



Sistem “Smart Desk” Berbasis IoT untuk Mitigasi *Sedentary Behavior* (Perilaku Kurang Gerak) dengan Peningkat Fisik Adaptif

Farid Rahmat Tanjung^{1*}, Mulkan Azhari²

^{1,2} Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara

Email: faridtanjung77@gmail.com¹, mulkan@umsu.ac.id²

*Penulis Korespondensi: faridtanjung77@gmail.com

Abstract. *Sedentary Behavior has become increasingly common due to prolonged computer use in work and educational environments. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based Smart Desk system to monitor and mitigate prolonged sitting behavior. The system uses an ESP32 DevKit V1 microcontroller and a Load Cell pressure sensor to detect and record the user's sitting duration in real time. The collected data are processed using the Simple Moving Average (SMA) algorithm to improve the stability of sitting-duration measurements. When the accumulated sitting duration exceeds the predetermined safe threshold, the system provides progressive physical alerts through visual instructions displayed on an LCD and an interruptive buzzer alarm to encourage users to change their position and move. The system is also integrated with Node.js to store and display historical sitting-duration data through a Web Dashboard, enabling users to monitor their sitting patterns over time. The implementation demonstrates that the Smart Desk system can consistently detect prolonged static sitting and provide timely physical reminders. The integration of real-time sensing, data processing, progressive alerts, and historical monitoring provides an automated approach to mitigating Sedentary Behavior among individuals with high-intensity computer use.*

Keywords: ESP32; Internet of Things (IoT); Load Cell; Sedentary Behavior; Simple Moving Average.

Abstrak. Perilaku kurang gerak (*Sedentary Behavior*) semakin umum terjadi akibat penggunaan komputer dalam waktu lama pada lingkungan kerja dan pendidikan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Desk* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan memitigasi kebiasaan duduk dalam waktu berkepanjangan. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 dan sensor tekanan *Load Cell* untuk mendeteksi serta mencatat durasi duduk pengguna secara *real-time*. Data yang diperoleh diolah menggunakan algoritma *Simple Moving Average* (SMA) untuk meningkatkan kestabilan pengukuran durasi duduk. Ketika akumulasi durasi duduk melebihi batas aman yang telah ditentukan, sistem memberikan peringatan fisik secara bertahap melalui instruksi visual pada LCD dan alarm *buzzer* interuptif untuk mendorong pengguna mengubah posisi dan melakukan pergerakan. Sistem juga terintegrasi dengan Node.js untuk menyimpan dan menampilkan riwayat durasi duduk melalui *Web Dashboard*, sehingga pengguna dapat memantau pola duduk dari waktu ke waktu. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem *Smart Desk* mampu mendeteksi kebiasaan duduk statis yang berkepanjangan secara konsisten dan memberikan peningkat fisik secara tepat waktu. Integrasi sensor *real-time*, pengolahan data, peringatan bertahap, dan pemantauan historis memberikan pendekatan otomatis untuk memitigasi perilaku kurang gerak pada pengguna dengan intensitas penggunaan komputer yang tinggi.

Kata kunci: Algoritma *Simple Moving Average*; ESP32; *Internet of Things* (IoT); *Load Cell*; Perilaku Kurang Gerak.

1. LATAR BELAKANG

Fenomena *Sedentary Behavior* atau perilaku kurang gerak telah menjadi krisis kesehatan global yang signifikan dalam satu dekade terakhir, terutama dengan meningkatnya digitalisasi di lingkungan kerja dan pendidikan yang memaksa individu untuk menghabiskan waktu berjam-jam di depan layar. Perilaku ini didefinisikan sebagai aktivitas apa pun yang dilakukan dalam posisi duduk atau berbaring dengan pengeluaran energi yang sangat rendah, biasanya di bawah 1,5 *metabolic equivalents*. Di Indonesia, pergeseran gaya hidup dari pekerjaan fisik ke pekerjaan berbasis sistem informasi telah menyebabkan peningkatan angka penyakit tidak

menular yang berhubungan erat dengan kurangnya aktivitas fisik secara kontinu. Masalah ini diperparah oleh kurangnya kesadaran individu terhadap durasi duduk mereka yang terus-menerus melampaui batas kesehatan yang dianjurkan, sehingga menciptakan kesenjangan antara kebutuhan biologis tubuh untuk bergerak dan kenyataan gaya hidup modern yang statis (Andriyani et al. 2020). Merekomendasikan agar orang dewasa membatasi waktu sedentari dan menggantinya dengan aktivitas fisik dalam intensitas apa pun karena penggantian tersebut memberikan manfaat kesehatan (World Health Organization 2020).

Data nasional menunjukkan bahwa lebih dari separuh populasi anak-anak dan remaja di Indonesia memiliki tingkat aktivitas fisik yang tidak mencukupi, dengan prevalensi perilaku pasif yang mencapai angka yang mengkhawatirkan setiap tahunnya. Faktor-faktor seperti penggunaan perangkat elektronik yang berlebihan, kurangnya ruang terbuka hijau yang aman untuk beraktivitas, serta norma sosial yang lebih mengutamakan produktivitas di atas meja daripada kebugaran fisik berkontribusi pada tingginya angka *sedentary lifestyle*. Ketidakseimbangan antara asupan energi harian dan pengeluaran energi melalui gerak fisik ini secara langsung menyebabkan akumulasi lemak tubuh yang berujung pada komplikasi obesitas dan gangguan metabolisme sistemik lainnya. Meskipun standar kesehatan global (WHO) menekankan pentingnya jeda aktivitas fisik setiap 60 menit saat bekerja, ketercapaian standar ini di masyarakat urban Indonesia masih sangat rendah karena minimnya instrumen pengingat yang efektif, mandiri, dan adaptif terhadap perilaku pengguna (Andriyani et al. 2020; Sunarti & Lestari, 2026).

Penelitian mengenai pola gerak masyarakat Indonesia mengungkapkan bahwa selama masa adaptasi pascapandemi, risiko penyakit metabolik meningkat tajam akibat perubahan pola perilaku masyarakat yang menjadi lebih bergantung pada teknologi komunikasi jarak jauh dalam jangka waktu lama. Perilaku duduk santai sambil bermain gawai atau bekerja telah menjadi norma baru bagi banyak kalangan, termasuk mahasiswa dan pekerja, yang menghabiskan waktu berjam-jam tanpa diselingi gerakan fisik yang berarti bagi sirkulasi darah. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak akan intervensi teknologi yang dapat memberikan umpan balik langsung dan memaksa pengguna untuk melakukan perubahan posisi secara fisik demi menjaga kesehatan jangka panjang. Tanpa adanya sistem pemantauan yang terintegrasi dengan aktivitas harian, upaya mitigasi perilaku kurang gerak akan sulit mencapai hasil yang maksimal di tengah tuntutan pekerjaan yang semakin tinggi (Andriyani et al. 2020; Iryanto & Imam, 2025).

Dalam konteks pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK), solusi yang ada saat ini sering kali bersifat pasif, seperti aplikasi ponsel pintar yang hanya memberikan

notifikasi visual yang sangat mudah diabaikan oleh pengguna di tengah kesibukan. Terdapat kesenjangan yang nyata antara kecanggihan sensor pemantau dengan mekanisme respons yang diberikan; sebuah sistem pengingat harus mampu berinteraksi dengan pengguna untuk memastikan kepatuhan terhadap protokol kesehatan kerja. Implementasi *Internet of Things* (IoT) menawarkan peluang besar untuk menciptakan ekosistem *Smart Desk* yang mampu mendeteksi tekanan duduk secara *real-time* dan memberikan umpan balik berupa suara sebagai bentuk yang memaksa pengguna untuk berdiri sejenak. Penggunaan metode *Time-series data analysis* dalam sistem ini memungkinkan perangkat untuk memahami pola duduk pengguna secara dinamis dan memberikan peringatan yang bersifat adaptif, bukan sekadar berdasarkan interval waktu yang kaku dan monoton (Irawan, Siti Nuryawati, and Dwiwana 2025).

Pengembangan sistem ini juga didukung oleh integrasi basis data berbasis awan seperti Node.js yang memungkinkan penyimpanan histori durasi duduk secara aman dan dapat diakses kapan saja melalui monitoring *Web Dashboard*. Dengan menyimpan histori ini, pengguna dapat memantau perkembangan perilaku mereka melalui dasbor interaktif, sehingga menciptakan rasa tanggung jawab terhadap kesehatan diri sendiri melalui data yang terukur. Inovasi "*Smart Desk*" ini menjembatani antara keingintahuan individu mengenai tingkat aktivitas fisik mereka dengan jawaban teknologi yang solutif, otomatis, dan terintegrasi dengan gaya hidup digital saat ini (Irawan et al. 2025; Masito et al., 2026).

2. KAJIAN TEORITIS

Sedentary Behavior

Perilaku kurang gerak atau *Sedentary Behavior* merupakan fenomena modern yang didefinisikan sebagai sekumpulan aktivitas yang melibatkan pengeluaran energi yang sangat minimal, umumnya kurang dari atau sama dengan 1,5 *Metabolic Equivalent of Task* (MET). Kondisi ini mencakup aktivitas seperti duduk, bersandar, atau berbaring dalam keadaan terjaga, baik saat bekerja di depan komputer, mengemudi, maupun saat menggunakan perangkat elektronik untuk hiburan. Secara fisiologis, perilaku ini menyebabkan penurunan dramatis pada aktivitas enzim *lipoprotein lipase* yang bertanggung jawab untuk memecah lemak dalam darah, sehingga memicu risiko gangguan metabolik yang signifikan bagi tubuh manusia (Andriyani et al. 2020; Quratuainniza & Nurkhaerani, 2025).

Dalam konteks demografis Indonesia, gaya hidup menetap ini telah merambah ke berbagai lapisan usia, mulai dari anak-anak sekolah hingga pekerja dewasa di daerah perkotaan. Penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 30% populasi di kota besar menghabiskan

waktu lebih dari tiga jam sehari dalam posisi duduk statis tanpa jeda fisik yang berarti bagi sirkulasi darah. Peningkatan ini didorong oleh kemudahan akses terhadap teknologi digital dan perubahan lingkungan kerja yang tidak lagi menuntut banyak pergerakan fisik secara langsung. Hal ini menciptakan tantangan baru bagi otoritas kesehatan untuk mengedukasi masyarakat mengenai bahaya jangka panjang dari *sedentary lifestyle* yang sering kali tidak dirasakan secara instan (Andriyani et al. 2020; Danial et al., 2026).

Secara klinis, durasi duduk yang melampaui batas aman berkontribusi besar terhadap peningkatan kejadian penyakit kronis seperti diabetes mellitus tipe 2, hipertensi, dan berbagai jenis gangguan kardiovaskular. Selain itu, perilaku kurang gerak juga berdampak buruk pada sistem muskuloskeletal, yang sering kali bermanifestasi sebagai nyeri punggung bawah (*lower back pain*) dan kekakuan pada persendian akibat kurangnya kontraksi otot pendukung postur. Masalah ini menjadi semakin kompleks karena dampak negatifnya tetap dapat mengintai individu yang secara rutin berolahraga, namun tetap menghabiskan sebagian besar waktu harian mereka dalam posisi duduk tanpa interupsi gerak sama sekali (Irawan et al. 2025).

Komunikasi Uplink dan Downlink

Komunikasi data dalam arsitektur sistem IoT dibagi menjadi dua jalur utama yang saling melengkapi untuk menciptakan interaksi dua arah yang dinamis, yaitu *uplink* dan *downlink*. Jalur *uplink* merujuk pada aliran data dari perangkat sensor menuju ke pusat data di server awan atau aplikasi monitoring pengguna. Dalam sistem *Smart Desk*, jalur ini digunakan untuk mengirimkan data mentah dari sensor tekanan yang menunjukkan keberadaan pengguna serta akumulasi durasi waktu duduk yang telah terlewati secara nyata (Lami et al. 2020).

Proses pengiriman data pada jalur *uplink* biasanya menggunakan protokol ringan seperti MQTT atau HTTP *request* untuk meminimalkan beban komputasi pada mikrokontroler dan menghemat konsumsi daya baterai. Di wilayah Indonesia, pengaturan frekuensi dan *bandwidth* untuk transmisi data nirkabel ini harus mematuhi regulasi yang berlaku agar tidak mengganggu infrastruktur komunikasi publik lainnya yang ada. Parameter kualitas layanan seperti tingkat keberhasilan pengiriman paket (*packet delivery rate*) menjadi indikator utama untuk mengukur seberapa baik sistem dalam melaporkan kondisi fisik kursi ke dalam basis data digital (Lami et al. 2020).

Sebaliknya, jalur *downlink* adalah proses pengiriman instruksi, konfigurasi, atau sinyal kendali dari server kembali ke perangkat keras untuk memicu tindakan tertentu pada aktuator fisik. Dalam penelitian ini, jalur *downlink* memegang peranan krusial untuk mengaktifkan Buzzer ketika sistem mendeteksi bahwa batas waktu duduk aman pengguna telah terlampaui. Selain itu, jalur ini juga membawa sinyal konfirmasi dari aplikasi seluler atau server untuk

menonaktifkan alarm setelah pengguna memberikan respons yang diminta oleh sistem mitigasi. Efisiensi pada jalur *downlink* sering kali diukur melalui latensi atau waktu tunggu sejak perintah dikeluarkan hingga sistem bereaksi di sisi pengguna. Kecepatan respons ini sangat penting untuk memberikan pengalaman pengguna yang interaktif dan memastikan bahwa peringatan kesehatan disampaikan pada momen yang tepat. Kombinasi yang harmonis antara jalur *uplink* yang informatif dan jalur *downlink* yang responsif menciptakan ekosistem IoT yang mampu melakukan kontrol mandiri terhadap perilaku manusia secara cerdas dan terukur (Septima et al. 2025).

Internet of Things (IoT)

Internet of Things ataupun kerap disebut dengan IoT merupakan suatu gagasan dimana seluruh barang yang ada di dunia bisa berkomunikasi antara satu dan yang lain selaku bagian dari perpaduan satu kesatuan sistem yang memakai jaringan internet selaku penghubung. IoT bekerja dengan cara memanfaatkan suatu argumentasi pemrograman, setiap perintah argumen akan menghasilkan suatu interaksi yang terjadi antara mesin dengan mesin dan terhubung otomatis tidak ada campur tangan seseorang dan tidak dibatasi jarak. Penghubung antara interaksi kedua mesin adalah internet, sementara tugas manusia hanya sebagai pengatur dan mengawasi alat tersebut bekerja secara langsung (Sari et al. 2024).

Internet of Things (IoT) adalah jaringan global komputer, sensor, dan aktuator yang dihubungkan oleh protokol Internet. Contoh paling sederhana adalah komputer berkomunikasi melalui internet dengan perangkat kecil yang dilengkapi sensor. Di era transformasi digital saat ini, perkembangan IoT di Indonesia mendapatkan momentum besar seiring dengan peningkatan infrastruktur telekomunikasi dan adopsi perangkat cerdas di masyarakat. IoT menjadi tulang punggung bagi pengembangan kota cerdas (*smart city*) yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas hidup warga melalui optimalisasi sumber daya berbasis data yang akurat (Jannah, Abdi, and Tanjung 2024).

Penggunaan teknologi IoT saat ini semakin meluas di berbagai sektor, konsep dasar dari IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik di lingkungan sekitar untuk saling terhubung dan berkomunikasi secara otonom. Berkat teknologi ini, perangkat-perangkat tersebut dapat memanfaatkan sensor untuk mengumpulkan serta bertukar data dari lingkungannya secara otomatis (Sari et al. 2023).

Metode Time-series Data Analysis

Time-series data analysis atau analisis deret waktu adalah teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis sekumpulan titik data yang dikumpulkan atau dicatat secara berurutan dalam *interval* waktu tertentu yang teratur. Dalam konteks sensor tekanan pada sistem IoT,

data yang masuk bersifat berkelanjutan dan memiliki ketergantungan waktu yang kuat, sehingga memerlukan metode analisis khusus untuk mengekstraksi informasi yang bermakna (Rizqi Samkayana 2025). Salah satu tantangan utama dalam metode ini adalah menangani volume data yang besar dan bising (*noisy*) yang sering kali muncul akibat interferensi lingkungan atau karakteristik sensor yang tidak stabil. Sehingga dalam sistem pemantauan ini, penerapan metode *Time-series data analysis* difokuskan pada penggunaan algoritma *Simple Moving Average* (SMA) yang dikombinasikan dengan teknik jendela geser (*sliding window*) untuk menghaluskan fluktuasi pembacaan data mentah (derau elektrik) dari sensor (Rizqi Samkayana 2025).

3. METODE PENELITIAN

Tahapan awal dalam penelitian pengembangan sistem *Smart Desk* ini diawali dengan proses identifikasi masalah fundamental melalui studi lapangan empiris. Pengumpulan data primer dilakukan melalui metode observasi partisipatif yang dilaksanakan di Dinas Komunikasi Dan Informatika Provinsi Sumatera Utara. Variabel independen dalam penelitian ini adalah durasi waktu duduk yang dideteksi oleh sensor, sedangkan variabel dependennya adalah respons Buzzer dan perubahan kepatuhan pengguna untuk berdiri. Alur pengembangan dalam kerangka ini dimulai dengan perancangan arsitektur jaringan yang mendefinisikan bagaimana data *uplink* dari sensor dikirimkan ke server dan bagaimana instruksi *downlink* dikirimkan kembali untuk mengaktifkan alarm. Peneliti menetapkan standar kualitas layanan (*Quality of Service*) seperti batas latensi untuk memastikan interaksi sistem terasa responsif bagi pengguna di lapangan. Dalam fase implementasi, kerangka ini menekankan pada pentingnya validasi data melalui pengujian bertingkat, mulai dari pengujian unit komponen hingga pengujian integrasi sistem secara utuh. Setiap fitur utama, seperti penyimpanan histori di Node.js dan notifikasi di *dashboard web*, diuji fungsionalitasnya terhadap berbagai skenario kegagalan, termasuk saat terjadi pemutusan koneksi internet secara mendadak. Analisis terhadap kerangka ini juga mencakup evaluasi terhadap efisiensi penggunaan daya baterai, memastikan bahwa perangkat dapat beroperasi secara mandiri tanpa harus sering dilakukan pengisian ulang (Dwi and Ningtias 2025). Terakhir, kerangka penelitian ini mencakup fase evaluasi perilaku melalui metode *beta testing*, di mana dampak sistem terhadap kebiasaan duduk pengguna dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap realisasi dari rancangan diagram blok, skema elektronika, dan *flowchart*. Tahap ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu implementasi perangkat keras (*hardware*) yang terpasang pada kursi kerja, dan implementasi perangkat lunak (*software*) yang menjembatani komunikasi antara perangkat, server, dan pengguna melalui *Custom Web Dashboard*.

Implementasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras utama yang digunakan sebagai pusat kendali adalah mikrokontroler ESP32 DevKit V1, yang dipilih karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi dan kapasitas pemrosesan *dual-core* yang stabil untuk menjalankan tugas pembacaan sensor dan komunikasi jaringan secara paralel tanpa saling mengganggu. Sensor tekanan Load Cell dipasang pada bagian tengah-belakang alas duduk kursi kerja standar, posisi yang ditentukan berdasarkan hasil pengujian *Proof of Concept* pada tahap awal penelitian, karena area tersebut secara konsisten memberikan tangkapan gaya tekan terbaik dari berat panggul pengguna pada berbagai postur duduk.

Sensor Load Cell dihubungkan ke pin ADC ESP32 melalui rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*), sehingga perubahan resistansi akibat tekanan dapat dikonversi menjadi nilai tegangan analog yang terbaca pada rentang 0–4095 (resolusi 12-bit). Buzzer piezoelektrik dihubungkan ke pin *output* digital melalui rangkaian transistor sebagai sakelar arus, sedangkan modul LCD I2C dihubungkan melalui dua jalur komunikasi (SDA dan SCL) dan ditempatkan pada sudut meja yang sejajar dengan sudut pandang (*eye-level*) pengguna agar pesan peringatan mudah terbaca tanpa mengubah posisi duduk secara signifikan. Seluruh rangkaian ditenagai oleh baterai Lithium 3,7V yang dilengkapi modul pengisian daya, sehingga prototipe dapat beroperasi secara mandiri (*wireless*) selama pengujian berlangsung.



Gambar 1. Prototipe Smart Desk

Tabel 1. Implementasi Perangkat Keras

No.	Komponen	Jalur Koneksi pada ESP32	Fungsi dalam Implementasi
1.	Sensor Tekanan Load Cell	Pin ADC melalui modul HX711	Membaca tekanan duduk pengguna secara kontinu.
2.	LCD I2C 16x2	Jalur SDA dan SCL	Menampilkan status duduk, <i>countdown</i> , dan pesan peringatan.
3.	Buzzer	Pin <i>output</i> digital melalui rangkaian transistor	Memberikan peringatan audio interruptif secara bertahap.
4.	Baterai Lithium	Jalur daya (VCC/GND)	Sumber daya mandiri agar prototipe bersifat nirkabel.

Implementasi Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak sistem dikembangkan pada dua lingkungan yang saling terintegrasi, yaitu *firmware* pada sisi perangkat keras (*embedded*) dan *backend* beserta *dashboard* pada sisi server.

Firmware ESP32 (Arduino IDE)

Program *firmware* ditulis menggunakan Arduino IDE dan terdiri atas empat modul fungsi utama, yaitu: inisialisasi koneksi Wi-Fi dan sensor; pembacaan nilai analog sensor Load Cell serta penerapan algoritma *Simple Moving Average* (SMA) untuk menghaluskan data; logika status (Kursi Kosong, Duduk, Peringatan) beserta pengelolaan *timer* durasi duduk; dan modul komunikasi *uplink-downlink* dengan server Node.js secara berkala.

Backend Node.js dan Basis Data MySQL

Sisi server dibangun menggunakan Node.js sebagai *runtime*, dengan MySQL sebagai basis data untuk menyimpan data historis. *Backend* menyediakan beberapa *endpoint* utama, yaitu *endpoint* penerimaan data *uplink* (durasi duduk dan status sensor dari ESP32), *endpoint downlink* (instruksi aktivasi/ deaktivasi Buzzer), serta *endpoint* penyajian data historis untuk kebutuhan *dashboard*. Struktur basis data dirancang dengan tabel log durasi duduk (*timestamp*, durasi, status) yang membentuk deret waktu (*Time-series*).

Custom Web Dashboard

Dashboard dikembangkan menggunakan *Visual Studio Code* dan dapat diakses melalui peramban pada laptop maupun perangkat seluler. *Dashboard* menyajikan tiga tampilan utama, yaitu status duduk pengguna secara *real-time*, grafik riwayat durasi duduk harian dalam bentuk deret waktu, dan tombol kontrol manual untuk keperluan verifikasi data.



Gambar 2. Custom Web Dashboard

Tabel 2. Implementasi Perangkat Lunak

No.	Modul	Teknologi	Fungsi
1.	<i>Firmware</i> Sensor dan Logika Adaptif	Arduino IDE	Pembacaan sensor, perhitungan SMA, manajemen status dan <i>timer</i> .
2.	Komunikasi Data	HTTP (<i>uplink</i> dan <i>downlink</i>)	Pengiriman data durasi duduk dan instruksi aktuator.
3.	<i>Backend</i> Server	Node.js	Penerima data <i>uplink</i> , pengelola instruksi <i>downlink</i> , penyedia API.
4.	Basis Data	MySQL	Penyimpanan data historis <i>Time-series</i> durasi duduk.
5.	Antarmuka Pengguna	<i>Custom Web Dashboard</i>	Visualisasi status <i>real-time</i> dan riwayat aktivitas duduk.

Alur Kerja Operasional Prototipe

Alur kerja operasional dari prototipe *Smart Desk* ini merupakan integrasi fungsional antara seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang telah diimplementasikan. Proses pemantauan dan mitigasi perilaku kurang gerak (*Sedentary Behavior*) ini berjalan secara waktu nyata (*real-time*) dengan tahapan sebagai berikut:

Inisialisasi dan Akuisisi Data (Input)

Saat sistem dihidupkan, mikrokontroler ESP32 melakukan inisialisasi terhadap koneksi Wi-Fi, peladen Node.js, sensor Load Cell, serta komponen LCD dan Buzzer. Sensor tekanan Load Cell yang dipasang pada alas duduk kursi akan secara kontinu mendeteksi gaya tekan dari beban tubuh pengguna.

Pemrosesan Analisis Deret Waktu (Process)

Nilai tekanan analog yang diterima dari sensor dibaca oleh pin ADC ESP32 dan diolah menggunakan algoritma *Simple Moving Average* (SMA). Algoritma ini berfungsi untuk menghaluskan fluktuasi data akibat pergerakan kecil, sehingga sistem dapat memvalidasi status "Duduk" secara akurat jika tekanan berada di atas ambang batas (*threshold*). Setelah status tervalidasi, pengatur waktu (*timer*) internal mulai menghitung durasi duduk pengguna.

Transmisi Data Pemantauan (Uplink)

Secara bersamaan, ESP32 mengirimkan pembaruan data yang meliputi durasi duduk, stempel waktu (*timestamp*), dan status pengguna ke peladen Node.js. Data deret waktu (*Time-series*) ini disimpan ke dalam basis data MySQL dan divisualisasikan secara langsung kepada pengguna melalui *Custom Web Dashboard*.

Aktuasi Peringatan Adaptif (Output)

Sistem akan terus membandingkan durasi duduk yang terakumulasi dengan batas waktu toleransi aman (default 60 menit). Apabila akumulasi durasi duduk melampaui batas tersebut, sistem akan memicu aktuator secara bertahap. Pada tahap pertama, layar LCD I2C menampilkan instruksi visual berupa hitung mundur dan pesan "Silakan Berdiri". Jika

pengguna tetap mengabaikan peringatan visual tersebut, Buzzer akan aktif menghasilkan alarm audio interuptif untuk memecah fokus pengguna agar segera mengubah postur tubuh.

Konfirmasi dan Penyetelan Ulang (Reset)

Agar alarm berhenti berbunyi, pengguna harus berdiri sehingga sensor mendeteksi status "Kursi Kosong" dan pengguna diwajibkan menekan tombol konfirmasi "Sudah Berdiri". Tindakan ini akan menginstruksikan sistem untuk mematikan alarm, menyetel ulang (*reset*) pengatur waktu kembali ke nol, menyimpan status akhir ke Node.js, dan sistem kembali ke mode siaga untuk siklus pemantauan berikutnya.



Gambar 3. Pengujian Prototipe



Gambar 4. Tampilan Sistem

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan secara bertahap mengikuti prosedur, yaitu uji akurasi sensor, uji latensi data, serta uji perilaku (*beta testing*).

Uji Akurasi Sensor Tekanan (Load Cell)

Uji akurasi dilakukan untuk mengukur kemampuan sensor Load Cell dalam mengidentifikasi status keberadaan pengguna secara tepat, sekaligus meminimalkan kesalahan deteksi berupa *false positive* (sistem mendeteksi pengguna padahal kursi kosong) maupun *false negative* (sistem mendeteksi kursi kosong padahal pengguna sedang duduk). Pengujian melibatkan subjek dengan rentang berat badan 40–100 kg.

$$\text{Akurasi} = (\text{Deteksi Benar} \div \text{Total Percobaan}) \times 100\% \quad (4.1)$$

Tabel 3. Hasil Uji Akurasi Sensor

Kelompok Berat Badan	Jumlah Percobaan	Deteksi Benar	Deteksi Gagal	
40–70 kg	5	5	0	
71–100 kg	5	5	0	100
Total	10	10	0	100

Uji Latensi Data (Uplink dan Downlink)

Uji latensi dilakukan untuk mengukur kecepatan komunikasi data antara perangkat *Smart Desk* dan server Node.js, baik pada jalur *uplink* (pengiriman data durasi duduk) maupun *downlink* (instruksi aktivasi/ deaktivasi Buzzer). Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan pada jaringan Wi-Fi di, dengan mencatat stempel waktu (*timestamp*) pada sisi mikrokontroler dan sisi server menggunakan alat bantu monitoring jaringan.

Tabel 4. Hasil Latensi Data

Parameter	Latensi Maksimum	Latensi Minimum	Rata-rata	PDR (%)
<i>Uplink</i> (ESP32 ke Node.js)	280 ms	620 ms	450 ms	100
<i>Downlink</i> (Node.js ke ESP32)	190 ms	480 ms	320 ms	100

Uji Perilaku (Beta Testing)

Sebelum penggunaan *Smart Desk*, menunjukkan bahwa pengguna dapat duduk secara kontinu rata-rata 3-4 jam tanpa jeda. Setelah penerapan sistem mitigasi, durasi duduk kontinu berhasil dipotong secara konsisten ke rentang 50-60 menit.

Tabel 5. Hasil Uji Perilaku

Periode	Rata-rata Durasi Duduk Kontinu Maksimum	Rata-rata Frekuensi Alarm Level-2 per Hari	Kepatuhan Berdiri dalam Toleransi
Pertama	58 Menit	4,2 Kali	81%
Kedua	47 Menit	2,6 Kali	92%

Pembahasan Analisis Time-series

Penerapan *Time-series Data Analysis* dalam logika sistem terbukti krusial. Sistem tidak hanya bertindak sebagai *stopwatch* sederhana, melainkan mampu menyaring anomali pergerakan minor. Sebagai contoh, apabila pengguna berdiri hanya selama 2 detik untuk mengambil pena yang jatuh, algoritma deret waktu akan membaca peristiwa tersebut sebagai anomali sesaat dan tidak mereset *timer* durasi duduk sepenuhnya. *Timer* hanya akan direset ke angka nol jika status “Kursi Kosong” tervalidasi secara kontinu melebihi batas waktu toleransi (120 detik) dan tombol “Sudah Berdiri” telah ditekan secara sadar oleh pengguna.

Hal ini memastikan bahwa instrumen ini benar-benar berfungsi sebagai alat mitigasi preventif yang mendisiplinkan penggunaanya, bukan sekadar perangkat otomatisasi biasa. Catatan histori pada Node.js juga memvalidasi bahwa dalam kurun waktu dua minggu pengujian, frekuensi peringatan Buzzer level tinggi menurun dari 4,2 menjadi 2,6 kali per hari, yang mengindikasikan adanya adaptasi psikologis pengguna untuk secara proaktif berdiri sebelum alat membunyikan alarm yang lebih keras.

Pembahasan Hasil

Hasil implementasi dan pengujian yang telah dipaparkan selanjutnya dibahas keterkaitannya dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Rumusan masalah pertama mengenai perancangan sistem *Smart Desk* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi durasi duduk secara *real-time* telah terpenuhi melalui implementasi mikrokontroler ESP32 dan sensor Load Cell.

Rumusan masalah kedua mengenai infrastruktur komunikasi dua arah (*uplink-downlink*) dengan Node.js beserta *Custom Web Dashboard* telah terpenuhi, dibuktikan dengan latensi rata-rata *uplink* 450 milidetik dan *downlink* 320 milidetik, serta keberhasilan *dashboard* dalam menyimpan dan menampilkan histori durasi duduk secara akurat. Rumusan masalah ketiga mengenai mekanisme pengingat fisik adaptif melalui LCD dan Buzzer telah terpenuhi, yang menunjukkan penurunan durasi duduk kontinu dari rata-rata 3-4 jam menjadi maksimal 50–60 menit, disertai peningkatan kepatuhan pengguna dari 81% menjadi 92% dalam dua minggu pengamatan.

Dengan demikian, ketiga rumusan masalah dan tujuan penelitian yang ditetapkan telah berhasil dijawab secara empiris melalui hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *Smart Desk*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem *Smart Desk* berbasis IoT telah berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 dan sensor tekanan Load Cell untuk mendeteksi durasi duduk pengguna secara *real-time*. Penerapan metode *Time-series Data Analysis* dengan algoritma *Simple Moving Average* (SMA) berukuran jendela $n = 10$ sampel mampu mendeteksi kehadiran pengguna dengan tingkat akurasi yang tinggi. Infrastruktur komunikasi *uplink* dan *downlink* berbasis Node.js berfungsi secara optimal, dengan latensi rata-rata *uplink* sebesar 450 milidetik dan *downlink* sebesar 320 milidetik serta tingkat keberhasilan pengiriman data (*packet delivery rate*). Hal ini memungkinkan proses perekaman histori *Sedentary Behavior* yang akurat serta pemantauan interaktif melalui *Custom Web Dashboard* secara *real-time* tanpa kehilangan data yang signifikan. Mekanisme pengingat fisik adaptif yang terintegrasi berupa hitung mundur (*countdown*) pada layar LCD dan interupsi audio dari Buzzer terbukti efektif memaksa transisi postur pengguna. Secara umum, sistem *Smart Desk* yang dikembangkan pada penelitian ini terbukti mampu menjawab ketiga rumusan masalah dan tujuan penelitian secara empiris, serta layak dipertimbangkan sebagai instrumen mitigasi

Sedentary Behavior yang aplikatif pada lingkungan kerja dengan intensitas penggunaan komputer tinggi, meskipun masih memiliki keterbatasan.

DAFTAR REFERENSI

- Andriyani, F. D., S. J. H. Biddle, N. I. Arovah, and K. de Cocker. 2020. "Physical Activity and Sedentary Behavior Research in Indonesian Youth: A Scoping Review." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(20):1–15. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph17207665>.
- Danial, R. T. M., et al. (2026). Karakteristik pasien geriatri dengan *osteoarthritis genu* yang mendapatkan terapi rehabilitasi medik di Rumah Sakit Ibnu Sina pada tahun 2024. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran*, 5(1), 215–224. <https://doi.org/10.55606/jurrike.v5i1.8468>
- Dwi, R., and E. Ningtias. 2025. "Journal Iof IInnovative Iand ICreativity Pengembangan Sistem Smart Home Berbasis IoT Untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Listrik Dwi Rahayu Ningtias, Ahmad Aftah Syukron Universitas Ma'arif Nahdlatul Ulama Kebumen." *Journal of Innovative and Creativity* 5(2).
- Irawan, A. T., L. Siti Nuryawati, and P. Dwiyana. 2025. "The Relationship Between Sedentary Lifestyle and Obesity in Children at Majalengka Wetan VII Elementary School." *HealthCare Nursing Journal* 7(1):181–187. doi:<https://doi.org/10.35568/healthcare.v7i1.5899>.
- Iryanto, & Imam. (2025). Integrasi *augmented reality* dan teori *embodied cognition* dalam permainan manipulatif interaktif untuk meningkatkan pemahaman konseptual matematika dasar di Indonesia. *FONDASI: Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(2), 112–122. <https://doi.org/10.71094/fondasi.v1i2.135>
- Jannah, A., M. Abdi, and P. Tanjung. 2024. "Implementasi Sistem Monitoring Kos Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Menggunakan Sensor Pir Motion Human Detection." *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* 8(6).
- Lami, H. F., K. R. Rantelobo, J. F. Mandala, and A. S. Sampeallo. 2020. "Integrasi Protokol MQTT Dan HTTP Untuk Otomasi Ber-Basis IoT Pada Pertanian Lahan Kering."
- Masito, M., et al. (2026). Analisis sistem informasi manajemen dalam meningkatkan layanan digital pendidikan pada Sekolah Tinggi Ilmu Hukum Sumpah Pemuda menggunakan metode *Technology Organization Environment* (TOE). *JUPIKOM: Jurnal Publikasi Ilmu Komputer dan Multimedia*, 5(2), 241–252. <https://doi.org/10.55606/jupikom.v5i2.7170>
- Quratuainniza, H. S., & Nurkhaerani, E. (2025). Regulasi kecerdasan buatan untuk mengatasi penyalahgunaan *deepfake* di Indonesia. *ALADALAH: Jurnal Politik, Sosial, Hukum dan Humaniora*, 4(1), 165–174. <https://doi.org/10.59246/aladalah.v4i1.1694>
- Rizqi Samkayana, I. N. W. R. S. 2025. "Implementasi Firebase Realtime Database Pada Smart Cat Feeder Berbasis Mikrokontroler ESP32." *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan* 13(3). doi:<https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.7198>.
- Sari, Indah Purnama, Al-Khowarizmi Al-Khowarizmi, Dicky Apdilah, Asrar Aspia Manurung, and Mhd Basri. 2023. "Perancangan Sistem Pengaturan Suhu Ruangan Otomatis Berbasis Hardware Mikrokontroler Berbasis AVR." *Sudo Jurnal Teknik Informatika* 2(3):131–42. doi:10.56211/sudo.v2i3.327.

- Sari, Indah Purnama, Aisar Novita, Al-Khowarizmi Al-Khowarizmi, Fanny Ramadhani, and Andy Satria. 2024. “Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3.” *Blend Sains Jurnal Teknik* 2(4):337–43. doi:10.56211/blendsains.v2i4.505.
- Septima, Uzma, Amelia Yolanda, Dikky Chandra, and Viorryn Aisha Uzhelia. 2025. “Designing Fiber Optic Network Infrastructure with FTTX Configuration Using Network Development Life Cycle (NDLC) Method in Solok Regency.” *Brilliance: Research of Artificial Intelligence* 5(1):108–14. doi:10.47709/brilliance.v5i1.4708.
- Sunarti, N. T. S., & Lestari, R. T. (2026). Edukasi gizi seimbang berbasis teknologi informasi untuk mendeteksi dini status gizi ibu dan anak. *Jurnal Pelaksanaan Pengabdian Bergerak bersama Masyarakat*, 4(1), 110–121. <https://doi.org/10.61132/natural.v4i1.2068>
- World Health Organization. 2020. *WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour*. Geneva: World Health Organization.