

SISTEM MONITORING TINGKAT STRES MANUSIA BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN ESP32-C3 DAN SENSOR GALVANIC SKIN RESPONSE (SANATECH)

Angger Satria Restu Ageng, Pramono, Agustina Srirahayu

Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa

Fakultas Ilmu Komputer Universitas Duta Bangsa Surakarta,

Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kec. Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57154

riodimasriodimas@gmail.com

ABSTRAK

Stres merupakan respons fisiologis yang dapat berdampak pada kesehatan apabila berlangsung dalam jangka waktu lama. Pemantauan tingkat stres secara berkala masih menghadapi kendala karena sebagian metode yang tersedia memerlukan peralatan khusus dan biaya yang relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring tingkat stres manusia berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan pemantauan secara real-time menggunakan mikrokontroler ESP32-C3 dan sensor Galvanic Skin Response (GSR). Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan tahapan perancangan perangkat keras, pengolahan sinyal menggunakan metode Moving Average untuk mereduksi noise, serta klasifikasi tingkat stres berdasarkan nilai ambang (threshold). Data hasil pembacaan kemudian dikirim ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan melalui dashboard berbasis web. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi kondisi stres rendah, sedang, dan tinggi dengan nilai GSR masing-masing sebesar 981, 1016, dan 1264. Seluruh data berhasil ditampilkan secara real-time pada dashboard web sehingga sistem dapat digunakan sebagai media monitoring tingkat stres yang praktis, portabel, dan hemat daya.

Kata kunci : *Monitoring Stres, ESP32-C3, GSR, IoT, Firebase*

1. PENDAHULUAN

Stres merupakan respons fisiologis tubuh terhadap tekanan yang, apabila berlangsung dalam jangka waktu lama, dapat meningkatkan risiko berbagai gangguan kesehatan fisik maupun mental. Menurut pedoman kesehatan global, stres menjadi salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas hidup dan produktivitas masyarakat sehingga diperlukan upaya pemantauan kondisi stres secara berkelanjutan [1].

Seiring berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), proses monitoring kondisi fisiologis dapat dilakukan secara real-time melalui perangkat yang saling terhubung menggunakan jaringan internet [2].

Salah satu indikator fisiologis yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi tingkat stres adalah Electrodermal Activity (EDA) yang diukur menggunakan sensor Galvanic Skin Response (GSR), yaitu sensor yang mendeteksi perubahan konduktivitas listrik pada kulit akibat aktivitas sistem saraf simpatik [3].

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem deteksi stres menggunakan metode machine learning, pendekatan tersebut umumnya membutuhkan proses komputasi yang cukup tinggi sehingga kurang sesuai diterapkan pada perangkat mikrokontroler dengan sumber daya terbatas [4].

Selain itu, tidak semua sistem menyediakan fasilitas monitoring data secara langsung melalui media berbasis web yang mudah diakses pengguna.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring tingkat stres manusia berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32-C3 dan sensor GSR. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan metode Moving Average untuk mengurangi noise pada sinyal sensor dan metode threshold untuk mengklasifikasikan tingkat stres menjadi kategori rendah, sedang, dan tinggi. Selanjutnya, data hasil pengukuran dikirim ke Firebase Realtime Database dan ditampilkan melalui dashboard berbasis web sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara real-time.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai monitoring tingkat stres telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan sinyal fisiologis dan teknologi Internet of Things (IoT). Can et al. mengembangkan sistem deteksi stres berbasis machine learning menggunakan sinyal fisiologis dan memperoleh tingkat akurasi yang baik, namun membutuhkan komputasi yang relatif tinggi [4].

Sarkar et al. mengimplementasikan sistem monitoring stres berbasis IoT yang mampu mengirimkan data secara real-time melalui platform cloud [8].

Penelitian lain oleh Hendryani et al. menunjukkan bahwa penggunaan sensor fisiologis yang terintegrasi dengan IoT mampu meningkatkan efektivitas proses monitoring kesehatan secara jarak jauh [9].

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor Galvanic Skin Response (GSR) merupakan salah satu sensor yang efektif untuk mendeteksi perubahan kondisi emosional manusia. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring tingkat stres berbasis ESP32-C3 dan sensor GSR menggunakan metode threshold yang lebih ringan sehingga sesuai diterapkan pada perangkat embedded.

2.1. Galvanic Skin Response (GSR)

Sensor GSR bekerja dengan mendeteksi fluktuasi resistansi kulit. Saat individu mengalami stres emosional, sistem saraf memicu kelenjar keringat, sehingga resistansi menurun dan nilai konduktivitas listrik meningkat. Variasi konduktivitas inilah yang dibaca oleh sensor untuk menginterpretasikan level stres pengguna secara objektif [6].



Gambar 1. Sensor GSR pengukur aktivitas kulit

2.2. Mikrokontroler ESP32 C3

ESP32-C3 merupakan mikrokontroler berarsitektur RISC-V yang telah terintegrasi dengan modul WiFi dan Bluetooth Low Energy (BLE) [5]. Perangkat ini memiliki keunggulan konsumsi daya yang rendah (low power) serta Analog to Digital Converter (ADC) internal, menjadikannya sangat sesuai sebagai pusat kendali pada perangkat monitoring kesehatan portable.

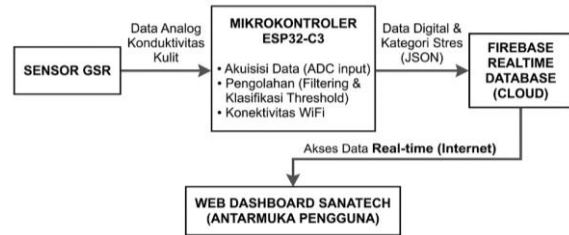
2.3. Konsep Internet of Things dan Firebase

IoT memfasilitasi komunikasi antar perangkat keras melalui internet tanpa intervensi manusia. Dalam sistem ini, arsitektur IoT diintegrasikan dengan Firebase Realtime Database sebagai platform cloud untuk menyimpan dan melakukan sinkronisasi data sensor secara instan (real-time), memungkinkan pengguna mengakses data fisiologisnya lewat antarmuka web [7].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode rekayasa sistem embedded yang mencakup perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Sistem dibangun dengan menghubungkan sensor GSR secara langsung ke pin ADC pada ESP32-C3. Modul mikrokontroler ini bertugas mengakuisisi sinyal analog dari sensor, memprosesnya, lalu mengirimkan hasilnya ke platform cloud memanfaatkan konektivitas WiFi internal. Program perangkat lunak dirancang untuk membaca nilai ADC secara periodik, yang kemudian disaring menggunakan metode Moving Average untuk mengeliminasi noise pembacaan. Setelah sinyal stabil,

algoritma mengklasifikasikan tingkat stres berdasarkan perbandingan nilai terhadap baseline (kondisi rileks individu) menjadi Stres Rendah, Stres Sedang, dan Stres Tinggi.



Gambar 2. Blok Arsitektur Sistem.

Berdasarkan Gambar 2, alur data dimulai dari sensor GSR yang dihubungkan ke pin ADC ESP32-C3. Data kemudian diproses dan dikirim menggunakan modul WiFi internal menuju Firebase Realtime Database sebelum ditampilkan pada Web Dashboard.

Pengambilan data dilakukan dengan frekuensi sampling sebesar 1–5 Hz pada dua kondisi utama, yaitu kondisi rileks (baseline) yang direkam selama $\pm 3-5$ menit, serta kondisi pemberian stimulus stres ringan seperti tugas berhitung cepat. Pengolahan data difilter menggunakan metode moving average untuk mengurangi noise pada sinyal sensor [9].

$$MA_t = \frac{X_t + X_{t-1} + X_{t-2} + \dots + X_{t-n+1}}{n}$$

Kategori tingkat stres ditentukan menggunakan metode ambang batas berdasarkan nilai *baseline* individu [1].

Pengujian performa komunikasi sistem dievaluasi melalui analisis parameter *delay*, *packet loss*, dan *error rate* secara kuantitatif [11].

3.1. Perancangan Hardware

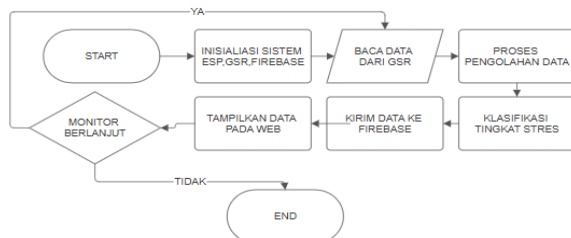
Perancangan perangkat keras pada penelitian ini difokuskan pada integrasi antara mikrokontroler ESP32-C3 dengan sensor Galvanic Skin Response (GSR). Sensor GSR dihubungkan langsung ke mikrokontroler dengan memanfaatkan tiga jalur utama [4].

Pin VCC dan GND pada sensor masing-masing dihubungkan ke pin tegangan 3,3V dan pin Ground pada ESP32-C3 sebagai sumber daya. Sementara itu, pin keluaran sinyal analog (SIG/OUT) dari sensor GSR dihubungkan ke salah satu pin Analog to Digital Converter (ADC) internal pada ESP32-C3. Konfigurasi ini memungkinkan ESP32-C3 untuk melakukan akuisisi data konduktivitas kulit berupa sinyal tegangan analog yang bervariasi, untuk kemudian dikonversi menjadi data digital (nilai ADC) yang siap diproses lebih lanjut menggunakan algoritma klasifikasi [5].

3.2. Perancangan Website

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini difokuskan pada pengembangan antarmuka dashboard pemantauan medis berbasis web yang diberi nama

"SANATECH". Antarmuka ini dibangun menggunakan HTML sebagai kerangka struktur, CSS untuk penataan tata letak visual, serta JavaScript untuk menangani pemrosesan data secara dinamis. Perangkat lunak ini dirancang untuk membaca aliran data dari Firebase Realtime Database secara asinkron dan memperbarui antarmuka secara instan.



Gambar 3. Blok Arsitektur Sistem.

Berdasarkan flowchart pada Gambar 3, sistem memulai proses dengan melakukan inisialisasi pada ESP32-C3, sensor GSR, koneksi WiFi, dan parameter Firebase. Setelah inisialisasi berhasil, mikrokontroler akan mengeksekusi perintah untuk membaca data analog dari sensor GSR. Data mentah tersebut kemudian masuk ke tahap pengolahan menggunakan filter Moving Average guna meminimalisir noise atau fluktuasi sinyal yang tidak stabil.

3.3. Hasil Implementasi Sistem

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan sensor Galvanic Skin Response (GSR) pada mikrokontroler ESP32-C3 menggunakan pin Analog to Digital Converter (ADC). Setelah seluruh komponen dirangkai menjadi satu kesatuan dan program dijalankan, sistem berhasil beroperasi untuk mengakuisisi sinyal konduktivitas kulit pengguna secara real-time [5].

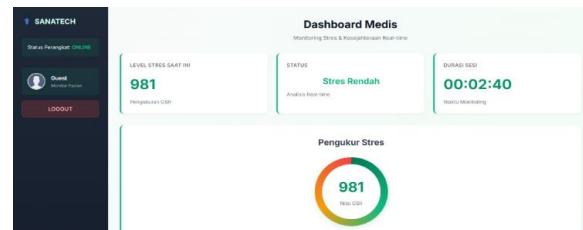


Gambar 4. Implementasi sistem Sanatech

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa perangkat telah berhasil dirancang dalam bentuk purwarupa (prototype) fisik menggunakan ESP32-C3 sebagai mikrokontroler utama. Sistem ini dilengkapi dengan modul pembaca sensor GSR beserta dua buah elektroda yang menggunakan pengikat jari (velcro strap). Elektroda tersebut dipasang langsung bersentuhan dengan permukaan kulit pengguna untuk mendeteksi perubahan tingkat stres secara langsung dan kontinu [2].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem telah berhasil dilakukan dimana ESP32-C3 mampu membaca dan memproses sinyal konduktivitas dari sensor GSR. Untuk menguji keandalan sistem, pengujian dilakukan pada salah satu responden berusia 23 tahun. Skenario pengujian dibagi menjadi fase istirahat untuk menentukan nilai dasar (baseline) dan fase pemberian stimulus berupa tes kognitif berhitung cepat di bawah tekanan waktu untuk memicu respons stres fisiologis [2]. Hasil akuisisi data ini dikirimkan secara real-time menuju antarmuka dashboard web medis "SANATECH" [4].



Gambar 5. Tampilan antarmuka dashboard saat mendeteksi kondisi stres rendah

Berdasarkan Gambar 5, pengujian pada durasi awal (menit ke 02:40) menunjukkan pengguna berada pada fase rileks tanpa stimulus. Sistem mendeteksi nilai GSR sebesar 981, yang secara otomatis diklasifikasikan ke dalam status "Stres Rendah". Nilai ini terekam stabil dan dijadikan sebagai titik acuan batas bawah konduktivitas kulit normal (baseline) bagi responden tersebut.

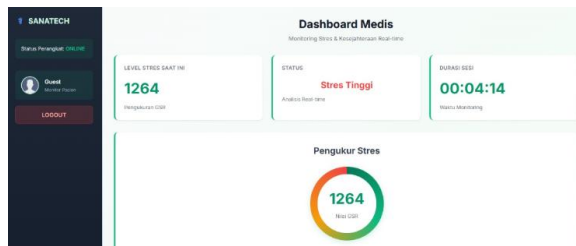


Gambar 6. Tampilan antarmuka dashboard saat mendeteksi kondisi stres sedang.

Dari grafik dan data pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa ketika responden mulai diberikan stimulus tes kognitif pada menit ke 03:40, terjadi peningkatan aktivitas kelenjar keringat. Hal ini terekam oleh sensor GSR dengan kenaikan nilai pembacaan menjadi 1016. Sesuai dengan algoritma threshold yang ditanamkan pada mikrokontroler, peningkatan ini berhasil terdeteksi sehingga status pada dashboard berubah secara real-time menjadi "Stres Sedang".

Berdasarkan pengamatan pada Gambar 7, tekanan waktu yang semakin ketat pada menit ke 04:14 memicu lonjakan aktivitas sistem saraf simpatik responden secara signifikan. Nilai konduktivitas kulit melonjak tajam menyentuh angka 1264. Sistem langsung merespons perubahan drastis tersebut dan memutakhirkan status menjadi "Stres Tinggi". Transmisi pembaruan data dari mikrokontroler ke

Firebase lalu ke dashboard web ini terbukti berjalan sangat lancar dengan tingkat latensi (delay) yang rendah, membuktikan fungsionalitas pemantauan berjalan secara optimal.



Gambar 7. Tampilan antarmuka dashboard saat mendeteksi kondisi stres tinggi.

4.1. Hasil Pengujian Alat

Pengujian fungsionalitas alat dilakukan untuk mengevaluasi kinerja mikrokontroler ESP32-C3 dan sensor GSR dalam membaca serta mengklasifikasikan sinyal konduktivitas kulit pengguna. Berdasarkan data pengujian yang disajikan pada Tabel 1, sistem terbukti responsif dalam mengidentifikasi fluktuasi kondisi fisiologis [5]. Pada tahap awal pengujian dalam kondisi rileks, sensor mencatat nilai konduktivitas dasar (*baseline*) sebesar 981, yang secara akurat diproses oleh algoritma sistem ke dalam kategori Stres Rendah [2].

Tabel 1. Data Monitoring Nilai GSR.

No	Nilai GSR	Kategori
1	981	Stres Rendah
2	1016	Stres Sedang
3	1264	Stres Tinggi

Ketika responden mulai merespons stimulus kognitif yang diberikan, terjadi peningkatan aktivitas kelenjar keringat yang memicu penurunan resistansi kulit [2].

Hal ini terbaca oleh sensor dengan peningkatan nilai menjadi 1016, dan sistem berhasil memperbarui klasifikasi tersebut menjadi Stres Sedang. Pada puncak pengujian dengan tingkat tekanan yang lebih intens, nilai GSR mengalami lonjakan yang sangat tajam hingga mencapai angka 1264. Sistem dengan cepat merespons perubahan drastis ini dan mengategorikannya sebagai Stres Tinggi. Secara keseluruhan, hasil ini membuktikan bahwa metode threshold yang ditanamkan pada perangkat keras dapat berfungsi secara optimal dan presisi dalam membedakan berbagai level stres pengguna secara real-time [4].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring stres berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32-C3 dan sensor GSR telah berhasil direalisasikan. Sistem mampu mengklasifikasikan kondisi psikologis pengguna ke dalam kategori Stres Rendah (nilai 981), Stres Sedang (nilai 1016), dan

Stres Tinggi (nilai 1264) serta menampilkannya pada dashboard web secara real-time. Untuk penelitian selanjutnya, sistem ini disarankan untuk dikembangkan dengan kemasan wearable yang lebih ergonomis dan penambahan fitur notifikasi otomatis ke ponsel pintar pengguna ketika level stres mencapai tingkat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. S. Can, B. Arnrich, and C. Ersoy, "Stress detection from physiological signals using machine learning methods: A review," *IEEE Access*, vol. 9, 2021.
- [2] E. Jovanov, A. Milenkovic, and D. Raskovic, "Electrodermal activity in stress assessment: A review," *Sensors*, vol. 21, no. 21, 2021.
- [3] M. M. Rahman, M. S. Islam, and M. A. Rahman, "An IoT-based smart health monitoring system," *SN Computer Science*, vol. 2, 2021.
- [4] S. Sarkar, S. Banerjee, and P. Roy, "IoT-based real-time stress monitoring system using physiological signals," *IEEE Internet of Things Journal*, 2022.
- [5] A. Hendryani et al., "Real-time stress detection and monitoring system using IoT-based physiological signals," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 12, no. 4, 2023.
- [6] H. G. Kim et al., "Deep learning-based stress detection using EEG and GSR," *PLOS ONE*, 2024.
- [7] N. Mouhni et al., "Enhancing stress detection in wearable IoT devices using federated learning," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 2024.
- [8] M. Nazeer et al., "Improved method for stress detection using bio-sensor technology and machine learning algorithms," *MethodsX*, vol. 13, 2024.
- [9] M. Jain and A. Srihari, "Comparison of machine learning models for stress detection using sensor data," *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, vol. 12, no. 5, 2024.
- [10] M. Paniagua-Gómez and M. Fernandez-Carmona, "IoT and AI for stress detection and monitoring," *Electronics*, 2025.
- [11] D. A. Pradeesh and N. P. Subiramaniyam, "IoT-enabled smart health monitoring system with deep learning," *IJETT*, vol. 73, no. 2, 2025.
- [12] M. E. S. Ramadhan and Misbah, "Stress and anxiety monitoring system using IoT-based biometric sensors," *ELKOM Journal*, vol. 18, no. 1, 2025.
- [13] Y. Segono et al., "IoT-based stress monitoring using CNN for HRV-GSR analysis," *Sinkron Journal Sinkron*, vol. 11, no. 1, 2026.
- [14] R. Al Abdi et al., "Mental stress detection using physiological sensors and artificial intelligence: A review," *Sensors*, vol. 26, no. 5, 2026.