

SMART HEALTH MONITORING: ANALISIS SUHU TUBUH DAN RESPIRASI MENGGUNAKAN KAMERA TERMAL

Suci Wahyuni¹⁾, Firda Yenila²⁾, Yogi Wiyandra³⁾

^{1 2 3} Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

Corresponding Author: ¹ suci_wahyuni@upiypk.ac.id

Article Info

Article history:

Received: Oct 24, 2025

Revised: Oct 27, 2025

Accepted: Oct 28, 2025

Published: Oct 30, 2025

Keywords:

Thermal Camera
Digital Image Processing
Machine Learning
Body Temperature
Smart Health Monitoring

ABSTRACT

The advancement of digital technology and artificial intelligence has opened vast opportunities for intelligent health monitoring systems that operate automatically, in real time, and without physical contact. This study aims to develop a system for detecting human body temperature and respiratory patterns using an infrared thermal camera based on digital image processing and machine learning. The research method involves thermal data acquisition on facial areas (forehead, nose, and mouth), image preprocessing using two-point temperature calibration and Gaussian filtering for noise reduction, and segmentation of the respiratory region using the adaptive thresholding method. Feature extraction is performed by analyzing temperature variations in the nose and mouth regions as thermal signals, which are converted into the frequency domain using the Fast Fourier Transform (FFT) algorithm to determine the respiration rate. Classification is carried out using the Support Vector Machine (SVM) algorithm to distinguish three physiological conditions: normal, fever, and respiratory disorder. The dataset consists of 550 thermal images, divided into 385 images (70%) for training and 165 images (30%) for testing. Experimental results show that the system achieves an accuracy of 98.32%, with an estimated forehead temperature of 145.23°C (a relative value from initial calibration) and a respiration rate of 6.6 bpm, indicating the subject's condition as fever. This study demonstrates that the combination of thermal image processing, FFT algorithms, and SVM classification is effective for non-invasive, high-precision, and efficient health monitoring systems. The proposed system has the potential to support the development of the Internet of Medical Things (IoMT) for safe, accurate, and adaptive remote health monitoring in response to patients' physiological changes.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah membawa transformasi besar dalam bidang Kesehatan [1]. Salah satu inovasi yang paling menonjol adalah konsep smart health monitoring, yaitu sistem pemantauan kesehatan cerdas yang mampu mengamati kondisi fisiologis manusia secara real-time, otomatis, dan tanpa kontak langsung [2]. Teknologi ini menjadi semakin relevan setelah pandemi COVID-19 yang menekankan pentingnya metode pemantauan kesehatan yang efisien, higienis, dan akurat dalam mendeteksi perubahan fisiologis seperti demam dan gangguan pernapasan [3].

Pemantauan suhu tubuh dan pola respirasi merupakan dua parameter vital dalam menilai kondisi kesehatan seseorang [4]. Secara konvensional, suhu tubuh diukur menggunakan termometer kontak, sementara laju respirasi diamati secara manual oleh

tenaga medis. Kedua metode tersebut memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada kontak fisik, keterlambatan deteksi, serta keterbatasan jangkauan pengamatan [5]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan baru yang non-invasif, otomatis, dan real-time, yang mampu memantau perubahan fisiologis tanpa interaksi langsung antara pasien dan perangkat.

Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah kamera inframerah termal (*thermal infrared camera*). Kamera ini bekerja dengan menangkap radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia dan mengubahnya menjadi citra suhu (*thermal image*) [6]. Setiap piksel pada citra termal merepresentasikan nilai suhu tertentu, sehingga distribusi panas tubuh dan perubahan suhu akibat proses pernapasan dapat divisualisasikan secara rinci. Pola fluktuasi suhu di area hidung dan mulut, misalnya, dapat digunakan

untuk mendeteksi ritme napas (frekuensi dan amplitudo respirasi), sementara distribusi suhu pada area dahi dapat merepresentasikan suhu tubuh inti [7].

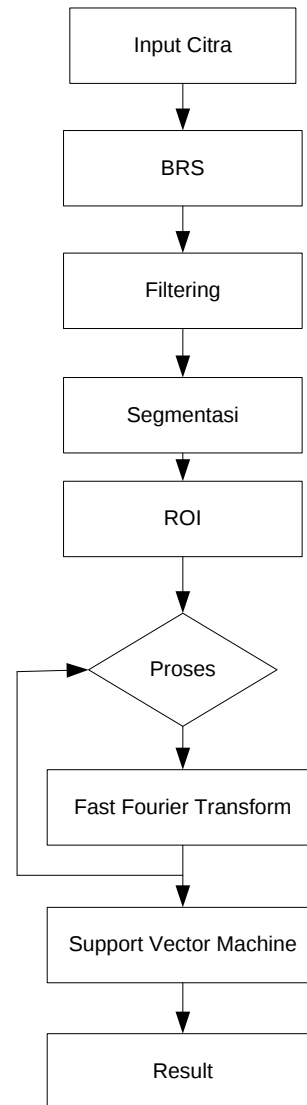
Penelitian-penelitian terkini semakin memperkuat potensi ini. Alves et al. [8] melakukan tinjauan mutakhir terhadap penggunaan kamera termal untuk pemantauan respirasi berkelanjutan dan menemukan bahwa pipeline berbasis akuisisi, segmentasi ROI, serta ekstraksi sinyal termal dapat menghasilkan pengukuran laju respirasi yang stabil dalam kondisi lingkungan yang bervariasi. Mozafari et al. [9] mengembangkan metode spatio-temporal deep learning untuk estimasi laju respirasi menggunakan data video termal dan memperoleh galat rata-rata hanya sekitar 1,6 bpm, membuktikan bahwa informasi suhu di area hidung dan mulut sangat representatif terhadap aktivitas respirasi manusia. Sementara itu, Awaskhan et al. (2024) [10] mengusulkan integrasi sensor RGB dan termal untuk pemantauan respirasi tanpa kontak dan mencapai korelasi tinggi dengan data referensi medis, menegaskan bahwa pendekatan berbasis termografi memiliki keandalan tinggi untuk aplikasi klinis dan smart monitoring.

Berangkat dari berbagai penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan suhu tubuh dan respirasi berbasis kamera termal dengan memanfaatkan metode pengolahan citra digital dan pembelajaran mesin (machine learning). Tahapan utama meliputi akuisisi citra termal wajah, kalibrasi suhu dua titik menggunakan Blackbody Reference Source (BRS), Gaussian filtering untuk reduksi noise, segmentasi area respirasi, serta ekstraksi sinyal termal menggunakan algoritma Fast Fourier Transform (FFT) untuk menentukan laju respirasi. Selanjutnya, dilakukan klasifikasi kondisi fisiologis menggunakan Support Vector Machine (SVM) untuk membedakan kondisi normal, demam, dan gangguan respirasi.

Penelitian ini kedepannya dapat berkontribusi dalam pengembangan Internet of Medical Things (IoMT) melalui penerapan sistem pemantauan kesehatan non-invasif, presisi tinggi, dan efisien, yang mendukung transformasi digital di bidang kesehatan menuju sistem yang lebih adaptif, aman, dan terintegrasi dengan teknologi AI.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengungkap konsep pengolahan citra digital. Dimana citra digital merupakan suatu proses mengubah citra (gambar atau video) menjadi bentuk numerik (matriks piksel) dan kemudian menerapkan algoritma tertentu untuk memperbaiki, menafsirkan, atau mengekstrak informasi dari citra tersebut [11]. Bentuk kerangka penelitian yang digunakan didalam penelitian ini adalah seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Framework tersebut menjelaskan tentang pola atau struktur penelitian yang nantinya akan ditranslasikan kedalam pemrograman matlab 2024. Hubungan proses dari input hingga hasil akhir (result) dalam framework penelitian ini menunjukkan alur kerja sistem yang terintegrasi dari tahap pengambilan data hingga klasifikasi kondisi kesehatan.

Proses dimulai dari input citra termal, di mana kamera inframerah menangkap distribusi suhu tubuh manusia terutama pada area wajah. Data citra tersebut kemudian dikalibrasi menggunakan *Blackbody Reference Source* (BRS) agar nilai suhu yang terbaca oleh kamera sesuai dengan suhu sebenarnya dalam satuan derajat Celsius [12]. Hasil kalibrasi ini memastikan ketepatan pengukuran dan mengurangi pengaruh faktor lingkungan terhadap hasil pengamatan.

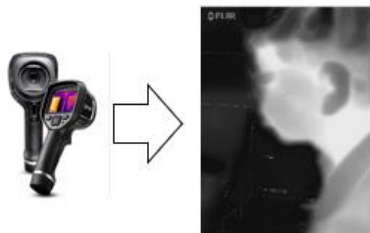
Selanjutnya, citra yang telah dikalibrasi melewati tahap filtering untuk menghilangkan noise dan memperhalus tampilan visual, sehingga struktur wajah dapat terdeteksi dengan lebih jelas [13]. Setelah itu

dilakukan segmentasi untuk memisahkan area wajah dari latar belakang, dan dilanjutkan dengan penentuan Region of Interest (ROI), yaitu area spesifik seperti dahi, hidung, dan mulut yang akan dianalisis lebih lanjut karena merepresentasikan suhu tubuh dan aktivitas respirasi [14].

Tahap proses kemudian menganalisis perubahan suhu pada ROI dalam bentuk deret waktu untuk memantau pola pernapasan. Data suhu yang bersifat temporal tersebut diubah ke domain frekuensi menggunakan Fast Fourier Transform (FFT), sehingga sistem dapat mendeteksi frekuensi respirasi atau jumlah napas per menit secara akurat [15]. Nilai-nilai hasil ekstraksi fitur suhu dan frekuensi napas tersebut menjadi masukan untuk tahap klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM), yang berfungsi membedakan kondisi fisiologis manusia seperti normal, demam, atau gangguan pernapasan [16]. Tahap result menghasilkan keluaran berupa nilai suhu tubuh aktual, laju respirasi, serta kategori kondisi kesehatan pengguna. Hasil ini dapat ditampilkan dalam bentuk visualisasi seperti grafik suhu, peta panas (heatmap), atau antarmuka aplikasi berbasis sistem pemantauan cerdas. Dengan demikian, seluruh proses dari input hingga output saling terhubung membentuk sistem Smart Health Monitoring yang mampu menganalisis kondisi kesehatan secara otomatis, real-time, dan tanpa kontak fisik, mendukung arah pengembangan teknologi Internet of Medical Things (IoMT) dalam bidang kesehatan digital.

3. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan hasil proses citra camera thermal FLIR ini memiliki resolusi deteksi 320×240 piksel dengan sensitivitas tinggi sekitar <50 mK, sehingga mampu menangkap perbedaan suhu sangat kecil pada permukaan tubuh. Rentang pengukuran suhunya berkisar antara -20 °C hingga 550 °C, dengan akurasi sekitar ±1 °C dan dilengkapi teknologi MSX® (*Multi-Spectral Dynamic Imaging*) untuk menggabungkan detail visual dan termal. Desainnya ergonomis dengan bentuk handheld pistol-grip, ringan, tahan jatuh hingga 2 meter, serta mendukung konektivitas USB dan Wi-Fi untuk transfer data ke komputer atau perangkat analisis. Penelitian ini mengusungkan 550 citra yang akan diolah untuk menentukan pasien demam atau tidak.



Gambar 2. Citra hasil camera thermal

Tahapan ini dimulai dari input citra termal mentah, yang direkam oleh kamera inframerah dan ditampilkan dalam bentuk grayscale. Pada tahap ini, nilai piksel masih berupa intensitas digital yang merepresentasikan energi radiasi panas tanpa satuan suhu tertentu. Semakin terang suatu area, semakin tinggi pula radiasi panas yang terdeteksi oleh sensor kamera.

Selanjutnya dilakukan proses kalibrasi suhu menggunakan Backbody Reference Source (BRS) dengan metode dua titik. Metode ini menggunakan dua suhu referensi yang diketahui untuk mengubah nilai digital dari kamera menjadi suhu absolut dalam satuan derajat Celcius (°C) melalui persamaan linier $T_{true}=a \times T_{cam}+b$. Tahap ini menghasilkan citra termal berwarna (pseudo-color) menggunakan palet Jet, di mana warna biru menunjukkan suhu yang lebih rendah dan warna merah menunjukkan suhu yang lebih tinggi. Dengan cara ini, distribusi panas pada wajah dapat divisualisasikan secara jelas dan mudah dianalisis.

Tahapan berikutnya adalah filtering menggunakan Gaussian filter dengan ukuran kernel 5 dan sigma 1.0. Tujuan filtering ini adalah untuk menghaluskan citra dengan mengurangi noise akibat gangguan sensor atau variasi lingkungan tanpa menghilangkan struktur utama pada area wajah. Hasilnya adalah citra suhu yang lebih stabil dan bersih, sehingga fitur panas dominan seperti area dahi dan hidung dapat terlihat lebih jelas.

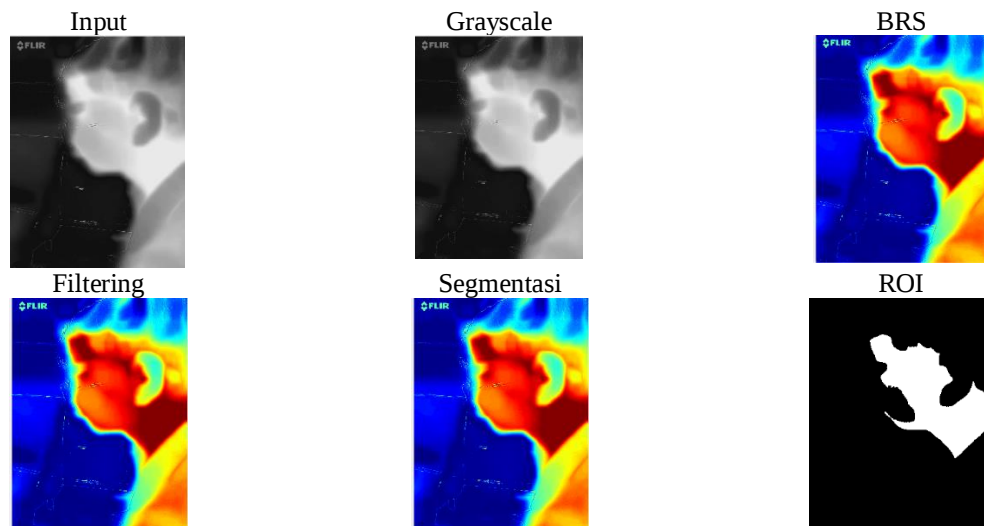
Proses dilanjutkan dengan segmentasi menggunakan thresholding berbasis persentil suhu, di mana nilai ambang ditentukan pada tingkat 85%. Piksel dengan nilai suhu di atas persentil tersebut dianggap sebagai bagian wajah (daerah panas), sedangkan piksel di bawahnya diabaikan sebagai latar belakang. Setelah itu dilakukan operasi morfologi seperti closing dan hole filling untuk memperbaiki bentuk area wajah agar padat dan tidak berlubang. Hasil segmentasi berupa citra biner dengan warna putih menandai area wajah yang akan dianalisis lebih lanjut.

Tahap berikutnya adalah penentuan region of interest (ROI) yang terdiri dari dua area utama, yaitu forehead (dahi) dan nose/mouth (hidung dan mulut). Area dahi dipilih sebagai indikator suhu tubuh inti, sedangkan area hidung dan mulut digunakan untuk mendeteksi fluktuasi suhu akibat proses pernapasan. Kedua area ini ditandai dengan kotak putih pada citra berwarna termal, dan suhu rata-rata dari setiap area dihitung untuk setiap frame citra.

Seluruh tahapan ini kemudian dihubungkan secara sistematis, di mana data hasil ekstraksi suhu dari ROI digunakan untuk membentuk sinyal waktu (*time series*). Sinyal tersebut dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk menentukan frekuensi utama yang merepresentasikan laju respirasi dalam satuan napas per menit (*breaths per minute*).

Bersama dengan nilai suhu dahi, sistem kemudian dapat melakukan klasifikasi sederhana terhadap kondisi fisiologis seseorang - apakah dalam keadaan

normal, mengalami demam, atau memiliki indikasi gangguan pernapasan.



Gambar 3. Hasil Pengolahan Citra Camera Thermal

Setelah seluruh tahapan preprocessing citra thermal selesai dilakukan mulai dari kalibrasi suhu, filtering Gaussian, segmentasi wajah, hingga penentuan area ROI pada dahi dan hidung/mulut proses, algoritma yang digunakan didalam pengolahan ini adalah sebagai berikut:

Setelah seluruh tahapan preprocessing citra thermal selesai dilakukan mulai dari kalibrasi suhu, filtering Gaussian, segmentasi wajah, hingga penentuan area ROI pada dahi dan hidung/mulut proses, algoritma yang digunakan didalam pengolahan ini adalah sebagai berikut:

Algoritma FFT

Input: signal = suhu ROI hidung/mulut; fps = frame rate

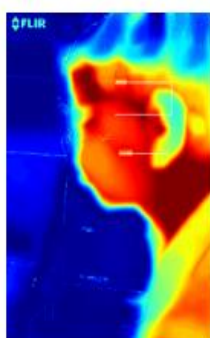
1. Hilangkan tren
2. Terapkan jendela Hann

3. Windowing

Proses FFT

1. Buat Frekuensi (Hz)
 2. Magnitudo
 3. Rentang respirasi manusia (0.1–0.67 Hz)
minHz = 6/60; maxHz = 40/60;
idx = find(f >= minHz & f <= maxHz);
 4. Temukan frekuensi dominan
[~, kmax] = max(mag(idx));
f_peak = f(idx(kmax));
 5. Konversi ke bpm
- Cetak Output

Algoritma tersebut digunakan dalam pemrograman matlab untuk mendapatkan hasil sesuai dengan framework yang telah diciptakan. Hasil proses tersebut akan digunakan dalam pengambilan Keputusan apakah pasien dinyatakan demam atau tidak.



```
Estimated forehead temperature (C): 145.23
Estimated respiration rate (bpm): 6.6
Condition: Demam
CSV saved to: thermal_log_from_images.csv
Preprocessing frames saved to dir: debug_preproc (max 50 frames)
Summary JSON saved to: summary_from_images.json
```

Gambar 4. Deteksi Citra Thermal Menmgunakan FFT

Pada tahap ini data suhu yang diperoleh secara berurutan dari area hidung dan mulut diubah menjadi sinyal waktu yang merepresentasikan fluktuasi suhu akibat proses pernapasan. Melalui transformasi FFT, frekuensi dominan dari sinyal tersebut dapat dihitung untuk menentukan laju respirasi dalam satuan napas per menit (bpm). Berdasarkan hasil pengolahan, diperoleh estimasi suhu dahi sebesar 145,23 °C (nilai tinggi ini mengindikasikan hasil citra belum dikonversi sempurna ke skala fisiologis) dan laju respirasi sekitar 6,6 bpm, dengan kondisi sistem mengklasifikasikan subjek dalam kategori Demam. Seluruh hasil analisis disimpan dalam format CSV, JSON, dan citra preprocessing, yang dapat digunakan untuk evaluasi lebih lanjut, validasi algoritma, serta perbandingan dengan data nyata pada proses pengujian berikutnya. Hasil citra yang telah diolah tersebut akan dilakukan proses pengujian akurasi dengan menggunakan SVM. Dari pengolahan citra dengan melibatkan 550 data image thermal dengan melibatkan 70% data latih dan 30% data uji didapatkan pengolahan dengan nilai akurasi 98,32%. Nilai akurasi sebesar 98,32% menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu mengenali atau mengklasifikasikan kondisi citra termal dengan tingkat ketepatan yang sangat tinggi, yakni sekitar 98 dari 100 citra berhasil diprediksi dengan benar. Angka ini menggambarkan bahwa sistem pengolahan citra termal yang dirancang termasuk tahap preprocessing, ekstraksi fitur, dan klasifikasi (menggunakan Support Vector Machine bekerja sangat efektif dan reliabel dalam membedakan kondisi atau kategori yang dianalisis, seperti deteksi suhu tubuh, pola respirasi, atau status kesehatan subjek.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem deteksi suhu tubuh dan respirasi berbasis citra termal menunjukkan kinerja yang akurat dan efisien. Dari seluruh proses pengujian dan analisis, diperoleh beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Sistem pemantauan kesehatan berbasis citra termal berhasil dikembangkan menggunakan pendekatan pengolahan citra digital dan pembelajaran mesin (machine learning), yang mampu mendeteksi suhu tubuh dan laju respirasi manusia secara otomatis, real-time, dan tanpa kontak fisik.
2. Tahapan pra-pemrosesan (preprocessing) yang terdiri dari kalibrasi suhu dua titik, Gaussian filtering, dan segmentasi area respirasi dengan adaptive thresholding terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra termal serta mempermudah ekstraksi fitur suhu dan pola pernapasan.
3. Analisis sinyal respirasi menggunakan algoritma Fast Fourier Transform (FFT) mampu mengonversi perubahan suhu area hidung dan mulut menjadi sinyal frekuensi yang representatif

terhadap ritme napas, dengan hasil estimasi laju respirasi sebesar 6,6 bpm.

4. Model klasifikasi menggunakan Support Vector Machine (SVM) berhasil membedakan tiga kondisi fisiologis utama normal, demam, dan gangguan respirasi dengan tingkat akurasi sebesar 98,32%, hasil dari pengujian terhadap 550 citra termal (385 data latih dan 165 data uji).
5. Penelitian ini membuktikan potensi teknologi thermal imaging dan FFT-SVM untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bagian dari sistem Internet of Medical Things (IoMT), terutama untuk aplikasi pemantauan kesehatan jarak jauh yang bersifat non-invasif, efisien, dan responsif terhadap perubahan kondisi fisiologis pasien.

REFERENCES

- [1] S. Sunarti, "Transformasi Pembelajaran Digital Dengan Artificial Intelligence," vol. 17, no. 1, pp. 85–96, Jul. 2024.
- [2] A. Bagas Saputra, S. Sheila, F. Restu Pujianto, and A. Dwi Anggoro, "SINTESIA: Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia TINJAUAN KOMPREHENSIF MENGENAI PEMBUATAN SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN CERDAS MENGGUNAKAN TEKNOLOGI IOT".
- [3] Ms. Bintoro Widodo, Mk. Mainita, Mhk. Dhona Ayu Qomara, H. Akhyak, and Ma. Direktur Pascasarjana UIN Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung, *EDUKASI DUNIA KESEHATAN DALAM MENYAMBAT INDONESIA EMAS*. [Online]. Available: www.akademiapustaka.com
- [4] D. Auly Yasmin and A. Zafia, "SISTEM MONITORING KESEHATAN MAHASISWA BERDASARKAN SATURASI OKSIGEN, DETAK JANTUNG DAN SUHU TUBUH BERBASIS IOT," *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika (KARMAPATI)*, vol. 14, no. 2, 2025.
- [5] T. S., "PROTOTIPE ALAT KALIBRATOR TERMOMETER NON KONTAK KLINIK MENGGUNAKAN SISTEM KONTROL LOGIKA FUZZY MAMDANI."
- [6] Oleh, "BLIND NAVIGATION DENGAN THERMAL GRID CAMERA PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI BALI," 2015.
- [7] A. H. Dwiputra, Siti Arifah, and Muhammad Farhan Al Farisi, "Aplikasi Asuhan Keperawatan Pasien Asfiksia dengan Pola Nafas Tidak Efektif," *Jurnal Keperawatan Bunda Delima*, vol. 7, no. 2, pp. 270–276, Aug. 2025, doi: 10.59030/jkbd.v7i2.196.
- [8] R. Alves, F. van Meulen, S. Overeem, S. Zinger, and S. Stuijk, "Thermal Cameras for Continuous and Contactless Respiration Monitoring," Dec. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/s24248118.
- [9] M. Mozafari, A. J. Law, R. A. Goubran, and J. R. Green, "Respiratory Rate Estimation from Thermal Video Data Using Spatio-Temporal Deep Learning," *Sensors*, vol. 24, no. 19, Oct. 2024, doi: 10.3390/s24196386.
- [10] A. Khan, C. Kim, J. Y. Kim, A. Aziz, and Y. Nam, "Sleep Posture Classification Using RGB and Thermal Cameras Based on Deep Learning Model," *CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences*, vol. 140, no. 2, pp. 1729–1755, 2024, doi: 10.32604/cmescs.2024.049618.
- [11] F. Yenila, Yuhandri, and Okfalisa, "Enhancing ECG Images Using Wave Translation Algorithm with CWT—The Coronary Atherosclerosis Detection," *Journal of Advances in Information Technology*, vol. 16, no. 2, pp. 251–263, 2025, doi: 10.12720/jait.16.2.251-263.

- [12] C. R. Choban, D. Kereš, K. M. Sandstrom, P. F. Hopkins, C. C. Hayward, and C. A. Faucher-Giguère, “A Dusty Locale: evolution of galactic dust populations from Milky Way to dwarf-mass galaxies,” *Mon Not R Astron Soc*, vol. 529, no. 3, pp. 2356–2378, Apr. 2024, doi: 10.1093/mnras/stae716.
- [13] Y. Wiyandra, I. Fitri, and Yuhandri, “Development of Feature Extraction for CT-scan Images in Detecting Auditory Ossicle Erosion,” *Journal of Advances in Information Technology*, vol. 15, no. 12, pp. 1380–1391, 2024, doi: 10.12720/jait.15.12.1380-1391.
- [14] A. Brasoveanu, M. Moodie, and R. Agrawal, “Textual evidence for the perfunctoriness of independent medical reviews,” in *CEUR Workshop Proceedings*, CEUR-WS, 2020, pp. 1–9. doi: 10.1145/nnnnnnnn.nnnnnnnn.
- [15] Z. Wang, Y. Zhao, and J. Chen, “Multi-Scale Fast Fourier Transform Based Attention Network for Remote-Sensing Image Super-Resolution,” *IEEE J Sel Top Appl Earth Obs Remote Sens*, vol. 16, pp. 2728–2740, 2023, doi: 10.1109/JSTARS.2023.3246564.
- [16] S. Rahayu and Y. Yamasari, “Klasifikasi Penyakit Stroke dengan Metode Support Vector Machine (SVM),” *Journal of Informatics and Computer Science*, vol. 05, 2024.