainya daftar perbaikan yang tersematkan di produk akhirnya.**

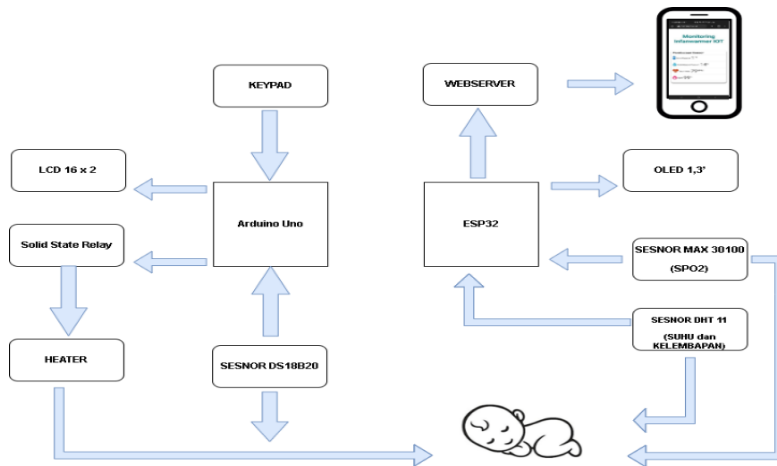
j. Dissemination and Implementation

Tahapan ini melakukan diseminasi produk/model yang dikembangkan kepada mitra. Langkah utama pada fase ini adalah mengkomunikasikan dan mensosialisasikan temuan/model, baik dalam bentuk seminar alat infant warmer, publikasi di jurnal, maupun presentasi kepada stakeholder terkait temuan alat infant warmer. **Luarannya artikel ilmiah, dan manual book. Indikatornya bukti submit artikel ilmiah, dan bukti submit/sertifikat HKI dari manual book.**

3.2 Batasan purwarupa yang dikembangkan

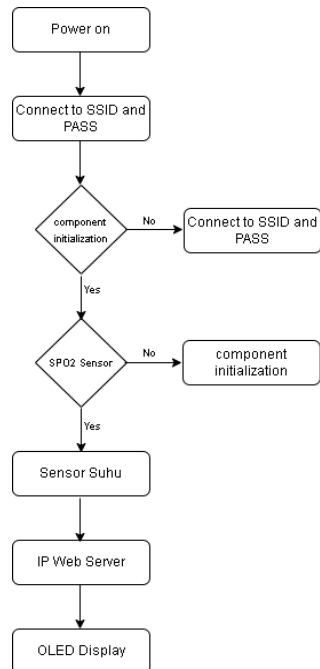
Batasan pada alat ini merupakan adanya penambahan inovasi hanya sebatas monitoring melalui IoT dengan gadget. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dari tenaga Kesehatan untuk memantau kondisi pasien tanpa harus bertatap muka.

3.3 Diagram Blok



Gambar 7 Diagram Blok

3.4 Diagram Alir



Gambar 8. Diagram Alir

3.5 Alat dan Bahan

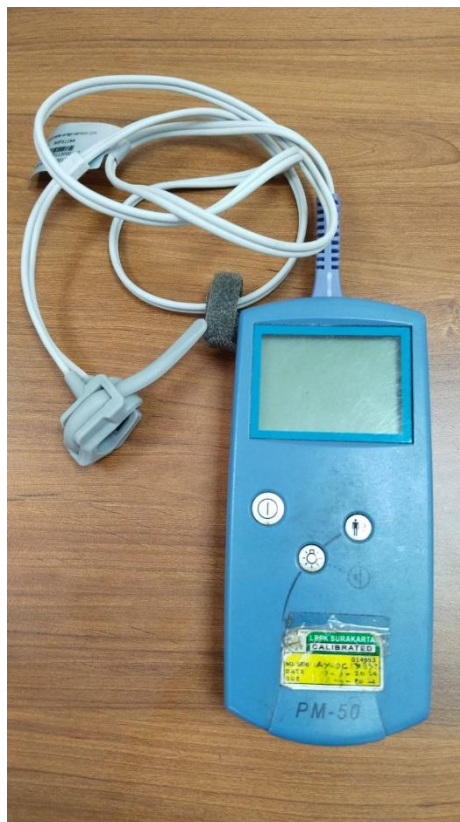
Alat infant warmer ini menggunakan perhitungan suhu tubuh pada kisaran 35°C - 37°C dengan mengambil perhitungan pada percobaan yang dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan data.

1) Bahan dan Alat

Alat infant warmer ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data. Alat infant warmer ini menggunakan sensor DHT11 sebagai pembacaan suhu ruangan dan sensor DS18B20 sebagai pembacaan suhu kulit bayi baru lahir dengan menggunakan elemen pemanas berdaya 2500 watt. Kemudian alat infant warmer ini juga menggunakan LCD/OLED untuk menampilkan semua parameter pada alat penghangat bayi. Selain itu sensor SpO2 mengukur tingkat saturasi oksigen pada bayi yang baru lahir.

2) Eksperimen

Sensor SpO2 akan dibandingkan dengan calibrator analyzer dengan 10 kali pengambilan data dalam waktu satu jam dan sensor DS18B20 dibandingkan dengan termometer suhu tubuh kontak dengan 10 kali pengambilan data pada tubuh manusia.



Gambar 9. Alat Pembanding Sensor SpO₂



Gambar 10. Alat Pembanding Sensor Suhu

Kedua alat (Gambar 9 dan 10) tersebut merupakan salah satu alat untuk uji fungsi komponen terutama sensor dan heater infant warmer. Hal ini dilakukan sebelum infant warmer dikirim ke perusahaan kalibrasi. Tujuan utama penggunaan ini untuk memvalidasi dan mengecek ulang laikan komponen yang ada di infant warmer agar lulus kalibrasi dan laik pakai. Jika pengujian fungsi mengalami masalah, tentunya masalah itu dapat segera untuk dipecahkan. Permasalahan komponen terkadang menjadi suatu hal terpenting ketidakkulusan alat di kalibrasi. Sehingga pengujian harus dilakukan berulang-ulang untuk melihat rerata hasil uji fungsi tiap komponen atau sensornya.

BAB IV PURWARUPA INFANT WARMER

4.1 Desain Paripurna Prototype Infant Warmer



Gambar 11. Prototype Infant Warmer dengan IoT

Pada desain Prototype Infant Warmer menggunakan bahan baku dari stainless steel untuk rangka, akrilik untuk boks bayi, dan lempengan seng untuk heater. Desain ini merupakan desain yang sederhana dengan penyematkan dua sensor utama, antara lain: sensor SpO₂ dan sensor suhu. Selain itu, pengaturan suhu atas dan bawah infant warmer menggunakan alat keypad dengan penyematkan LCD dan Oled untuk menampilkan hasil pengaturan suhu dan hasil pengukuran sensor suhu dan saturasi oksigen.

Kemudian, desain ini dibuat dengan tingkat akurasi presisi detail pada setiap sisi-sisinya. Alat ini dibuat oleh teknisi bengkel medis yang tidak lain mitra dari penulis dari RSUD Prambanan. Pemilihan bahan baku sudah sesuai dengan standar alkes (alat kesehatan) yang aman dan nyaman bagi pasien.

Desain ini merupakan pengembangan dari alat-alat infant warmer yang sudah ada di pasaran. Keunikan dari desain ini ialah adanya penambahan isolator untuk keamanan heater dari konsleting listrik. Serta alat ini menggunakan bahan baku yang mudah ditemukan di toko penjual bahan bangunan. TKDN (Tingkat Kandungan Dalam Negeri) alat ini mencapai 80%-90%.

4.2 Hasil Prototype Infant Warmer



Gambar 12. Final Prototype Infant Warmer

Penghangat bayi menggunakan dua sensor utama untuk mengukur indikator kondisi tubuh pasien. Sensor tersebut adalah sensor SpO₂ dan sensor suhu tubuh melalui penempatannya di kulit pasien. Alat ini disematkan teknologi IoT (Internet of Things) sehingga dapat bekerja dari jarak jauh. Teknologi IoT ini harus terhubung dengan sinyal internet baik pada alat penghangat bayi maupun gadget pengguna. Implementasi IoT dapat memudahkan pekerjaan pengguna dalam efisiensi dan efektivitas pelayanan kesehatan. Alat ini dapat meningkatkan keselamatan pasien, dan pemantauan jarak jauh, serta meningkatkan kemampuan tenaga kesehatan dalam mengawasi pasien. Mikrokontroler pada alat penghangat bayi dapat mengirimkan dan memproses data pengukuran sensor kepada pengguna melalui IP Webserver. Selanjutnya semua indikator ditampilkan pada LCD untuk mengatur suhu dari keypad dan OLED menampilkan hasil indikator suhu dan data saturasi oksigen dari sensor. Kemudian alat ini dapat dioperasikan dengan daya listrik hingga 200 watt untuk menopang heater. Pemanas juga dilengkapi dengan isolator sehingga pengguna aman dari listrik statis dari penghangat bayi. Alat dengan teknologi IoT ini dapat meningkatkan akurasi pemantauan suhu, meningkatkan keamanan, dan memungkinkan pemantauan jarak jauh.

1) The Listing Program for Infant Warmer Device

1. Sensor and WIFI Initialization Program

```
float temperature, humidity, BPM, SpO2, bodytemperature;

const char* ssid = "SSID";
const char* password = "PASSWORD";

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);;
PulseOximeter pox;
uint32_t tsLastReport = 0;

WebServer server(80);

void onBeatDetected()
{
  Serial.println("Beat!");
}
```

2. OLED Initialization Program with I2C

```
#define i2c_Address 0x3c
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SH1106G display = Adafruit_SH1106G(SCREEN_WIDTH,
SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
```

3. SpO₂ and DHT11 Sensor Installation Reading Program to Web Server

```
display.begin(i2c_Address, true);
  Serial.begin(115200);
  display.display();
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SH110X_WHITE);
  display.setCursor(0,0);
  display.display();
  delay(1000);
```

```

pinMode(19, OUTPUT);
delay(100);
Serial.println(F("DHTxx test!"));
dht.begin();
Serial.println("Connecting to ");
Serial.println(ssid);
//connect to your local wi-fi network
WiFi.begin(ssid, password);

//check wi-fi is connected to wi-fi network
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
delay(1000);
Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected..!");
Serial.print("Got IP: "); Serial.println(WiFi.localIP());

server.on("/", handle_OnConnect);
server.onNotFound(handle_NotFound);

server.begin();
Serial.println("HTTP server started");

Serial.print("Initializing pulse oximeter..");

if (!pox.begin()) {
Serial.println("FAILED");
for (;;)
} else {
Serial.println("SUCCESS");
pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
}

pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);

// Register a callback for the beat detection
}

```

4. Sensor Reading Results Appearance on OLED

```
server.handleClient();
pox.update();
float t = dht.readTemperature();
String Temperature_Value = String(t);
float h = dht.readHumidity();
String Humidity_Value = String(h);
temperature = t;
humidity = h;
BPM = pox.getHeartRate();
SpO2 = pox.getSpO2();

if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS)

{
    display.clearDisplay();

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0,10);
    display.println("SPO2:");
    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(55,10);
    display.print(SpO2);
    display.print("%");

    display.setTextSize(2);
    display.setCursor(0,30);
    display.print("Suhu:");
    display.setTextSize(2);
    display.print(t);
    display.print("C");

    display.setTextSize(1);
    display.setCursor(35,50);
    display.print("IP:");
    display.setTextSize(1);
    display.print(WiFi.localIP());
```

5. Program Appearance on Web Server SpO₂, Heart Rate, Temperature, and Humidity

```
server.send(200, "text/html", SendHTML(temperature, humidity, BPM,
SpO2, bodytemperature));
}
void handle_NotFound(){
  server.send(404, "text/plain", "Not found");
}
String SendHTML(float temperature, float humidity, float BPM, float
SpO2, float bodytemperature) {
  String html = "<!DOCTYPE html>";
  html += "<html>";
  html += "<head>";
  html += "<title>Monitoring Infanwarmer IOT</title>";
  html += "<meta name='viewport' content='width=device-width, initial-
scale=1.0'>";
  html += "<link rel='stylesheet'
href='https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-
awesome/5.7.2/css/all.min.css'>";
  html += "<link rel='stylesheet' type='text/css' href='styles.css'>";
  html += "<style>";
  html += "body { background-color: #fff; font-family: sans-serif; color:
#333333; font: 14px Helvetica, sans-serif box-sizing: border-box; }";
  html += "#page { margin: 20px; background-color: #fff; }";
  html += ".container { height: inherit; padding-bottom: 20px; }";
  html += ".header { padding: 20px; }";
  html += ".header h1 { padding-bottom: 0.3em; color: #008080; font-size:
45px; font-weight: bold; font-family: Garmond, 'sans-serif'; text-align:
center; }";
  html += "h2 { padding-bottom: 0.2em; border-bottom: 1px solid #eee;
margin: 2px; text-align: left; }";
  html += ".header h3 { font-weight: bold; font-family: Arial, 'sans-serif';
font-size: 17px; color: #b6b6b6; text-align: center; }";
  html += ".box-full { padding: 20px; border 1px solid #ddd; border-radius:
1em 1em 1em 1em; box-shadow: 1px 7px 7px 1px rgba(0,0,0,0.4);
background: #fff; margin: 20px; width: 300px; }";
  html += "@media (max-width: 494px) { #page { width: inherit; margin:
5px auto; } #content { padding: 1px; } .box-full { margin: 8px 8px 12px
8px; padding: 10px; width: inherit; float: none; } }";
  html += "@media (min-width: 494px) and (max-width: 980px) { #page {
width: 465px; margin 0 auto; } .box-full { width: 380px; } }";
  html += "@media (min-width: 980px) { #page { width: 930px; margin:
auto; } }";
```

```

html += "@media (min-width: 494px) and (max-width: 980px) { #page { width: 465px; margin 0 auto; } .box-full { width: 380px; } }";
html += "@media (min-width: 980px) { #page { width: 930px; margin: auto; } }";
html += ".sensor { margin: 12px 0px; font-size: 2.5rem; }";
html += ".sensor-labels { font-size: 1rem; vertical-align: middle; padding-bottom: 15px; }";
html += ".units { font-size: 1.2rem; }";
html += "hr { height: 1px; color: #eee; background-color: #eee; border: none; }";
html += "</style>";

```

```
//Ajax Code Start
```

```

html += "<script>\n";
html += "setInterval(loadDoc,1000);\n";
html += "function loadDoc() {\n";
html += "var xhttp = new XMLHttpRequest();\n";
html += "xhttp.onreadystatechange = function() {\n";
html += "if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {\n";
html += "document.body.innerHTML =this.responseText}\n";
html += "};\n";
html += "xhttp.open(\"GET\", \"\", true);\n";
html += "xhttp.send();\n";
html += "}\n";
html += "</script>\n";
//Ajax Code END

```

```

html += "</head>";
html += "<body>";
html += "<div id='page'>";
html += "<div class='header'>";
html += "<h1>Monitoring Infanwarmer IOT</h1>";
html += "</div>";
html += "<div id='content' align='center'>";
html += "<div class='box-full' align='left'>";
html += "<h2>Pembacaan Sensor</h2>";
html += "<div class='sensors-container'>";

```

```
//For Temperature
```

```

html += "<div class='sensors'>";
html += "<p class='sensor'>";
html += "<i class='fas fa-thermometer-half' style='color:#0275d8'></i>";
html += "<span class='sensor-labels'> Suhu Paparan </span>";
html += "(int)temperature;
html += "<sup class='units'>°C</sup>";
html += "</p>";
html += "<hr>";
html += "</div>";

```



```

//For Humidity
html += "<div class='sensors'>";
html += "<p class='sensor'>";
html += "<i class='fas fa-tint' style='color:#5bc0de'></i>";
html += "<span class='sensor-labels'> Kelembapan Paparan </span>";
html += (int)humidity;
html += "<sup class='units'>%</sup>";
html += "</p>";
html += "<hr>";

//For Heart Rate
html += "<p class='sensor'>";
html += "<i class='fas fa-heartbeat' style='color:#cc3300'></i>";
html += "<span class='sensor-labels'> Heart Rate </span>";
html += (int)BPM;
html += "<sup class='units'>BPM</sup>";
html += "</p>";
html += "<hr>";

//For SpO2
html += "<p class='sensor'>";
html += "<i class='fas fa-burn' style='color:#f7347a'></i>";
html += "<span class='sensor-labels'> SpO2 </span>";
html += (int)SpO2;
html += "<sup class='units'>%</sup>";
html += "</p>";
html += "<hr>";

return html;
}

```

6. LCD, DS18B20, Keypad Initialization Program

```
#include <Keypad.h>
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
```

7. Keypad to SSR & DS18B20 Sensor Initialization Program

```
char customKey, mulaiKey;
//char stringAngka[2];
int indexKeypad = 0;
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 4;
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {11,10,9,8};
byte colPins[COLS] = {7,6,5,4};
int x = 0;
int ssr = 3; // alamat pin SSR
float sp;
float diff, temp_now;
float T_cutoff, T_cuton, nilaicd, nilaisp, nilaidiff;
Keypad customKeypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins,
ROWS, COLS);
void(* resetFunc) (void) = 0;
```

8. Setup Program on Setting & Differential Mode Selection

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(ssr,OUTPUT);
  sp = 0;
  diff = 0;
  nilaisp = sp;
  nilaidiff = diff;
  T_cutoff = sp + (diff/2);
  T_cuton = sp - (diff/2);
  delay(50);
  lcd.clear();
}
```

9. Temperature & Differential Setting and Display to LCD

```
void loop()
{
  customKey = customKeypad.getKey();
  if(x == 0){
    //lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("1.SET ON-OFF");
  }
  if(x == 1){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("2.MULAI");
  }
  if(x == 2){
    //lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("3.CEK ON-OFF");
  } switch(customKey)
  {
    case '0' ... '9':
      break;
```

```
case '#':
break;
case '*':
break;
case 'A':
x++;
break;

case 'B':
x--;
break;

case 'C':
break;

case 'D':
if(x == 0){
lcd.clear();
//analogWrite(ssr,0);
setsp();
setdiff();
}
if(x == 1){
lcd.clear();
mulai();
}
if(x == 2){
lcd.clear();
//analogWrite(ssr,0);
cekonoff();
}
break;
}
if(x > 2){
x = 0;
}
if(x < 0){
x = 2;
}
}
```

```

}void setdiff(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("SET DIFF ");
  customKey = customKeypad.getKey();
  if(customKey >= '0' && customKey <= '9')
  {
    diff = diff * 10 + (customKey - '0');
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(diff);
    T_cutoff = sp + (diff/2);
    T_cuton = sp - (diff/2);
  }

  if(customKey == '*'){
    lcd.clear();
    delay(1000);
    nilaidiff = diff;
    return;
  }
  setdiff();
}

void setsp(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("SET SP ");
  customKey = customKeypad.getKey();
  if(customKey >= '0' && customKey <= '9')
  {
    sp = sp * 10 + (customKey - '0');
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(sp);
    //lcd.print(customKey);
    //sp = customKey;
  }
  if(customKey == '*'){
    lcd.clear();
    delay(1000);
    nilaisp = sp;
    return;
  }
  setsp();
}

```

```

void cekonoff(){ lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Suhu = ");
lcd.print(nilaisp);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Control diff = ");
lcd.print(nilaidiff);

customKey = customKeypad.getKey();

if(customKey == '*'){
lcd.clear();
delay(1000);
return;
}
cekonoff();
}
void mulai(){
if (sp==0) {
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Mohon Set SP");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("dan Diff Dahulu");
delay(2000);
return;
}
sensors.requestTemperatures();
T_cutoff = sp + (diff/2);
T_cuton = sp - (diff/2);
temp_now = sensors.getTempCByIndex(0);
if (temp_now >= T_cutoff) {
analogWrite(ssr,0);
}
else if (temp_now <= T_cuton) {
analogWrite(ssr,255);
}
}

```

```

//Serial.print("DATA,TIME,");
Serial.print("L1");
Serial.println(temp_now);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("SP= ");
lcd.print(sp);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Y ");
lcd.print(temp_now);
lcd.print(" ");
delay(200);customKey = customKeypad.getKey();
if(customKey == '*'){
lcd.clear();
analogWrite(ssr,0);
resetFunc(); //call reset
delay(800);
return;
}

mulai();
}

```

2) The Measurement Result

Pengukuran sensor dilakukan untuk memastikan perangkat layak digunakan. Sensor perangkat mengukur suhu tubuh pasien, saturasi oksigen, dan denyut nadi. Data pengukuran ini dikirim ke pengguna dengan teknologi IoT melalui IP Webserver ke gadget pengguna. Hal ini merupakan pemantauan jarak jauh yang dapat memudahkan pengguna untuk memantau kondisi tubuh pasien secara real time. Jika suhu pemanas mengalami peningkatan untuk pasien, penghangat bayi merespon dengan mematikan pemanas sesuai dengan pengaturan pengguna. Hasil pengukuran juga dibandingkan dengan kalibrator. Setiap indikator dikalibrasi dengan kalibrator masing-masing. Hal ini dapat meningkatkan akurasi sistem hasil pengukuran, meningkatkan keselamatan pasien, dan meningkatkan keahlian petugas kesehatan untuk mengawasi pasien.

Tabel 1. Hasil Saturasi Oksigen

Kinerja Saturasi Oksigen						
P	SS	ATR (%)	C	RE (%)	T	SD
SpO ₂ (%)	70	68	2	3	± 1% O ₂	± 0.9
	75	73	2	3		± 0.6
	80	78	2	3		± 0.7
	85	84	1	1		± 0.6
	90	90	0	0		± 0.7
	95	95	0	0		± 0.6

Keterangan:

- P : Indikator
 SS : Pengaturan Standar
 ATR: Rata-rata pembacaan sensor
 C : koreksi
 RE : Kesalahan relative
 T : Toleransi
 SD : Deviasi standar

Tabel I menyatakan bahwa hasil dari enam kali pengukuran mencapai nilai koreksi tertinggi sebesar dua angka. Pengukuran standar 70 diperoleh angka 68 pada pengukuran sensor dengan nilai koreksi dua dan nilai Standar deviasi tertinggi ±0,9. Sedangkan pengukuran standar 90 dan 95 diperoleh nilai yang sama pada pengukuran sensor dengan nilai koreksi dan kesalahan relatif nol. Pengukuran standar kurang dari 90 diperoleh selisih koreksi sebesar satu sampai dua angka dengan kesalahan relatif tertinggi sebesar tiga persen.

Tabel 2. Hasil Sensor Denyut Nadi

Hasil Sensor Denyut Nadi						
P	SS	ATR	C	RE (%)	T	SD
Pulse Rate (BPM)	30	30	0	0	± 5% ±5 BPM	± 0.6
	60	60	0	0		± 0.6
	120	120	0	0		± 0.6
	180	179	1	1		± 0.6

Keterangan:

- P : Indikator
 SS : Pengaturan Standar
 ATR : Rata-rata pembacaan sensor
 C : koreksi

RE : Kesalahan relative
T : Toleransi
SD : Deviasi standar

Tabel II menyatakan bahwa hasil dari empat kali pengukuran mencapai nilai koreksi tertinggi yaitu satu angka. Pengaturan standar 30, 60, dan 120 memperoleh nilai pembacaan sensor yang sama dengan nilai pengaturan standar dan nilai koreksi & kesalahan relatif bernilai nol. Sedangkan pengaturan standar 180 mencapai nilai pembacaan sensor 179 dengan nilai koreksi dan kesalahan relatif senilai satu angka. Pengaturan standar kurang dari 180 mencapai nilai koreksi dan kesalahan relatif yang sama yaitu nol poin.

Tabel 3. Hasil Sensor Suhu

Kinerja Sensor Suhu						
Parameters	SS	ATR (%)	C	RE (%)	T	SD(°C)
Air Temperature	36	35.88	35.37	-0.51	≤ 2 (°C)	± 0.40
Skin Sensor Temperature	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49
	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49
	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49
	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49
	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49
	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49
	36	35.88	35.65	-0.23	± 0.5 (°C)	± 0.49

Keterangan:

P : Indikator
SS : Pengaturan Standar
ATR : Rata-rata pembacaan sensor
C : koreksi
RE : Kesalahan relative
T : Toleransi
SD : Deviasi standar

Tabel III menyatakan bahwa hasil dari enam kali pengaturan standar suhu 36°C untuk suhu tubuh pasien mencapai nilai pembacaan sensor 35,65°C dengan nilai koreksi -0,23 dan toleransi kurang lebih 0,5°C. Sedangkan pada pengaturan standar 36°C untuk suhu air ruangan, nilai pembacaan sensor yang diperoleh 35,37°C dengan nilai koreksi -0,51 dengan toleransi kurang dari sama dengan 2°C.

4.3 Hasil Kalibrasi Infant Warmer

4.3.1. Kalibrasi Sensor Suhu

Sertifikat Kalibrasi No. 6569/AMK/VI/2023

HASIL KALIBRASI
Result of Calibration

Merek : IMMER
Model/Tipe : SMART Infant
No. Seri : 1022021
Tanggal Kalibrasi : 12 Juni 2023
Nama Ruang : -
Tempat Kalibrasi : PT. Adi Multi Kalibrasi
Metode Kalibrasi : MK-015

I. Kondisi Ruang
1. Suhu : (26.0 ± 0.7) °C
2. Kelembaban Relatif : (68 ± 4) %

II. Pemeriksaan Kondisi Fisik dan Fungsi Komponen Alat
1. Fisik : Baik
2. Fungsi : Baik

III. Hasil Pengukuran Kinerja


Parameter	Setting Alat (°C)	Suhu Indikator	Terbaca Pada Standar (°C)	Koreksi	Variasi suhu			Toleransi	Ketidakpastian
					Spasial	Temporal	Total		
					Suhu Spasial 5 2 °C				
Suhu Udara	36	35.88	35.37	-0.51	0.70	0.00	0.79	± 0.49	
Suhu Sensor Skin	36	35.88	35.65	-0.23	-	-	-	± 0.5 °C ± 0.49	

IV. Keterangan
1. Ketidakpastian pengukuran dilaporkan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan = 2.

V. Alat Yang Digunakan

No	Nama Alat Standar	Merk	No Sertifikat	Ketertelusuran
1	Incubator Analyzer	FLUKE	3909/AMK/III/2022	PT. Adi Multi Kalibrasi
2	Thermohygrometer	-	4706/AMK/IV/2023	PT. Adi Multi Kalibrasi

VI. Petugas Kalibrasi
1. Mihakudin, S.Si


 Mihakudin, S.Si
 PT. ADI MULTI KALIBRASI

Gambar 13. Hasil Kalibrasi Sensor Suhu

Pada hasil kalibrasi sensor mendapatkan hasil yang laik pakai untuk pelayanan kesehatan. Hal ini terlihat bahwa hasil pengukuran kinerja sensor memperoleh nilai ketidakpastian ± 0.49 dengan toleransi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Kalibrasi sensor kulit mendapatkan hasil terbaca 35.65 dengan koreksi -0.23 dengan pengaturan awal suhu sebesar 36°C .

Pada kalibrasi sensor ini menggunakan alat incubator analyzer merk Fluke dan thermohyrometer dengan nomor sertifikat masing-masing 3909/AMK/III/2022 dan 4706/AMK/IV/2023 dari PT. Adi Multi Kalibrasi. Ketika kalibrasi dilakukan dengan suhu ruang (26.0 ± 0.7) $^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban mencapai (68 ± 4)%. Pada uji kinerja didapatkan suhu udara mencapai 35.37°C yang terbaca pada standar dengan koreksi -0.51 dengan variasi suhu spasial 0.70, temporal 0.00 dan total 0.70. Selanjutnya toleransi mencapai $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan nilai ketidakpastian ± 0.49 .

Alat infant warmer diperiksa kondisi fisik dan fungsi komponennya sebelum kalibrasi sensornya. Kemudian hasil pemeriksaan mendapati bahwa kondisi fisik dan fungsi komponen dalam keadaan “baik”. Metode kalibrasi infant warmer ini menggunakan metode MK-015. Pada nilai ketidakpastian pengukuran dilaporkan pada tingkat kepercayaan 95% dengan factor cakupan = 2. Alat infant warmer ini mendapatkan sertifikat kalibrasi dengan nomor 6569/AMK/VI/2023 dari PT. Adi Multi Kalibrasi yang berlaku selama satu tahun. Pelaksanaan kalibrasi infant warmer ini dilaksanakan pada tanggal 12 Juni 2023 dengan model Smart Infant dan nomor seri 1022021.

Adanya sertifikasi kalibrasi ini menyatakan bahwa infant warmer ini dinyatakan laik pakai untuk menunjang pelayanan kesehatan. Alat infant warmer ini telah digunakan untuk mendukung pelayanan bangsal bayi di RSUD Prambanan. Hal ini membuktikan bahwa alat infant warmer sederhana ini dapat menunaikan fungsinya untuk membantu perawatan bayi baru lahir, khususnya, bayi yang terlahir premature atau BBLR (Berat Bayi Lahir Rendah).

4.3.2. Kalibrasi Pulse Rate & Sensor SpO₂

Sertifikat Kalibrasi No. 6569/AMK/VI/2023

HASIL KALIBRASI
Result of Calibration

Merek : IMMER
Model/Tipe : SMART Infant
No. Seri : 1022021
Tanggal Kalibrasi : 12 Juni 2023
Nama Ruang : -
Tempat Kalibrasi : PT. Adi Multi Kalibrasi
Metode Kerja : MK-011

I. Kondisi Ruang
1. Suhu : (26.7 ± 0.3) °C
2. Kelembaban Relatif : (66 ± 4) %

II. Pemeriksaan Kondisi Fisik dan Fungsi Komponen Alat
1. Fisik : Baik
2. Fungsi : Baik

III. Hasil Pengukuran Kinerja

Kinerja Saturasi Oksigen						
Parameter	Setting Standar	Rata-Rata Pembacaan Pada Alat (%)	Koreksi	Kesalahan Relatif (%)	Toleransi	Ketidakpastian
SpO ₂ (%)	70	68	2	3	± 1% O ₂	± 0.9
	75	73	2	3		± 0.6
	80	78	2	3		± 0.7
	85	84	1	1		± 0.6
	90	90	0	0		± 0.7
	95	95	0	0		± 0.6


Kinerja Saturasi Pulse Rate						
Parameter	Setting Standar	Rata-Rata Pembacaan Pada Alat (BPM)	Koreksi	Kesalahan Relatif (%)	Toleransi	Ketidakpastian
PULSE RATE (BPM)	30	30	0	0	± 5% atau ± 5 BPM	± 0.6
	60	60	0	0		± 0.6
	120	120	0	0		± 0.6
	180	179	1	1		± 0.6

IV. Keterangan
1. Ketidakpastian pengukuran dilaporkan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan $k = 2$
2. Setiap pembacaan SpO₂ harap dikoreksi dengan menambahkan nilai koreksinya.

V. Alat Yang Digunakan

No	Nama Alat Standar	Merk	No Sertifikat	Ketertelusuran
1	Spotlight SpO ₂ Functional Tester	FLUKE	CAL/031/3691015-02/16/21	PT Quantum
2	Thermohygrrometer	-	4706/AMK/IV/2023	PT. Adi Multi Kalibrasi

VI. Petugas Kalibrasi
1. Mitakudin, S.Si



PT. ADI MULTI KALIBRASI

Gambar 14. Hasil Kalibrasi Sensor SpO₂

Pada kalibrasi sensor kinerja Pulse Rate mendapatkan hasil laik pakai dengan percobaan sebanyak empat kali dengan pengaturan standar parameter dari 30,60,120,dan 180. Selanjutnya, pada alat (BPM) didapatkan hasil 30, 60, 120, dan 179. Kesalahan relative mendapatkan maksimal 1% dengan toleransi $\pm 5\%$ atau ± 5 BPM dan nilai ketidakpastian hanya ± 0.6 . Sedangkan kinerja sensor SpO2 dilakukan percobaan sebanyak enam kali dengan rincian parameter standar sebagai berikut: 70, 75, 80, 85, 90, dan 95. Hasil pembacaan alat mendapatkan nilai 68, 73, 78, 84, 90, dan 95. Tingkat kesalahan relative tertinggi mendapatkan nilai 3% dan terendah 1% dengan nilai toleransi $\pm 1\%$ O2 serta nilai ketidakpastian tertinggi mencapai 0.9 dan terendah 0.6. Pada kalibrasi tersebut menggunakan metode MK-011 dengan kondisi ruang antara lain: suhu (26.7 ± 0.3) $^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relative (68 ± 4)%. Kalibrasi ini menggunakan alat pembanding yaitu Spotlight SpO2Functional Tester Merk Fluke dengan nomor sertifikat CAL/031/3691015-02/16/21 dan Thermohygrometer dengan nomor sertifikat 4706/AMK/VI/2023. Kalibrasi alat ini menyatakan bahwa ketidakpastian pengukuran dilaporkan pada tingkat kepercayaan 95% dengan factor cakupan $k = 2$ dan tiap pembacaan SpO2 diperhatikan penambahan nilai koreksinya.

4.4 Pembahasan



Gambar 15. Uji IoT

Pada hasil pengukuran didapatkan bahwa denyut nadi mencapai nilai error sekitar 0,6 dengan toleransi 5% atau 5 BPM. Menurut Matthew E. Wieler, hasil alat infant warmernya mendapatkan nilai error sekitar 0.53%, sedangkan alat infant warmer lain juga mendapatkan nilai error sebesar 0.37%. (Irianto et al., 2023), 0.87% (Yuliawan et al., 2020) <1.702% (Wijaya et al., 2020), 2.702% (Jalinas et al., 2018), dan 3.23% (Aisyah et al., 2019). Nilai kesalahan yang diijinkan untuk perawatan pasien kurang dari 5%.

Hasil pengukuran sensor SpO₂ mencapai hasil koreksi tertinggi hanya dua dan kesalahan relatif tertinggi tiga persen. Berdasarkan M. Syahrul Azam (Nampira et al., 2021), dari hasil alat infant warmernya didapatkan nilai error sensor SpO₂ tertinggi sebesar 0.68% dan terkecil 0.17%. Sedangkan alat infant warmer lain yang sejenis menyatakan nilai error pada kisaran 0,0123%.(Aditya & Wahyuni, 2020), 1% (Nugraha et al., 2021), >3% (Shalannanda et al., 2020), 0.38% (Suprayitno et al., 2019), 0.81% (Huang & Guo, 2021), 1% (Sari et al., 2021), dan alat infant warmer lain mengungkapkan nilai deviasi sekitar 1,62% (Puspitasari et al., 2020b).

Pada hasil pengukuran, ditemukan bahwa suhu sensor kulit terbaca pada 35,65°C dengan kesalahan koreksi 0,23 dari suhu indikator. Maka toleransi kesalahan mencapai kurang lebih 0,5°C. Hal ini juga terjadi pada alat infant warmer sebelumnya, selisih pengukuran sensor suhu hanya sekitar 0.13-0.182°C dengan error terbesar sistem mencapai 0.517% (Lamidi et al., 2021) dan alat infant warmer lain mencapai tingkat kesalahan hanya 0,28% (Nampira et al., 2021). Kemudian berdasarkan alat infant warmer lain, hasil yang diperoleh untuk nilai kesalahan juga kurang dari 0,5°C (Maghfiroh et al., 2022; Majid et al., 2022; Ningtias et al., 2021). Menurut Bayu Wahyudi (Wahyudi et al., 2019), nilai kesalahan yang diperoleh dari pengukuran sensor DS18B20 adalah sekitar 1% (Kristya et al., 2021) atau 0.3°C. Alat infant warmer sebelumnya juga menyatakan hasil nilai error yang memperoleh nilai error sekitar 0.15 - 0.29°C (Arianto & Siswoyo, 2022), 1.02% (Yuliawan et al., 2020), 0.06% (Sharma & Singh, 2021b), 0.37% (Ningtias et al., 2021), dan 2.18% (Jalinas et al., 2018). Alat infant warmer-alat infant warmer tersebut, dalam mengukur suhu, melakukan kalibrasi dengan alat Incubator Analyzer yang sama dengan yang digunakan dalam alat infant warmer ini.

Alat infant warmer sebelumnya menggunakan sistem penghangat bayi dengan kontrol PID untuk meningkatkan kinerja stabilitas suhu. Percobaan menunjukkan pengaturan suhu 35°C dengan kesalahan 0% (Sharma & Singh, 2021a). Kemudian alat infant warmer lain juga mendapatkan perbandingan sensor DS18B20 dengan termometer, selisihnya memiliki rata-rata 0,3°C dan deviasi 1%. Sehingga hal ini masih dalam batas standar (Wahyudi et al., 2019). Selanjutnya penghangat bayi yang menggunakan logika fuzzy didapatkan tingkat ketelitian untuk pemantau suhu dengan selisih suhu dengan rata-rata

kesalahan termometer sebesar 1,07% dengan tingkat akurasi sebesar 98,93% (Rachman et al., 2012). Penghangat bayi serupa lainnya yang menggunakan logika fuzzy dapat memberikan suhu dengan nilai kesalahan 1,36% dengan batas toleransi 0,1°C (Prasojo & Suprianto, 2019). Menurut Shaib (M et al., 2017), pemantauan suhu masih menggunakan Jaringan Komputer Nirkabel dimana alat tersebut disalurkan melalui Xbee Pro. Kelemahan dari alat ini adalah proses pengolahan data dan proses tampilan masih menggunakan komputer. Selain itu juga dibuat oleh Azkiyak et, al yang mengusulkan sebuah monitoring suhu dan kelembaban dengan Mikrokontroler ATmega328, proses pendistribusiannya masih menggunakan wireless HC-12 (Azkiyak et al., 2020). Kemudian Hannouch dkk juga mengusulkan pemantauan suhu dan kelembaban pada penghangat bayi melalui nurse-call yang dilengkapi wireless dimana proses pengirimannya masih menggunakan HC-11 dan hasilnya ditampilkan pada komputer (Hannouch et al., 2020). Menurut Shabaan, alat infant warmernya juga menggunakan internet, dan data ditampilkan melalui LCD Karakter untuk pemantauan suhu dan kelembaban (Shabaan et al., 2013).

According to Sendra et al. (Sendra et al., 2018), Inkubator bayi dikembangkan dengan sensor DHT11, Wemos D1, Arduino Mega, dan FSR-402. Kemudian perangkat tersebut menggunakan modul LoRa dan NXP PN532. Ada juga penghangat bayi yang dikembangkan dengan sistem Arduino Uno, modul WIFI ESP8266, sensor DHT11/DHT22, dan Thingspeak Platform untuk menyimpan data (Shabeeb et al., 2020). Selanjutnya, pengembangan penghangat bayi menggunakan alarm, SN-Pulse, dan sistem Arduino Uno (Mohamad Ishak et al., 2017), while Ashish (Ashish, 2017) hanya memantau suhu inkubator dengan sensor LM-35 dan modul WIFI Raspberry Pi 2+ ESP8266.



Gambar 16. Uji Suhu Heater

Pengembangan penghangat bayi juga telah dikembangkan dengan penggunaan MQ5 untuk memonitor suhu, kelembapan, dan SpO2 (Sheet et al., 2019). Selain itu, pengembangan inkubator bayi telah meningkatkan sistem kerjanya dari jarak jauh melalui antarmuka pengguna grafis berbasis web (Koli et al., 2018). Ada pengembangan serupa yang menggunakan aplikasi web untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh dengan menyertakan sensor DHT11, modul RTC DS130, dan Arduino Mega 2560 (Ali et al., 2018). Alat infant warmer ini juga menggunakan sistem jarak jauh melalui aplikasi web dengan menanamkan sensor DHT22, DS18B20, dan modul GSM SIM900A (Kapen et al., 2019). Beberapa pengembangan penghangat bayi menggunakan sistem nirkabel (Go et al., 2014; Mamun, 2015) untuk memantau suhu, kelembapan, dan SpO2 dengan LabVIEW (Agustine et al., 2018; Annapurna et al., 2021; Guber et al., 2019). Serta penghangat bayi menggunakan sistem komunikasi Bluetooth melalui smartphone Android (Yusof & Hau, 2019).



Gambar 17. Uji Saturasi Oksigen

Penggunaan teknologi IoT memungkinkan konsultasi medis dan tindak lanjut pasien dengan sistem di tempat terpencil dan terisolasi, atau dengan mobilitas terbatas (Al-Majeed et al., 2015). Kemudian, teknologi IoT menyediakan pemantauan waktu nyata, analisis kesehatan terkait cloud, dan pembelajaran mesin (Rahman et al., 2020). IoT juga telah meningkatkan perhatian global (Wan, A. A. H. Al-awlaqi, et al., 2018) IoT telah menjadi fungsi utama untuk prediksi, pencegahan, dan pemantauan penyakit menular dan penyakit menular (Christaki, 2015). IoT adalah salah satu layanan dan

aplikasi cerdas yang dapat dihubungkan, seperti pengenalan perilaku, diagnosis penyakit, dan bantuan cerdas (Wan, Li, et al., 2018). Berdasarkan penjelasan di atas, implementasi IoT yang ditanamkan pada *Infant Warmer* merupakan sebuah alat bantu pintar untuk membantu tenaga kesehatan dalam memantau pasien yang baru lahir.

BAB V PENGEMBANGAN BERKELANJUTAN

5.1 Kesimpulan

Penghangat bayi pintar ditujukan untuk meningkatkan akurasi pemantauan suhu, meningkatkan keamanan, dan memungkinkan pemantauan jarak jauh. Penghangat bayi telah berhasil menerapkan teknologi IoT dan percobaannya juga mencapai hasil data yang terukur dan akurat. Sensor suhu kulit memperoleh deviasi standar sekitar $\pm 0,49$, nilai toleransi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, dan nilai koreksi $-0,23$ poin. Menurut sensor SpO_2 , nilainya mencapai standar deviasi sekitar $\pm 0,6-0,9$ dengan nilai toleransi $\pm 1\%$ O_2 dan nilai koreksi sekitar 1-2 poin. Kemudian nilai denyut nadi mencapai standar deviasi $\pm 0,6$ dengan nilai toleransi $\pm 5\%$ dan nilai koreksi sekitar 0-1 poin. Kalibrasi alat infant warmer menggunakan *Incubator Analyzer* dan *Thermohygrometer* untuk sensor suhu, tetapi *Spotlight SpO₂ Functional Tester* digunakan oleh sensor SpO_2 .

5.2 Saran

Sejalan dengan kesimpulan pada alat *infant warmer* ini, maka dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pengembangan *infant warmer* dapat dikembangkan dengan penyematan teknologi sistem telemedis untuk lebih memudahkan interaksi antara pasien dengan dokter.
2. Penyematan *data logger* dapat menyimpan hasil kinerja sensor-sensor yang ada pada *infant warmer*, antara lain: sensor pengukur suhu dan saturasi oksigen .

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, L., & Wahyuni, R. D. (2020). DESIGN OF A NON INVASIVE OXYGEN LEVEL MEASURING DEVICE USING MAX30100 SENSOR. *Elektrokrisna Journal*, 8(2), 62–69.
- Agustine, L., Muljono, I., Angka, P. R., Gunadhi, A., Lestariningsih, D., & Weliamto, W. A. (2018). Heart Rate Monitoring Device for Arrhythmia Using Pulse Oximeter Sensor Based on Android. *2018 International Conference on Computer Engineering, Network and Intelligent Multimedia, CENIM 2018 - Proceeding*, 106–111. <https://doi.org/10.1109/CENIM.2018.8711120>
- Aisyah, F. N., Ketut Vanda, A. W., Devara, K., Poespawati, N. R., & Purnamaningsih, R. W. (2019). The design of stethoscope-based heart rate monitoring device for infant incubator application. *AIP Conference Proceedings*, 2092(April), 1–7. <https://doi.org/10.1063/1.5096686>
- Ali, M., Abdelwahab, M., Awadekreim, S., & Abdalla, S. (2018). Development of a Monitoring and Control System of Infant Incubator. *2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering, ICCCEE 2018, Lcd*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICCCEE.2018.8515785>
- Al-Majeed, S. S., Al-Mejibli, I. S., & Karam, J. (2015). Home telehealth by Internet of Things (IoT). *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 2015-June(June)*, 609–613. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2015.7129344>
- Annapurna, B., Manda, A., Raj, A. C., Indira, R., Kumari, S. P., & Nagalakshmi, V. (2021). Max 30100/30102 Sensor Implementation to Viral Infection Detection Based On Spo2 and Heartbeat Pattern. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(2), 2053–2061.
- Arianto, E., & Siswoyo, A. (2022). Analysis of Temperature Spread Rate of Baby Incubator with DS18B20 Sensor. *J-Innovation Journal*, 11(2), 39–43. <https://doi.org/10.55600/jipa.v11i2.144>
- Ashish, B. (2017). Temperature monitored IoT based smart incubator. *International Conference on I-SMAC IEEE*.
- Azkiyak, V. N., Syaifudin, S., & Titisari, D. (2020). Incubator Analyzer Using Bluetooth Android Display (Humidity & Air Flow). *J. Electron.Electromed. Eng. Med. Informatics*, 1(2), 71–77. <https://doi.org/10.35882/ijeeemi.v1i2.5>
- Babiuch, M., Foltynnek, P., & Smutny, P. (2019). Using the ESP32 microcontroller for data processing. *Proceedings of the 2019 20th International Carpathian Control Conference, ICC 2019*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>

- Christaki, E. (2015). New technologies in predicting, preventing and controlling emerging infectious diseases. *Virulence*, 6(6), 558–565. <https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1040975>
- Cramer, K., Wiebe, N., Hartling, L., Crumley, E., & Vohra, S. (2005). Heat loss prevention: A systematic review of occlusive skin wrap for premature neonates. *Journal of Perinatology*, 25(12), 763–769. <https://doi.org/10.1038/sj.jp.7211392>
- De Almeida, M. F. B., Guinsburg, R., Sancho, G. A., Rosa, I. R. M., Lamy, Z. C., Martinez, F. E., Da Silva, R. P. G. V. C., Ferrari, L. S. L., De Souza Rugolo, L. M. S., Abdallah, V. O. S., & Silveira, R. D. C. (2014). Hypothermia and early neonatal mortality in preterm infants. *Journal of Pediatrics*, 164(2), 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2013.09.049>
- Fathoni, A. N., Hudallah, N., Putri, R. D. M., Khotimah, K., Rijanto, T., & Ma'Arif, M. (2020). Design Automatic Dispenser for Blind People based on Arduino Mega using DS18B20 Temperature Sensor. *3rd International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICVEE50212.2020.9243254>
- Fezari, M., & Al Dahoud, A. (2019). Exploring One-wire Temperature sensor “DS18B20” with Microcontrollers. *University of Al-Zaytoonah Faculty of IT, February*, 1–9.
- Go, A. S., Mozaffarian, D., Roger, V. L., Benjamin, E. J., Berry, J. D., Blaha, M. J., Dai, S., Ford, E. S., Fox, C. S., Franco, S., Fullerton, H. J., Gillespie, C., Hailpern, S. M., Heit, J. A., Howard, V. J., Huffman, M. D., Judd, S. E., Kissela, B. M., Kittner, S. J., ... Turner, M. B. (2014). Heart Disease and Stroke Statistics - 2014 Update: A report from the American Heart Association. In *Circulation* (Vol. 129, Issue 3). <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000441139.02102.80>
- Guber, A., Epstein Shochet, G., Kohn, S., & Shitrit, D. (2019). Wrist-Sensor Pulse Oximeter Enables Prolonged Patient Monitoring in Chronic Lung Diseases. *Journal of Medical Systems*, 43(7). <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1317-2>
- Hannouch, A., Lemenand, T., Khoury, K., & Habchi, C. (2020). Heat and mass transfer of preterm neonates nursed inside incubators - A review. *Therm. Sci. Eng. Prog.*, 18, 100553.
- Huang, C.-H., & Guo, J.-W. (2021). Design of Reflectance Pulse Oximeter and BPM using the Max30100 Sensor in Early Detection of Hypoxemia in Patients with Cardiovascular Disorders. *International Journal of Advanced Health Science and Technology*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.35882/ijahst.v1i1.1>
- Hutagaol, Darwin, & Yantri. (2014). Effect of Early Initiation of Breastfeeding (IMD) on Temperature and Heat Loss in Newborns.

- Jurnal Kesehatan Andalas*, 3(3), 332–338.
<https://doi.org/10.25077/jka.v3i3.113>
- Irianto, B. G., Maghfiroh, A. M., Sofie, M., & Kholiq, A. (2023). Baby Incubator with Overshoot Reduction System using PID Control Equipped with Heart Rate Monitoring Based on Internet of Things. *International Journal of Technology*, 14(4), 811.
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i4.5678>
- Jain, S., Nehra, M., Kumar, R., Dilbaghi, N., Hu, T. Y., Kumar, S., Kaushik, A., & Li, C. zhong. (2021). Internet of medical things (IoMT)-integrated biosensors for point-of-care testing of infectious diseases. *Biosensors and Bioelectronics*, 179(February), 113074.
<https://doi.org/10.1016/j.bios.2021.113074>
- Jalinas, J., Kusuma Raharja, W., & Putra Emas Wijaya, B. (2018). Design of Monitoring Tool Heartbeat Rate and Human Body Temperature Based on WEB. *MATEC Web of Conferences*, 164, 1–19.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201816401017>
- Janani, K., Ajitha P, R. S., Subbaiyan, H., & Jose, J. (2017). Efficiency of new custom-made pulse oximeter sensor holder in assessment of actual pulp status. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 6(2), 169–170. <https://doi.org/10.4103/jfmmpc.jfmmpc>
- Joyia, G. J., Liaqat, R. M., Farooq, A., & Rehman, S. (2017). Internet of medical things (IOMT): Applications, benefits and future challenges in healthcare domain. *Journal of Communications*, 12(4), 240–247.
<https://doi.org/10.12720/jcm.12.4.240-247>
- Kapen, P. T., Mohamadou, Y., Momo, F., Jauspin, D. K., Kanmagne, N., & Jordan, D. D. (2019). Development of a neonatal incubator with phototherapy, biometric fingerprint reader, remote monitoring, and heart rate control adapted for developing countries hospitals. *Journal of Neonatal Nursing*, 25(6), 298–303.
<https://doi.org/10.1016/j.jnn.2019.07.011>
- Knobel, R. B., Holditch-Davis, D., Schwartz, T. A., & Wimmer, J. E. (2009). Extremely low birth weight preterm infants lack vasomotor response in relationship to cold body temperatures at birth. *Journal of Perinatology*, 29(12), 814–821. <https://doi.org/10.1038/jp.2009.99>
- Koli, M., Ladge, P., Prasad, B., Boria, R., & Balur, N. J. (2018). Intelligent Baby Incubator. *Proceedings of the 2nd International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2018, Iceca*, 1036–1042. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2018.8474763>
- Kristya, F., Luthfiyah, S., Hari Wisana, I. D. G., & Thaseen, M. (2021). Baby Incubator Monitoring Center for Temperature and Humidity using WiFi Network. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(1), 8–13. <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v3i1.2>

- Lamidi, L., Kholiq, A., & Ali, M. (2021). A Low Cost Baby Incubator Design Equipped with Vital Sign Parameters. *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(2), 53–58. <https://doi.org/10.35882/ijeeemi.v3i2.3>
- Laptook, A. R., Bell, E. F., Shankaran, S., Boghossian, N. S., Wyckoff, M. H., Kandefer, S., Walsh, M., Saha, S., Higgins, R., Polin, R. A., Keszler, M., Vohr, B. R., Hensman, A. M., Vieira, E., Little, E., Fanaroff, A. A., Hibbs, A. M., Newman, N. S., Siner, B. S., ... Wiggins, S. A. (2018). Admission Temperature and Associated Mortality and Morbidity among Moderately and Extremely Preterm Infants. *Journal of Pediatrics*, 192, 53-59.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.09.021>
- Lunze, K., Bloom, D. E., Jamison, D. T., & Hamer, D. H. (2013). The global burden of neonatal hypothermia: Systematic review of a major challenge for newborn survival. *BMC Medicine*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-24>
- M, S., M, R., L, H., M, A., I, E. M., & AJ., Z. (2017). Advanced portable preterm baby incubator. *Fourth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME) IEEE, October*, 1–4.
- Maghfiroh, A. M., Amrinsani, F., Firmansyah, R. M., & Misra, S. (2022). Infant Warmer with Digital Scales for Auto Adjustment PID Control Parameters. *Teknokes Journal*, 15(2), 117–123. <https://doi.org/10.35882/jteknokes.v15i2.246>
- Majid, A., Endang Dian Setioningsih, Kholiq, A., Setiawan, S. Y., & Suthar, A. (2022). Comparative Analysis of PID and Fuzzy Temperature Control System on Infant Warmer. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 4(4). <https://doi.org/10.35882/ijeeemi.v4i4.257>
- Mamun, M. (2015). A Wireless Based Temperature, Humidity and Light Intensity Monitoring System for Child Incubators. *International Journal of Engineering Trends and Applications (IJETA)*, 2(3), 67–71.
- Mccall, E. M., Alderdice, F., Halliday, H. L., Vohra, S., & Johnston, L. (2018). Interventions to prevent hypothermia at birth in preterm and/or low birth weight infants (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(2). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004210.pub5>
- Mohamad Ishak, D. N. F., Abdul Jamil, M. M., & Ambar, R. (2017). Arduino Based Infant Monitoring System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 226(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/226/1/012095>
- N, S. R. P., Udani, R., & Nanavati, R. (2008). Kangaroo Mother Care for Low Birth Weight Infants: A Randomized Controlled Trial. *Indian Pediatrics*, 45, 17–23.

- Nampira, M. S. A., Kholiq, A., & Lamidi. (2021). A Modification of Infant Warmer with Monitoring of Oxygen Saturation, Heart Rate and Skin Temperature. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(1), 19–25.
<https://doi.org/10.35882/jeeemi.v3i1.4>
- Ningtias, D. R., Wahyudi, B., & Harsoyo, I. T. (2021). Temperature Monitoring on Infant Warmer Using Arduino-based INCU Analyzer. *Elektrika Journal*, 13(1), 22.
<https://doi.org/10.26623/elektrika.v13i1.3118>
- Nugraha, P. C., Mak'ruf, M. R., Lusiana, & Luthfiyah, S. (2021). Long Distance Dual SpO₂ Monitoring in Premature Babies Via Bluetooth Communication. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 3(2), 106–110.
<https://doi.org/10.35882/jeeemi.v3i2.7>
- Patodia, J., Mittal, J., Sharma, V., Verma, M., Rathi, M., Kumar, N., Jain, R., & Goyal, A. (2021). Reducing admission hypothermia in newborns at a tertiary care NICU of northern India: A quality improvement study. *Journal of Neonatal-Perinatal Medicine*, 14(2), 277–286.
<https://doi.org/10.3233/NPM-190385>
- Perlman, J. M., Wyllie, J., Kattwinkel, J., Wyckoff, M. H., Aziz, K., Guinsburg, R., Kim, H. S., Liley, H. G., Mildenhall, L., Simon, W. M., Szyld, E., Tamura, M., Velaphi, S., Boyle, D. W., Byrne, S., Colby, C., Davis, P., Ersdal, H. L., Escobedo, M. B., ... Yeo, C. L. (2015). Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. In *Circulation* (Vol. 132). Circulation. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000276>
- Prasojo, S., & Suprianto, B. (2019). Design of Temperature Control System for Baby Incubator Based on Fuzzy Logic Controller. *Jurnal Teknik Elektro Volume*, 08(01), 163–171.
- Pratiwi, A. D., Yulianto, E., & Kholiq, A. (2019). Infant Incubator Berbasis Proportional Integral dan Derivative (PID) Dilengkapi Dengan Mode Kanguru. *Jurnal Teknokes*, 12(1), 33–38.
<https://doi.org/10.35882/teknokes.v12i1.6>
- Pravalika, V., & Rajendra Prasad, C. (2019). Internet of things based home monitoring and device control using Esp32. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1 Special Issue 4), 58–62.
- Puspitasari, A. J., Famella, D., Sulthonur Ridwan, M., & Khoiri, M. (2020a). Design of low-flow oxygen monitor and control system for respiration and SpO₂ rates optimization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1436(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1436/1/012042>

- Puspitasari, A. J., Famella, D., Sulthonur Ridwan, M., & Khoiri, M. (2020b). Design of low-flow oxygen monitor and control system for respiration and SpO₂ rates optimization. *Journal of Physics: Conference Series*, 1436(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1436/1/012042>
- Rachman, F. N., SUPadi, & Prijo, T. A. (2012). Design of a Fuzzy Logic-based Monitoring and Temperature Control System for Baby Incubators. *Journal Unair*, 1–81.
- Rahman, S., Peeri, N. C., Shrestha, N., Zaki, R., Haque, U., Hafizah, S., & Hamid, A. (2020). Defending against the Novel Coronavirus (COVID-19) outbreak: How can the internet of Things (IoT) help to save the world? *Health Police and Technology*, 9(January), 136–138. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.04.005>
- Ramesh Saha, Biswas, S., Sarmah, S., Karmakar, S., & Das, P. (2021). A Working Prototype Using DS18B20 Temperature Sensor and Arduino for Health Monitoring. *SN Computer Science*, 2(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s42979-020-00434-2>
- Sari, N. N., Gani, M. N., Maharani Yusuf, R. A., & Firmando, R. (2021). Telemedicine for silent hypoxia: Improving the reliability and accuracy of Max30100-based system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(3), 1419–1426. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1419-1426>
- Sendra, S., Romero-Diaz, P., Navarro-Ortiz, J., & Lloret, J. (2018). Smart Infant Incubator Based on LoRa Networks. *Proceedings of IEEE/ACIS International Conference on Computer Systems and Applications, AICCSA, November*. <https://doi.org/10.1109/AICCSA.2018.8612863>
- Shabaan, A. R., El-Metwally, S. M., Farghaly, M. M. A., & Sharawi, A. A. (2013). PID and fuzzy logic optimized control for temperature in infant incubators. *5th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC)*, 53–59.
- Shabeeb, A. G., Al-Askery, A. J., & Nahi, Z. M. (2020). Remote monitoring of a premature infants incubator. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 17(3), 1232–1238. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v17.i3.pp1232-1238>
- Shalannanda, W., Zakia, I., Fahmi, F., & Sutanto, E. (2020). Implementation of the hardware module of IoT-based infant incubator monitoring system. *Proceeding of 14th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications, TSSA 2020*, 13–17. <https://doi.org/10.1109/TSSA51342.2020.9310901>
- Sharma, I., & Singh, M. (2021a). Infant Warmer Design with PID Control for Stability and Equal Temperature Distribution Equipped with Digital Scales for Prevention of Hypothermia in Newborns. *International*

- Journal of Advanced Health Science and Technology*, 1(1), 7–13.
<https://doi.org/10.35882/ijahst.v1i1.2>
- Sharma, I., & Singh, M. (2021b). Infant Warmer Design with PID Control for Stability and Equal Temperature Distribution Equipped with Digital Scales for Prevention of Hypothermia in Newborns. *International Journal of Advanced Health Science and Technology*, 1(1), 7–13.
<https://doi.org/10.35882/ijahst.v1i1.2>
- Sheet, S. S. M., Mohammed, Z. G., Khaleel, K. N., & Abbas, A. A. (2019). Smart Infant Incubator Based on Mega Microcontroller. *2nd International Conference on Engineering Technology and Its Applications IEEE*, 1–6.
- Silalahi, L. M., Osman, G., Silaban, F. A., Simanjuntak, I. U. V., & Rochendi, A. D. (2021). Design An Infant Warmer With Android-Based Temperature Monitoring. *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*, 3(2), 67–73. https://doi.org/10.52661/j_ict.v3i2.86
- Sousa, D. S., Sousa Júnior, A. S., Santos, A. D. R., Melo, E. V., Lima, S. O., Almeida-Santos, M. A., & Reis, F. P. (2017). Morbidade em recém-nascidos prematuros de extremo baixo peso em unidade de terapia intensiva neonatal. *Revista Brasileira de Saude Materno Infantil*, 17(1), 139–147. <https://doi.org/10.1590/1806-93042017000100008>
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suprayitno, E. A., Marlianto, M. R., & Mauliana, M. I. (2019). Measurement device for detecting oxygen saturation in blood, heart rate, and temperature of human body. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(3), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/3/033110>
- Utomo, B., Triwiyanto, Luthfiyah, S., Mudjiono, U., & Hamzah, T. (2019). The Real-Time Vital Sign Monitor for Heart Rate and SPO2 Parameter Using Internet of Things Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1373(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1373/1/012028>
- Uwamariya, J., Mazimpaka, C., May, L., Nshimiyiryo, A., Feldman, H. A., Sayinzoga, F., Umutesi, S., Gadgil, A., Rapp, V. H., Nahimana, E., & Hansen, A. (2021). Safety and effectiveness of a non-electric infant warmer for hypothermia in Rwanda: A cluster-randomized stepped-wedge trial. *EClinicalMedicine*, 34, 100842.
<https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100842>
- Wahyudi, B., Miftahudin, M., & Firdaus, I. (2019). Design of a Mobile Infant Warmer Using a DC Heater. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 7(2), 145–152. <https://doi.org/10.23960/taf.v7i2.2143>
- Wan, J., A. A. H. Al-awlaqi, M., Li, M. S., O’Grady, M., Gu, X., Wang, J., & Cao, N. (2018). Wearable IoT enabled real-time health monitoring

- system. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 2018(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-018-1308-x>
- Wan, J., Li, M., O'Grady, M. J., Gu, X., Alawlaqi, M. A. A. H., & O'Hare, G. M. P. (2018). Time-Bounded Activity Recognition for Ambient Assisted Living. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1109/TETC.2018.2870047>
- WHO. (2016). Who compendium of innovative health technologies for low-resource setting 2011-2014. *Healthcare Journal*, 2016(1), 143.
- Widhiada, W., Antara, I. N. G., Budiarsa, I. N., & Karohika, I. M. G. (2019). The Robust PID Control System of Temperature Stability and Humidity on Infant Incubator Based on Arduino at Mega 2560. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 248(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/248/1/012046>
- Wijaya, N. H., Fauzi, F. A., Helmy, E. T., Nguyen, P. T., & Atmoko, R. A. (2020). The design of heart rate detector and body temperature measurement device using ATmega16. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(2), 40–43. <https://doi.org/10.18196/jrc.1209>
- Yevsieiev, V., & Luchaninova, O. (2022). Development of the environmental visualization system based on ESP32-CAM. *Theory and Practice of Modern Science*, 1(April), 1–14.
- Yuliawan, N. A., Indrato, T. B., & Soetjatie, L. (2020). Analysis of Transmission Data Loss in the Design of Temperature and BPM Monitoring for Android Shown Babies (Blynk Application). *Proceedings of the National Health Seminar Health Polytechnic of Surabaya Ministry of Health Surabaya*, 1–8.
- Yusof, M. A., & Hau, Y. W. (2019). Mini home-based vital sign monitor with android mobile application (myVitalGear). *2018 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences, IECBES 2018 - Proceedings*, 150–155. <https://doi.org/10.1109/IECBES.2018.8626639>
- Z.A, N., Roja, Y. P., & Sylvia, N. (2019). PID Control Application in Formic Acid Plant Reactor with Capacity of 100,000 Tons/Year. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(2), 135. <https://doi.org/10.29103/jtku.v7i2.1253>