p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

SISTEM MONITORING KONDISI BAYI BERBASIS ESP32-CAM DAN *WEB SERVER* DI KLINIK DO'A BERSAMA

Eka Dela Putri[1], Irfan Fathoni[2]
Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pamulang Kampus Serang
Jl. Raya Jakarta-Serang, Kelurahan Kelodran, Kecamatan Walantaka, Kota Serang, Banten 42183
E-mail: putriekadela@gmail.com[1], dosen02883@unpam.ac.id[2]

Abstrak - Pemantauan bayi baru lahir di ruang perawatan (*nursery*) merupakan aspek kritis dalam layanan kesehatan yang sering kali terkendala keterbatasan jumlah perawat dan jarak fisik antara ruang bayi dengan *nurse station*, sebagaimana ditemukan di Klinik Do'a Bersama. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem *monitoring* kondisi bayi berbasis *web server* lokal menggunakan modul ESP32 DevKit V1 dan ESP32-CAM. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan tiga fitur utama dalam satu *dashboard web* responsif, yaitu *live streaming video*, pemantauan suhu ruangan menggunakan sensor DHT22, serta deteksi tangisan bayi menggunakan sensor suara KY-037. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, serta pengujian dan evaluasi sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menampilkan *dashboard web* secara stabil pada seluruh perangkat uji. Sensor DHT22 mencapai akurasi 98,67% dengan rata-rata *error* sebesar 1,33%. *Live streaming video* berjalan optimal dengan *delay* kurang dari 2 detik pada jangkauan *WiFi* hingga 8 meter. Sensor suara KY-037 dapat mendeteksi tangisan bayi namun memerlukan optimasi sensitivitas dan jarak deteksi untuk hasil yang lebih andal. Sistem ini dikembangkan dengan pendekatan *embedded system* dan menunjukkan efektivitas sebagai solusi *monitoring* jarak jauh yang praktis dan terjangkau bagi fasilitas kesehatan tingkat pertama, dengan rekomendasi peningkatan spesifikasi sensor suara pada pengembangan selanjutnya.

Kata Kunci: Monitoring Bayi, *Internet of Things* (IoT), ESP32-CAM, DHT22, *Nursery*, *Embedded System*.

I. PENDAHULUAN

Bayi baru lahir atau *neonatus* merupakan kelompok paling rentan dalam dunia kesehatan karena seluruh sistem organ tubuhnya masih dalam proses adaptasi terhadap lingkungan luar rahim. World Bank (2023) mencatat angka kematian bayi di Indonesia masih berada pada kisaran 17 per 1.000 kelahiran hidup, menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan angka kematian neonatal tertinggi di kawasan Asia Tenggara. Laporan UNICEF Indonesia (2023) turut mengungkapkan bahwa sekitar 50% kematian pada tahun pertama kehidupan terjadi pada 28 hari pertama setelah kelahiran. Sebagian besar kematian tersebut sebenarnya dapat dicegah apabila pemantauan kondisi bayi dilakukan secara tepat dan berkesinambungan.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar dalam bidang *smart healthcare*. Hossain et al. (2023) menjelaskan bahwa penerapan IoT dalam layanan kesehatan memungkinkan pengumpulan data secara kontinu yang dapat langsung diakses oleh tenaga medis kapan pun dibutuhkan. Teknologi ini pada dasarnya menyediakan fondasi yang dibutuhkan untuk menciptakan sistem *monitoring* bayi yang lebih andal, efisien, dan dapat diakses dari jarak jauh.

Namun pada kenyataannya, banyak fasilitas kesehatan tingkat pertama belum memanfaatkan teknologi tersebut secara optimal. Berdasarkan observasi awal di Klinik Do'a Bersama, ditemukan permasalahan berupa jarak fisik antara ruang bayi (*nursery*) dengan *nurse station* yang menyebabkan perawat tidak dapat memantau kondisi bayi secara langsung. Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan jumlah perawat, terutama pada *shift* malam, sehingga pengawasan menjadi tidak konsisten. Solusi yang selama ini digunakan adalah kamera CCTV konvensional, namun sistem ini bersifat pasif karena tidak dilengkapi mekanisme peringatan otomatis, aksesnya terpusat pada satu titik monitor, dan biaya instalasinya relatif tinggi bagi klinik dengan anggaran teknologi terbatas.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi solusi pemantauan berbasis ESP32-CAM, di antaranya Tirta et al. (2024) yang mengembangkan sistem *live streaming video* untuk pemantauan ruangan, serta Okokpujie et al. (2023) yang merancang sistem *monitoring* berbasis IoT untuk ruang perawatan. Namun keduanya belum mengintegrasikan *live streaming video* dengan pemantauan sensor lingkungan secara bersamaan dalam satu *dashboard web* lokal khususnya untuk kebutuhan ruang *nursery*. Celah inilah yang menjadi titik berangkat penelitian ini.

Penelitian ini mengusulkan perancangan dan implementasi sistem *monitoring* kondisi bayi berbasis *web server* lokal menggunakan ESP32 DevKit V1 dan ESP32-CAM. Sistem mengintegrasikan *live streaming video*, pemantauan suhu melalui sensor DHT22, dan deteksi tangisan bayi menggunakan sensor suara KY-037 dalam satu *dashboard web* responsif. Penggunaan dua unit

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

mikrokontroler yang bekerja secara paralel menjadikan sistem lebih stabil dan responsif. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, serta pengujian dan evaluasi sistem.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Monitoring Bayi

Monitoring kondisi bayi baru lahir merupakan bagian penting dalam pelayanan kesehatan neonatal. Bayi pada periode 0 hingga 28 hari pertama kehidupan memiliki kerentanan tinggi terhadap gangguan kesehatan yang dapat mengancam keselamatan jiwa. United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation (UN IGME, 2024) mencatat bahwa dari 4,9 juta kematian anak di bawah usia lima tahun secara global pada tahun 2022, sebanyak 2,3 juta di antaranya merupakan kematian neonatal, dengan laju penurunan yang lebih lambat dibandingkan kelompok usia anak yang lebih besar.

Parameter penting yang harus dipantau meliputi suhu lingkungan, pola tangisan, serta kondisi fisik bayi secara visual. WHO merekomendasikan suhu tubuh bayi baru lahir dijaga pada rentang 36,5 hingga 37,5°C guna mencegah risiko hipotermia dan hipertermia yang dapat menyebabkan morbiditas dan mortalitas (Dunne et al., 2024). Di fasilitas kesehatan tingkat pertama, pemantauan umumnya masih dilakukan secara manual oleh perawat, sehingga keterbatasan jumlah tenaga dan jarak fisik antara ruang *nursery* dengan *nurse station* menjadi hambatan nyata dalam menjaga kontinuitas pengawasan. Oleh karena itu, diperlukan sistem *monitoring* berbantuan teknologi yang mampu melakukan pengawasan secara *real-time* dan memberikan peringatan otomatis ketika terdeteksi kondisi yang memerlukan perhatian segera.

2.2 *Internet Of Things*

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana objek-objek fisik dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi konektivitas untuk saling bertukar data melalui jaringan (Hidayat, 2021). Dalam bidang kesehatan, IoT memungkinkan pemantauan parameter vital pasien secara kontinu dan jarak jauh. Li et al. (2024) dalam tinjauan sistematis pada jurnal *Neurocomputing* menjelaskan bahwa penerapan IoT di bidang kesehatan membawa perubahan signifikan, di antaranya *remote patient monitoring*, perawatan yang lebih personal, dan pelayanan kesehatan yang lebih efisien. Rejeb et al. (2023) dalam tinjauan bibliometrik terhadap 2.990 artikel turut menyimpulkan bahwa IoT kesehatan, *Artificial Intelligence* (AI), dan *cloud computing* menjadi topik yang paling banyak diteliti saat ini.

Salah satu keunggulan IoT dalam aplikasi kesehatan adalah kemampuannya mengumpulkan data secara *real-time*, mengolahnya langsung di tingkat perangkat (*edge computing*), dan menyajikan informasi melalui antarmuka yang mudah diakses. Stergiou et al. (2023) menunjukkan bahwa sistem IoT yang menggabungkan *Wireless Sensor Network* (WSN) dan *cloud computing* dapat mendeteksi kondisi berbahaya secara otomatis. Dengan harga mikrokontroler dan sensor yang semakin terjangkau, penerapan teknologi ini di fasilitas kesehatan tingkat pertama dengan anggaran terbatas menjadi semakin memungkinkan.

2.3 E*mbedded Web Server*

Embedded web server merupakan perangkat lunak server HTTP yang berjalan langsung pada mikrokontroler tanpa memerlukan komputer server terpisah. Dalam arsitektur ini, mikrokontroler berfungsi sebagai pengontrol perangkat keras sekaligus penyaji halaman web yang dapat diakses melalui *browser* tanpa memerlukan layanan *cloud* berbayar maupun infrastruktur jaringan yang kompleks. Santos et al. (2023) mendokumentasikan bahwa ESP32-CAM mampu menjalankan *web server* untuk *live streaming video* pada jaringan lokal dengan biaya modul kurang dari $10, sehingga efisien untuk aplikasi *surveillance* dan *monitoring*.

Embedded web server diimplementasikan menggunakan *library* AsyncWebServer pada ESP32. AsyncWebServer memungkinkan penanganan beberapa *request* secara asinkron sehingga ESP32 dapat melayani *live streaming video* dan data sensor secara bersamaan tanpa terjadi *blocking* (Espressif Systems, 2023). Halaman web ditanamkan langsung ke dalam memori *flash* ESP32 sehingga sistem benar-benar mandiri. Pendekatan ini menawarkan kemudahan *deployment*, biaya operasional rendah, dan kompatibilitas *cross-platform* karena antarmuka dapat diakses dari *browser* apa pun tanpa perlu memasang aplikasi tambahan.

2.4 ESP32 DevKit V1

ESP32 DevKit V1 adalah papan pengembangan mikrokontroler berbasis *System on a Chip* (SoC) yang dirancang oleh Espressif Systems (2023). Mikrokontroler ini mengintegrasikan prosesor *dual-core* Xtensa 32-bit LX6 dengan kecepatan *clock* hingga 240 MHz, dilengkapi konektivitas nirkabel *WiFi* 802.11 b/g/n dan *Bluetooth* 4.2 dalam satu *chip* (Espressif Systems, 2023). Ketersediaan pin *General Purpose Input/Output* (GPIO) yang cukup banyak menjadikan ESP32 DevKit V1 sangat ideal untuk

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

dihubungkan dengan berbagai sensor dan aktuator eksternal.

ESP32 DevKit V1 difungsikan sebagai unit pemroses utama yang bertugas mengumpulkan data dari sensor suhu dan sensor suara, mengelola logika peringatan, serta menampilkan status kondisi bayi melalui komponen *output* yang terhubung. Pemisahan beban kerja antara unit sensor dan unit kamera pada dua mikrokontroler yang berbeda bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan performa sistem secara keseluruhan.

2.5 Modul ESP32-CAM AI-Thinker

ESP32-CAM AI-Thinker merupakan modul pengembangan berukuran kecil yang dirancang untuk aplikasi IoT yang membutuhkan kemampuan pengolahan gambar dan konektivitas nirkabel. Modul ini dibangun di atas *chip* ESP32-S dengan prosesor *dual-core* Xtensa LX6 32-bit berkecepatan hingga 240 MHz, dilengkapi memori SRAM 520 KB internal dan PSRAM eksternal 4 MB yang mendukung *buffering frame* gambar beresolusi tinggi (Adi & Wahyu, 2022). Modul ini juga dilengkapi kamera OV2640 beresolusi 2 megapiksel dengan resolusi maksimal 1600×1200 piksel, slot MicroSD, serta konektivitas *WiFi* 802.11 b/g/n dan *Bluetooth* 4.2 yang sudah terintegrasi.

ESP32-CAM difungsikan khusus sebagai unit pemroses gambar dan *web server* video untuk menampilkan *live streaming video* ruang bayi secara *real-time*. Pembagian tugas antara ESP32-CAM dan ESP32 DevKit V1 memungkinkan masing-masing unit bekerja lebih optimal sehingga kualitas *live streaming video* dan respons pembacaan sensor menjadi lebih stabil dan konsisten. Seluruh antarmuka *dashboard web* pemantauan ditanamkan langsung ke dalam memori *flash* ESP32-CAM sehingga sistem dapat berjalan mandiri tanpa memerlukan server eksternal maupun koneksi internet.

2.5 Sensor DHT22

DHT22 merupakan sensor digital buatan Aosong Electronics yang mampu mengukur suhu dan kelembaban secara simultan dengan keluaran data digital. Sensor ini banyak digunakan dalam proyek IoT karena kemudahan penggunaannya dan kompatibilitas dengan berbagai mikrokontroler termasuk ESP32 (Elwakeel et al., 2025). Yulizar et al. (2023) menemukan bahwa DHT22 memiliki akurasi lebih baik dibandingkan DHT11 dengan rentang pengukuran suhu –40 hingga 80°C dan akurasi ±0,5°C, sementara Wardani et al. (2023) melaporkan DHT22 memiliki RMSE 1,48°C untuk suhu dan 3,18% untuk kelembaban relatif.

DHT22 dipilih karena akurasi dan rentang pengukurannya yang sesuai untuk kebutuhan pemantauan suhu ruangan di ruang *nursery*. WHO merekomendasikan suhu ruangan tempat bayi dirawat dijaga pada rentang 25 hingga 28°C untuk mencegah risiko hipotermia maupun hipertermia (Asmarani et al., 2026). Rentang ini berbeda dengan suhu tubuh bayi normal (36,5–37,5°C) yang merupakan parameter klinis terpisah. Sensor DHT22 terhubung ke pin GPIO ESP32 DevKit V1 untuk mendeteksi suhu secara kontinu dan memicu alarm apabila suhu terdeteksi melebihi batas aman, dengan data yang dikirimkan secara *real-time* ke *dashboard web* untuk dipantau oleh perawat.

2.7 Sensor Suara KY-037

KY-037 merupakan modul sensor suara yang bekerja berdasarkan prinsip transduksi akustik menggunakan mikrofon elektret (Torabi et al., 2024). Modul ini dilengkapi dengan penguat operasional *op-amp* LM393 sebagai komparator yang membandingkan level suara terdeteksi dengan *threshold* yang dapat diatur melalui potensiometer *onbord* (Huang et al., 2022). Sensor ini memiliki dua jenis keluaran, yaitu keluaran analog (AO) yang merepresentasikan intensitas suara secara kontinu, dan keluaran digital (DO) yang bernilai HIGH atau LOW berdasarkan *threshold* yang telah ditetapkan (Abbasianja et al., 2021).

KY-037 digunakan untuk mendeteksi tangisan bayi di ruang *nursery*. Ketika intensitas suara melebihi ambang batas yang telah dikalibrasi, sensor mengirimkan sinyal ke ESP32 yang kemudian memicu alarm pada *dashboard web* dan *buzzer*. De Greef et al. (2023) mendemonstrasikan bahwa sensor suara berbasis mikrofon MEMS pada ESP32 dapat mencapai akurasi deteksi tangisan bayi hingga 88,4% menggunakan teknik *Digital Signal Processing* (DSP), namun pendekatan tersebut memerlukan sumber daya komputasi yang lebih besar dan implementasi yang lebih kompleks. Mengingat keterbatasan sumber daya ESP32 yang juga menjalankan fungsi *web server* dan komunikasi antar perangkat, pendekatan keluaran digital (DO) dengan *threshold* yang dapat diatur dipilih dalam penelitian ini sebagai solusi yang lebih praktis dan efisien tanpa membebani kinerja sistem secara keseluruhan.

2.5 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi sistem *monitoring* berbasis ESP32-CAM dan IoT untuk aplikasi pemantauan bayi dan kesehatan. Tirta et al. (2024) merancang sistem *home surveillance* menggunakan ESP32-CAM dengan penyimpanan lokal pada kartu SD yang membuktikan reliabilitas ESP32-CAM untuk pemantauan berkelanjutan, meski belum dilengkapi sensor lingkungan maupun *live streaming video*. Okokpujie et al. (2023) membangun sistem pengawasan berbasis IoT dengan notifikasi *real-time* melalui Twilio API dengan biaya terjangkau, akan

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

tetapi sistem ini bergantung pada layanan *cloud* berbayar dan tidak mendukung *live streaming video*.

Ermawita et al. (2024) mengimplementasikan sistem *monitoring* suhu, kelembaban, dan kualitas udara ruang NICU berbasis IoT dengan akurasi sensor menunjukkan selisih kurang dari 1°C dibandingkan termometer standar, kendati tidak dilengkapi kamera maupun *live streaming video*. Sasmoko & Bachtiar (2018) memperkenalkan *baby box* berbasis IoT yang mampu mendeteksi perubahan suhu dan tangisan bayi; di sisi lain, penggunaan ESP8266 membawa keterbatasan sumber daya sehingga data hanya dapat ditampilkan pada LCD lokal tanpa *web interface*.

Dari sisi deteksi tangisan, De Greef et al. (2023) berhasil mendeteksi tangisan bayi dengan akurasi 88,4% menggunakan teknik *Digital Signal Processing* (DSP) pada ESP32 untuk pencegahan SIDS, meski sistem tersebut tidak berbasis web dan arsitektur *multi-board*-nya cukup kompleks. Alam et al. (2023) mengintegrasikan deteksi emosi wajah bayi melalui *machine learning* dengan *monitoring* suhu dan deteksi tangisan; sayangnya, sistem ini bergantung pada server Blynk berbasis *cloud* dengan biaya operasional lebih tinggi. Granados-Zambrano et al. (2024) mengembangkan *smart cradle* dengan deteksi tangisan berbasis FFT dan *machine learning* secara *real-time* melalui *mobile app*, akan tetapi ketergantungan pada *cloud* dan Raspberry Pi menjadikan biaya operasionalnya lebih tinggi.

Terkait karakteristik teknis ESP32-CAM, Dietz et al. (2022) memvalidasi kemampuan modul ini sebagai platform kamera riset meliputi resolusi, *frame rate*, dan konsumsi daya, sementara Zhaxalikov et al. (2024) membuktikan bahwa *WebSocket* merupakan protokol paling optimal untuk *live streaming video* dari ESP32-CAM ke *client device* melalui komunikasi *full-duplex*. Nowroz et al. (2026) melakukan *benchmark* komprehensif performa ESP32-CAM pada berbagai resolusi dan kondisi tegangan selama lebih dari enam jam *streaming*. Meski demikian, ketiga studi tersebut bersifat *benchmark* teknis tanpa integrasi sensor maupun alarm.

Berdasarkan tinjauan tersebut, belum ada penelitian yang secara khusus mengintegrasikan *live streaming video*, pemantauan sensor lingkungan, dan deteksi tangisan bayi dalam satu *dashboard web* lokal mandiri tanpa ketergantungan *cloud* untuk kebutuhan ruang *nursery* di fasilitas kesehatan tingkat pertama. Celah inilah yang menjadi dasar kebaruan penelitian ini.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Analisa Sistem Saat Ini

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan perawat di Klinik Do'a Bersama, sistem pemantauan bayi baru lahir yang berjalan saat ini masih dilakukan secara manual dan konvensional. Perawat melakukan pemeriksaan kondisi bayi secara berkala dengan mendatangi langsung ruang *nursery* untuk mengecek kondisi bayi secara visual, mengukur suhu ruangan menggunakan termometer manual, serta mendengarkan tangisan bayi dari jarak yang terbatas.

Jarak fisik antara ruang *nursery* dengan *nurse station* menjadi kendala utama karena tangisan bayi maupun perubahan kondisi lingkungan tidak selalu terdeteksi dengan segera. Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan jumlah perawat, terutama pada *shift* malam yang umumnya hanya 1–2 orang, sehingga pemantauan beberapa bayi secara bersamaan menjadi sulit dilakukan. Lebih lanjut, tidak adanya mekanisme alarm atau notifikasi otomatis mengakibatkan perawat tidak segera mengetahui ketika bayi menangis atau suhu ruangan berada di luar batas normal. Ketiadaan akses visual *real-time* juga menjadi persoalan tersendiri karena perawat harus hadir secara fisik di ruang *nursery* untuk memantau kondisi bayi, alih-alih dapat memantaunya dari *nurse station*.

3.2 Analisis Sistem Usulan

Berdasarkan permasalahan yang teridentifikasi pada sistem berjalan, penelitian ini mengusulkan sistem *monitoring* kondisi bayi berbasis *web server* lokal menggunakan ESP32 DevKit V1 dan ESP32-CAM. Sistem yang diusulkan dirancang untuk menggantikan proses pemantauan manual dengan pemantauan otomatis yang dapat diakses oleh perawat dari *nurse station* melalui *dashboard web* responsif tanpa memerlukan koneksi internet eksternal.

Sistem yang diusulkan mengintegrasikan empat fitur utama secara bersamaan, yaitu *live streaming video* ruang *nursery* melalui ESP32-CAM, pemantauan suhu ruangan secara kontinu menggunakan sensor DHT22, deteksi tangisan bayi menggunakan sensor suara KY-037 yang dilengkapi mekanisme alarm otomatis melalui *buzzer* dan notifikasi pada *dashboard web*, serta tampilan status kondisi bayi secara lokal pada layar TFT LCD 2,4 inci sehingga perawat dapat langsung melihat informasi terkini tanpa perlu membuka *browser*.

Ketika sistem aktif, ESP32 DevKit V1 melakukan inisialisasi sensor dan layar TFT LCD, menghubungkan diri ke jaringan *WiFi* lokal, serta membaca data sensor secara berkala. Seluruh informasi yang terkumpul kemudian dikirimkan ke *dashboard web* secara *real-time* sehingga perawat dapat memantau kondisi bayi dari *nurse station* tanpa harus mendatangi langsung ruang *nursery*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

efektivitasnya secara sistematis dan terukur (Sugiyono, 2019). Metode ini dipilih karena penelitian tidak hanya mengkaji permasalahan yang ada, tetapi juga menghasilkan produk teknologi nyata berupa prototipe sistem *monitoring* kondisi bayi menggunakan ESP32 DevKit V1 dan ESP32-CAM berbasis *web server* yang dapat langsung diimplementasikan di Klinik Do'a Bersama. Proses pengembangan dilakukan secara terstruktur melalui lima tahapan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Metode R&D

No	Tahapan	Kegiatan
1	Analisis Kebutuhan	Observasi dan wawancara di Klinik Do'a Bersama
2	Perancangan Sistem	Merancang arsitektur *hardware* dan antarmuka *web server*
3	Pengembangan Sistem	Pemrograman mikrokontroler dan integrasi komponen
4	Pengujian dan Evaluasi	Uji akurasi sensor, uji *latency streaming*, dan uji integrasi
5	Produk Akhir	Prototipe final siap diimplementasikan di klinik

Penelitian ini menggunakan sejumlah komponen *hardware* dan perangkat lunak pendukung yang dipilih berdasarkan kebutuhan fungsional sistem. Komponen *hardware* utama yang digunakan disajikan pada Tabel 2, sedangkan perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan sistem disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Komponen *Hardware* Utama

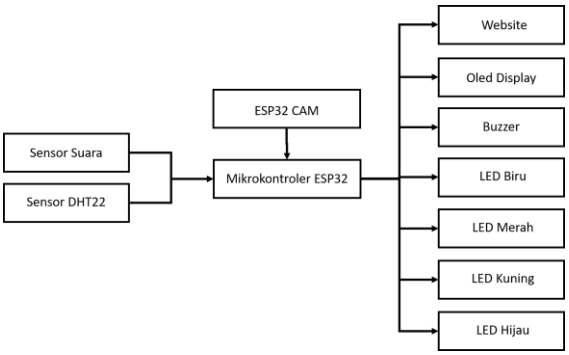
No	Komponen	Fungsi
1	ESP32 DevKit V1	Pemroses data sensor dan pengontrol alarm
2	ESP32-CAM AI-Thinker	Pengendali kamera dan *web server* lokal
3	Sensor DHT22	Pengukur suhu dan kelembaban ruang *nursery*
4	Sensor Suara KY-037	Pendeteksi tangisan bayi
5	TFT LCD 2,4 inci	Penampil status kondisi bayi secara lokal
6	*Active Buzzer* 5V	Alarm audio lokal

Tabel 3. *Software* yang Digunakan

No	*Software*	Fungsi
1	*Arduino IDE 2.3.8*	Pengembangan dan *upload firmware* ESP32
2	*Visual Studio Code*	Pengembangan antarmuka web HTML/CSS
3	*Blender*	Desain 3D *casing* prototipe
4	*Fritzing*	Pembuatan skematik rangkaian

3.5 Diagram Blok

Diagram blok sistem menggambarkan aliran data dan hubungan antar komponen secara visual, mencakup bagaimana sensor DHT22 dan sensor suara KY-037 mengirimkan data ke ESP32 DevKit V1, serta bagaimana ESP32-CAM mengirimkan data video secara paralel melalui jaringan WiFi yang sama. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

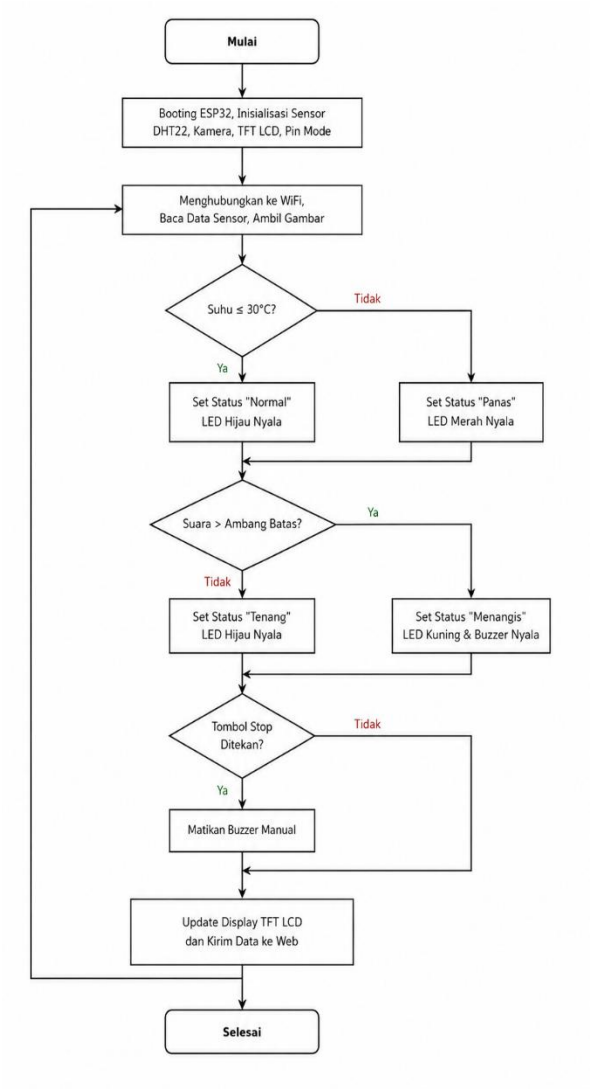


Gambar 1. Diagram Blok

3.6 *Flowchart* Sistem

Flowchart digunakan untuk menggambarkan aliran data dan logika algoritma yang ditanamkan ke dalam *firmware* mikrokontroler. *Flowchart* dibuat berdasarkan kode dan tujuan program untuk memudahkan perancangan sistem yang akan digunakan. Gambar 2 menggambarkan alur kerja sistem monitoring kondisi bayi menggunakan ESP32 DevKit V1 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 dan sensor suara KY-037 berbasis web server lokal.

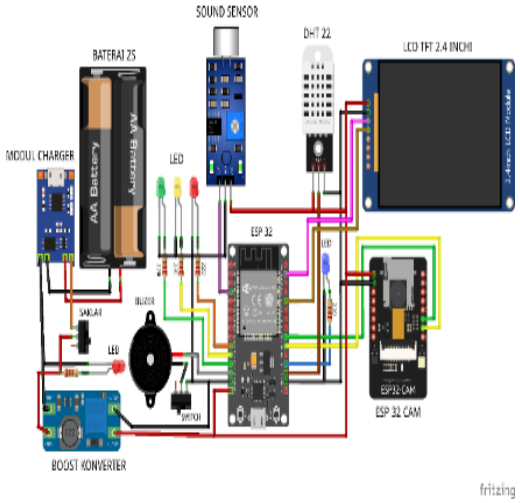
p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922



Gambar 2. *Flowchart*

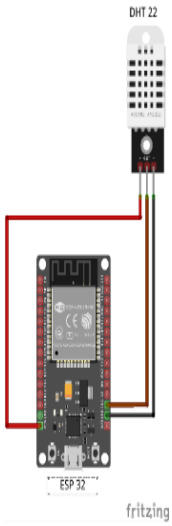
3.7 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan tahap pemilihan komponen dan perancangan rangkaian yang digunakan dalam sistem *monitoring* kondisi bayi. Sistem mengadopsi arsitektur *dual-board* yang mengintegrasikan ESP32 DevKit V1 sebagai unit pemroses data sensor dan ESP32-CAM sebagai unit pemroses data visual sekaligus *web server*. Skema rangkaian keseluruhan sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Rangkaian Perangkat Sistem Monitoring Bayi

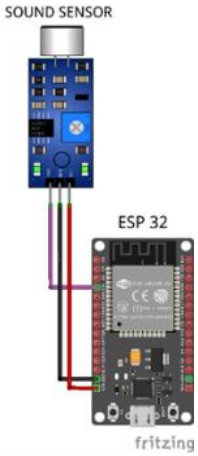
1. Rangkaian Sensor DHT22
   Sensor DHT22 dihubungkan ke ESP32 DevKit V1 dengan pin DATA terhubung ke GPIO 15 untuk pengiriman data suhu dan kelembaban, pin VCC terhubung ke tegangan 3,3V, dan pin GND terhubung ke GND. Skema koneksi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Koneksi Sensor DHT22 dengan ESP32 DevKit V1

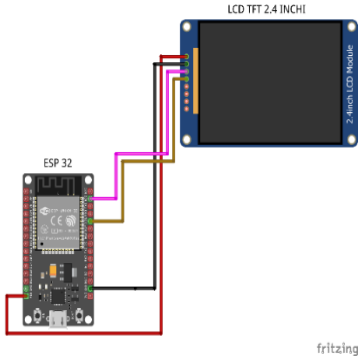
2. Rangkaian Sensor Suara KY-037
   Sensor suara KY-037 dihubungkan ke ESP32 DevKit V1 dengan pin A0 (Analog) terhubung ke GPIO 34 untuk pembacaan sinyal analog intensitas suara, pin VCC terhubung ke tegangan 3,3V, dan pin GND terhubung ke GND. Skema koneksi dapat dilihat pada Gambar 5.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922



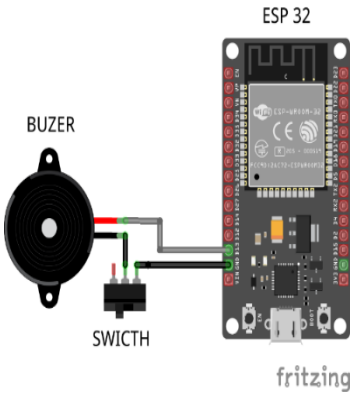
Gambar 5. Koneksi Sensor Suara KY-037 dengan ESP32 DevKit V1

3. Rangkaian TFT LCD 2,4 inch
   TFT LCD 2,4 inci dihubungkan ke ESP32 DevKit V1 menggunakan protokol komunikasi *SPI* (*Serial Peripheral Interface*). Koneksi meliputi pin MOSI terhubung ke GPIO 23 sebagai jalur data, pin CLK terhubung ke GPIO 18 sebagai jalur *clock*, pin CS terhubung ke GPIO 5 sebagai *chip select*, pin DC terhubung ke GPIO 2 sebagai selektor data/perintah, serta pin RST terhubung ke GPIO 4 sebagai *reset*. Pin VCC terhubung ke tegangan 3,3V dan pin GND terhubung ke GND. Skema koneksi dapat dilihat pada Gambar 6.



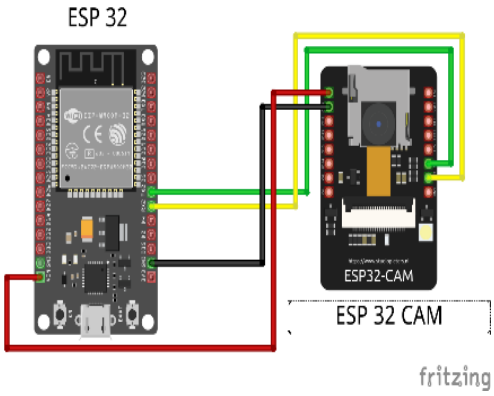
Gambar 6 Koneksi TFT LCD 2,4 inch dengan ESP32 DevKit V1

4. Rangkaian *Buzzer*
   Buzzer dihubungkan ke ESP32 DevKit V1 dengan pin I/O (*Signal*) terhubung ke GPIO 13 sebagai pin pengendali aktivasi alarm, pin VCC terhubung ke tegangan 5V, dan pin GND terhubung ke GND. Skema koneksi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Koneksi Buzzer dengan ESP32 DevKit V1

5. Rangkaian ESP32 dengan ESP32-CAM
   Komunikasi serial antara ESP32 DevKit V1 dan ESP32-CAM dilakukan menggunakan protokol *UART*, dengan pin RX2 (GPIO 16) terhubung ke pin U0T (TX) pada ESP32-CAM, pin TX2 (GPIO 17) terhubung ke pin U0R (RX), serta GND keduanya terhubung bersama. Skema koneksi dapat dilihat pada Gambar 8.

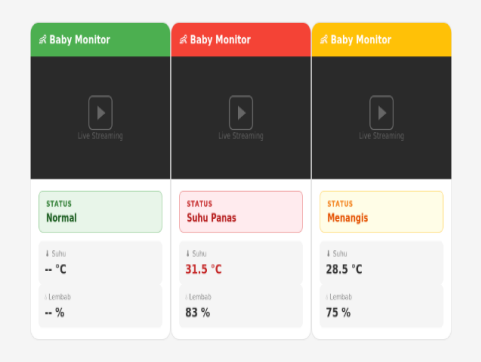


Gambar 8. Koneksi Komunikasi ESP32 DevKit V1 dengan ESP32-CAM

3.8 Perancangan Perangkat Lunak

Antarmuka pengguna berupa halaman *dashboard web* yang disimpan langsung di dalam memori mikrokontroler dan dapat diakses melalui alamat IP lokal tanpa memerlukan koneksi internet maupun pemasangan aplikasi tambahan. Panel utama menampilkan tayangan *live streaming video* dari ESP32-CAM secara *real-time*, dilengkapi panel informasi yang menyajikan data suhu ruangan serta status kondisi bayi dalam bentuk teks "Normal", "Suhu Panas", atau "Menangis" dengan warna latar yang berubah sesuai kondisi yang terdeteksi — hijau untuk normal, merah untuk suhu panas, dan kuning untuk menangis. Rancangan antarmuka *dashboard web* dapat dilihat pada Gambar 9.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922



Gambar 9. Rancangan Antarmuka Web Dashboard

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras diwujudkan dalam bentuk prototipe yang telah dirakit dan ditempatkan pada *casing* pelindung berbahan PLA hasil cetak 3D. Rangkaian elektronik di dalamnya mencakup integrasi ESP32 DevKit V1, ESP32-CAM, sensor DHT22, sensor suara KY-037, TFT LCD 2,4 inci, *buzzer*, dan LED indikator yang dihubungkan melalui jalur kabel pada PCB. Tampilan fisik perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 10.



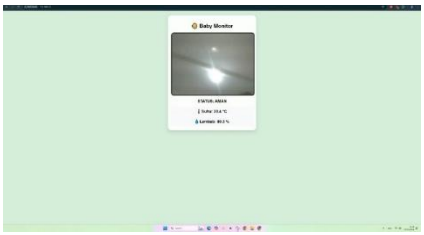
Gambar 10. Tampilan Fisik Perangkat Keras Sistem Monitoring Bayi

Seluruh pemrosesan data dikendalikan oleh ESP32 DevKit V1 yang bertugas mengolah *input* sensor dan mengelola logika alarm, sementara ESP32-CAM bekerja secara paralel untuk menangani *live streaming video* yang ditampilkan pada *dashboard web*. Pembagian tugas ini memungkinkan kedua unit bekerja secara optimal tanpa saling mengganggu sehingga sistem dapat berjalan stabil.

4.2 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak diwujudkan dalam bentuk *dashboard web* responsif yang berfungsi sebagai pusat pemantauan dari *nurse station*. Antarmuka ini dirancang menggunakan sistem peringatan berbasis warna (*color-coded alert*) untuk memudahkan perawat mengidentifikasi kondisi bayi secara instan. Terdapat empat kondisi tampilan *dashboard* sebagai berikut.

1. Kondisi Aman (Indikator Hijau)
   Pada kondisi normal, yaitu ketika suhu ruangan berada di bawah 30°C dan tidak terdeteksi tangisan, *dashboard* menampilkan latar berwarna hijau dengan status "AMAN". Tampilan dapat dilihat pada Gambar 11.



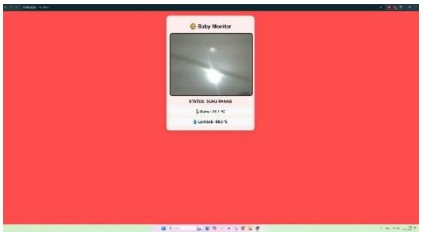
Gambar 11. Antarmuka Web Dashboard pada Kondisi Aman

2. Kondisi Menangis (Indikator Kuning)
   Apabila sensor suara mendeteksi tangisan bayi, *dashboard* secara otomatis mengubah latar menjadi kuning dengan status "MENANGIS!". Tampilan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Antarmuka Web Dashboard pada Kondisi Menangis

3. Kondisi Panas (Indikator Merah)
   Jika sensor DHT22 mendeteksi suhu melebihi 31°C, latar *dashboard* berubah menjadi merah dengan status "PANAS!". Tampilan dapat dilihat pada Gambar 13.



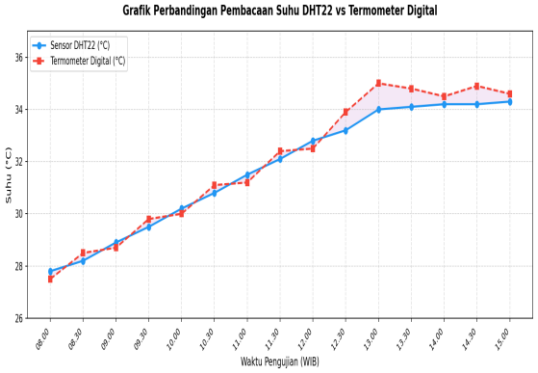
Gambar 13. Antarmuka Web Dashboard pada Kondisi Panas

4. Tampilan Responsif pada Smartphone
   Antarmuka *dashboard web* juga dirancang responsif sehingga dapat diakses melalui *smartphone* dengan tampilan yang tetap proporsional. Tampilan dapat dilihat pada Gambar 14.

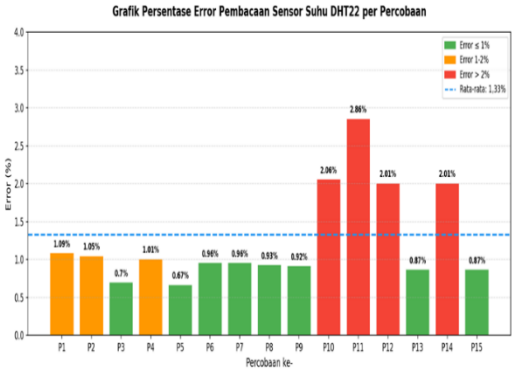
p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922



Gambar 14. Tampilan Web *Dashboard* pada Smartphone



Gambar 15. Grafik Perbandingan Suhu DHT22 vs Termometer Digital



Gambar 16. Grafik Persentase Error Pembacaan Sensor DHT22

4.3 Hasil Pengujian Sesor Suhu DHT22

Pengujian dilakukan sebanyak 15 kali dengan membandingkan pembacaan sensor DHT22 terhadap termometer digital standar pada rentang waktu pukul 08.00 hingga 15.00. Nilai *error* dihitung menggunakan rumus berikut.*Error (%) = | (Suhu DHT22 – Suhu Termometer) / Suhu Termometer | × 100%*

Tabel 4. Hasil Pengujian Akurasi Sensor Suhu DHT22

No	Waktu	DHT22 (°C)	Termometer (°C)	Selisih (°C)	Error (%)
1	08.00	27,8	27,5	0,3	1,09
2	08.30	28,2	28,5	0,3	1,05
3	09.00	28,9	28,7	0,2	0,70
4	09.30	29,5	29,8	0,3	1,01
5	10.00	30,2	30,0	0,2	0,67
6	10.30	30,8	31,1	0,3	0,96
7	11.00	31,5	31,2	0,3	0,96
8	11.30	32,1	32,4	0,3	0,93
9	12.00	32,8	32,5	0,3	0,92
10	12.30	33,2	33,9	0,7	2,06
11	13.00	34,0	35,0	1,0	2,86
12	13.30	34,1	34,8	0,7	2,01
13	14.00	34,2	34,5	0,3	0,87
14	14.30	34,2	34,9	0,7	2,01
15	15.00	34,3	34,6	0,3	0,87
			Rata-rata Error		**1,26**
			Akurasi		**98,74%**

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 15–16, rata-rata error pembacaan sensor DHT22 adalah 1,33% dengan akurasi 98,67%, melampaui standar minimum 95%. Selisih pembacaan berkisar 0,2°C hingga 1,0°C. Selisih terbesar pada percobaan ke-11 kemungkinan dipengaruhi kondisi lingkungan yang tidak stabil.

4.4 Hasil Pengujian Sensor Suara KY-037

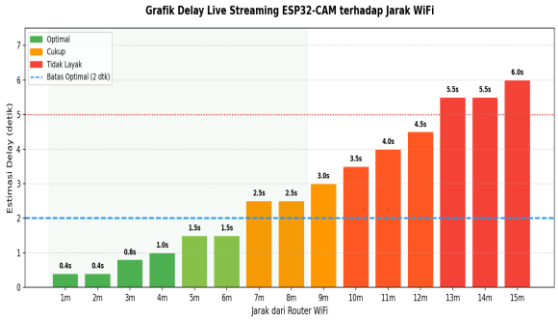
Pengujian dilakukan pada 15 titik jarak berbeda menggunakan simulasi suara tangisan untuk mengukur sensitivitas dan jangkauan deteksi sensor KY-037. *Threshold* deteksi dikalibrasi terlebih dahulu sebelum pengujian dilakukan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensitivitas Sensor Suara KY-037

No	Jarak (cm)	Nilai Analog	Kecenderungan
1	0	3.850	Melewati threshold deteksi
2	1	1.920	Penurunan sangat tajam
3	2	1.860	Penurunan bertahap
4	3	1.810	Penurunan bertahap
5	4	1.780	Penurunan bertahap
6	5	1.750	Penurunan bertahap

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

No	Jarak (cm)	Nilai Analog	Kecenderungan
7	7	1.580	Penurunan moderat
8	10	1.380	Penurunan moderat
9	12	1.320	Penurunan moderat
10	15	1.250	Penurunan moderat
11	18	1.200	Penurunan melambat
12	20	1.150	Penurunan melambat
13	23	1.100	Penurunan melambat
14	25	1.050	Penurunan melambat
15	30	980	Nilai terendah (74% di bawah *threshold*)



Gambar 17 Grafik Nilai Analog Sensor Suara KY-037 terhadap Jarak

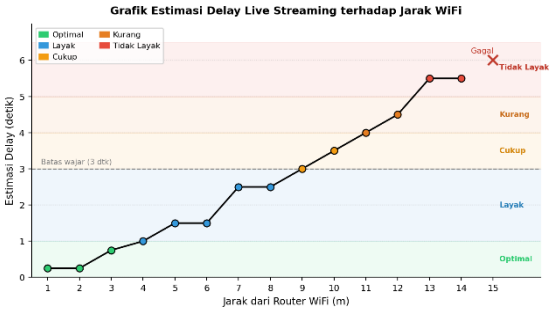
Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 17, sistem hanya mampu mendeteksi tangisan secara efektif pada jarak 0 cm dengan nilai analog 3.850 yang melewati *threshold* deteksi. Nilai analog menurun sangat tajam dari jarak 0 ke 1 cm (turun 1.930 poin), kemudian menurun secara bertahap pada 1–5 cm, moderat pada 7–15 cm, dan melambat pada 18–30 cm hingga mencapai nilai terendah 980 sekitar 74% di bawah *threshold*. Keterbatasan ini disebabkan oleh sensitivitas mikrofon elektret bawaan modul KY-037 yang rendah. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan mengganti dengan modul MAX4466 atau INMP441 yang memiliki sensitivitas lebih tinggi agar tangisan bayi dapat dideteksi dari jarak yang lebih realistis.

4.5 Pengujian Live Streaming ESP32-CAM

Pengujian *live streaming* dilakukan pada 15 titik jarak berbeda dari *router WiFi* untuk mengukur kualitas gambar dan *delay* transmisi pada berbagai kondisi kekuatan sinyal. Kekuatan sinyal dikategorikan berdasarkan jarak: sangat kuat (1–2 m), kuat (3–5 m), sedang (6–9 m), lemah (10–12 m), dan sangat lemah (13–15 m).

Tabel 6. Hasil Pengujian *Live Streaming* ESP32-CAM

No	Jarak (m)	Kualitas Gambar	Estimasi Delay	Status
1	1	Sangat Jernih	< 0,5 dtk	Optimal
2	2	Sangat Jernih	< 0,5 dtk	Optimal
3	3	Jernih	< 1 dtk	Optimal
4	4	Jernih	± 1 dtk	Layak
5	5	Jernih	1–2 dtk	Layak
6	6	Cukup Jernih	1–2 dtk	Layak
7	7	Cukup Jernih	2–3 dtk	Layak
8	8	Cukup Jernih	2–3 dtk	Layak
9	9	Agak Buram	± 3 dtk	Cukup
10	10	Agak Buram	3–4 dtk	Cukup
11	11	Buram	3–5 dtk	Kurang
12	12	Buram	4–5 dtk	Kurang
13	13	Sangat Buram	> 5 dtk	Tidak Layak
14	14	Sangat Buram	> 5 dtk	Tidak Layak
15	15	Gagal	–	Gagal



Gambar 18. Grafik Estimasi *Delay Live Streaming* terhadap Jarak WiFi

Berdasarkan Tabel 6, *live streaming* berjalan optimal pada jarak 1–8 meter dengan *delay* tidak melebihi 3 detik dan kualitas gambar jernih hingga cukup jernih. Penurunan kualitas mulai terasa pada jarak 9–10 meter (gambar agak buram, *delay* 3–4 detik), dan koneksi terputus total pada jarak 15 meter. Mengingat luas ruang *nursery* di fasilitas kesehatan tingkat pertama umumnya tidak melebihi 10 meter dari *router*, hasil ini menunjukkan bahwa sistem layak digunakan dalam kondisi nyata.

4.6 Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi dilakukan terhadap enam skenario untuk memvalidasi kinerja sistem secara keseluruhan, mencakup kondisi alarm, pemulihan kondisi normal, penghentian alarm manual, dan koneksi jaringan.

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

Tabel 7. Hasil Pengujian Integrasi Sistem

No	Skenario	Hasil Aktual	Status	*Delay*
1	Suhu > 31°C	LED Merah, *buzzer*, *dashboard web* "Panas"	Berhasil	< 2 dtk
2	Tangisan terdeteksi	LED Kuning, *buzzer*, *dashboard web* "Menangis"	Berhasil	< 2 dtk
3	Suhu + tangisan	Kedua LED, *buzzer*, kedua peringatan di *dashboard web*	Berhasil	< 2 dtk
4	Kembali normal	LED padam, *buzzer* mati, latar hijau di *dashboard web*	Berhasil	< 3 dtk
5	Penghentian alarm di *dashboard web*	*Buzzer* mati, notifikasi dikonfirmasi	Berhasil	< 1 dtk
6	WiFi putus-sambung	*Reconnect* otomatis, data kembali	Berhasil	5–10 dtk

Seluruh enam skenario berhasil dieksekusi dengan tingkat keberhasilan 100%. Delay respons alarm tercatat kurang dari 2 detik untuk kondisi suhu maupun tangisan, sedangkan pemulihan kondisi normal memerlukan kurang dari 3 detik. Fitur reconnect otomatis saat WiFi terputus berhasil memulihkan koneksi dan data dalam 5–10 detik.

4.7 Ringkasan Hasil Pengujian

Tabel 8 merangkum seluruh hasil pengujian dibandingkan dengan standar kelayakan yang ditetapkan.

Tabel 8. Ringkasan Hasil Pengujian dan Kelayakan Sistem

No	Aspek Pengujian	Hasil	Standar	Status
1	Akurasi Sensor Suhu	98,74%	≥ 95%	Layak
2	Sensitivitas Sensor Suara	Efektif di 0 cm	≥ 80 cm	Tidak Layak
3	Live Streaming Kamera	Optimal ≤ 8 m	≤ 10 m	Layak
4	Integrasi Sistem	100%	≥ 90%	Layak
5	Tombol Manual	100%	≥ 90%	Layak
	Kesimpulan			**Layak dengan Catatan**

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem *monitoring* kondisi bayi berbasis *web server* lokal menggunakan ESP32 DevKit V1 dan ESP32-CAM di Klinik Do'a Bersama. Sistem mengintegrasikan *live streaming video*, pemantauan suhu melalui sensor DHT22, dan deteksi tangisan bayi menggunakan sensor suara KY-037 dalam satu *dashboard web* responsif tanpa memerlukan koneksi internet eksternal. Sensor DHT22 mencapai akurasi 98,74% dengan rata-rata *error* 1,26%, *live streaming video* berjalan optimal pada jarak *WiFi* hingga 8 meter dengan *delay* tidak melebihi 3 detik, dan pengujian integrasi sistem menunjukkan tingkat keberhasilan 100%. Sensor suara KY-037 memiliki keterbatasan sensitivitas yang hanya efektif pada jarak 0 cm sehingga sistem dinyatakan layak dengan catatan.

5.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, sensor suara KY-037 disarankan diganti dengan modul mikrofon bersensitivitas lebih tinggi seperti MAX4466 atau INMP441 agar tangisan bayi dapat dideteksi dari jarak yang lebih realistis. Selain itu, penambahan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi pesan instan dan penambahan sensor parameter klinis bayi seperti SpO_2 dapat meningkatkan fungsionalitas sistem secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

Abbasianja, H., Shadhy, V. P., & Beykian, A. (2021). Developing a Smart Helmet Based on the Internet of Things to Manage Hearing Problems in the Construction Projects. *Journal of Construction in Developing Countries*, *26*(2), 231–250. https://doi.org/10.21315/jcdc2021.26.2.11

Adi, P. D. P., & Wahyu, Y. (2022). Performance evaluation of ESP32 Camera Face Recognition for various projects. *Internet of Things and Artificial Intelligence Journal*, *2*(1), 10–21. https://doi.org/10.31763/iota.v2i1.512

Alam, H., Burhan, M., Gillani, A., Haq, I. U., Arshed, M. A., Shafi, M., & Ahmad, S. (2023). IoT Based Smart Baby Monitoring System with Emotion Recognition Using Machine Learning. *Wireless Communications and Mobile Computing*, *2023*, 1–11. https://doi.org/10.1155/2023/1175450

Asmarani, C. D., Meihartati, T., Inamah, B. N., Hadiningsih, E. F., Sidharta, E. A., & Hadi, B. M. (2026, May). *Asuhan Kebidanan Berkelanjutan pada Ny. S Usia 33 Tahun di PMB Bdn. Nur Inamah, S.Keb Berau*.

De Greef, S., Hsiung, C. F., Rekkas, P., Tavares, A., & Van Ranst, D. (2023). *ESP32 Radio Baby Monitor (BRMS) for SIDS Prevention* [Bachelor Project Report]. Faculty of Engineering Technology, KU Leuven. https://kuleuven.be

Dietz, H., Abney, D., Eberhart, P., Santini, N., Davis, W., Wilson, E., & McKenzie, M. (2022). ESP32-CAM as a programmable camera research platform. *Electronic Imaging*, *34*(7), 232-1-232–236. https://doi.org/10.2352/EI.2022.34.7.ISS-232

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

Dunne, E. A., O'Donnell, C. P. F., Nakstad, B., McCarthy, L. K., & on behalf of the European Society for Paediatric Research (ESPR) Neonatal Resuscitation Section Writing Group. (2024). Thermoregulation for very preterm infants in the delivery room: A narrative review. *Pediatric Research*, *95*(6), 1448–1454. https://doi.org/10.1038/s41390-023-02902-w

Elwakeel, A. E., Oraiath, A. A. T., Gameh, M. A., Eissa, A. S., Mahmoud, S. F., Eid, M. H., Moussa, A., Mostafa, M. B., Taha, M. F., Abulmeaty, S. A. T., & Tantawy, A. A. (2025). Quality evaluation of dried tomato fruit and optimization of drying conditions using a modified solar dryer integrated with an automatic solar collector tracker. *Scientific Reports*, *15*(1), 7659. https://doi.org/10.1038/s41598-025-89248-x

Ermawita, Siregar, H. L., Fauzi, R., & Nasution, H. N. (2024). Sistem Monitoring, Kontrol Suhu, Kelembapan, Kualitas Udara pada Ruang NICU Berbasis IoT. *Jurnal Education and Development*, *12*(3), 350–358. https://doi.org/10.37081/ed.v12i3.6395

Espressif Systems. (2023). *ESP32-S3 Series Datasheet*. Espressif Systems. https://documentation.espressif.com/esp32-s3_datasheet_en.html

Granados-Zambrano, L. F., Korterik, J. P., Estudillo-Ayala, J. M., Laguna, R. R., Jauregui-Vazquez, D., Offerhaus, H. L., & Alvarez-Chavez, J. A. (2024). Plasma-based optical fiber tapering rig. *HardwareX*, *19*, e00578. https://doi.org/10.1016/j.ohx.2024.e00578

Hidayat, R. N. (2021). Perancangan Sistem Deteksi Kekeruhan Air Pada Akuarium Ikan Arwana Berbasis IoT. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, *1*(2), 391–401. https://doi.org/10.24002/konstelasi.v1i2.4260

Hossain, M. M., Kashem, M. A., Islam, Md. M., Sahidullah, Md., Mumu, S. H., Uddin, J., Aray, D. G., De La Torre Diez, I., Ashraf, I., & Samad, M. A. (2023). Internet of Things in Pregnancy Care Coordination and Management: A Systematic Review. *Sensors*, *23*(23), 9367. https://doi.org/10.3390/s23239367

Huang, K., Shu, L., Li, K., Feng, Y., Jiang, Z., & Zhu, Y. (2022). Insecticidal counting dataset based on one solar insecticidal lamp and two cameras. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 995118. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.995118

Li, C., Wang, J., Wang, S., & Zhang, Y. (2024). A review of IoT applications in healthcare. *Neurocomputing*, *565*, 127017. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.127017

Okokpujie, K., Okokpujie, I. P., Young, F. T., & Subair, R. E. (2023). Development of an Affordable Real-Time IoT-Based Surveillance System Using ESP32 and TWILIO API. *International Journal of Safety and Security Engineering*, *13*(6), 1069–1075. https://doi.org/10.18280/ijsse.130609

Rejeb, A., Rejeb, K., Treiblmaier, H., Appolloni, A., Alghamdi, S., Alhasawi, Y., & Iranmanesh, M. (2023). The Internet of Things (IoT) in healthcare: Taking stock and moving forward. *Internet of Things*, *22*, 100721. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100721

Santos, S., Monteiro, R., & Monteiro, S. (2023). *ESP32-CAM Video Streaming Web Server*. Random Nerd Tutorials. https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-video-streaming-web-server/

Sasmoko, D., & Bachtiar, D. (2018). Intelligent Baby Box Based on IoT to Observe Room Temperature and Baby Crying. *Lontar Komputer : Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 114. https://doi.org/10.24843/LKJITI.2018.v09.i03.p01

Stergiou, C. L., Plageras, A. P., Memos, V. A., Koidou, M. P., & Psannis, K. E. (2023). Secure Monitoring System for IoT Healthcare Data in the Cloud. *Applied Sciences*, *14*(1), 120. https://doi.org/10.3390/app14010120

Tirta, I. D., Wisaksono, A., Ahfas, A., & Jamaaluddin, J. (2024). Home Surveillance Monitoring with Esp32-Cam and SD Card For Data Storage. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, *6*(1), 419–429. https://doi.org/10.47709/cnahpc.v6i1.3498

Torabi, Y., Shirani, S., Reilly, J. P., & Gauvreau, G. M. (2024). *MEMS and ECM Sensor Technologies for Cardiorespiratory Sound Monitoring—A Comprehensive Review*. https://doi.org/10.48550/ARXIV.2406.12432

UNICEF Indonesia. (2023). *Health | UNICEF Indonesia*. https://www.unicef.org/indonesia/health

United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation (UN IGME). (2024). *Levels and Trends in Child Mortality: Report 2023*. UNICEF. https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2024/04/UN-IGME-2023-Child-Mortality-Report.pdf

Word Bank. (2023). *World Bank Open Data*. World Bank. https://data.worldbank.org

Yulizar, D., Soekirno, S., Ananda, N., Prabowo, M. A., Perdana, I. F. P., & Aofany, D. (2023). Performance Analysis Comparison of DHT11, DHT22 and DS18B20 as Temperature Measurement. In A. Doyan, S. Hadisaputra, M. M. A. Kechik, M. R. Bilad, C.-M. Wei, &

p-ISSN : 2406-7733
e-ISSN : 2597-9922

Susilawati (Eds), *Proceedings of the 2nd International Conference on Science Education and Sciences 2022 (ICSES 2022)* (Vol. 8, pp. 37–45). Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-232-3_5

Zhaxalikov, A., Mombekov, A., & Sotsial, Z. (2024). Surveillance Camera Using Wi-Fi Connection. *Procedia Computer Science*, *231*, 721–726. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.12.147