

**DETEKSI GERAKAN PADA ORANG TIDUR
MENGUNAKAN SENSOR PIR HC-SR501 BERBASIS
SPREADSHEET**

PROJEK

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Studi di
Program Studi Teknik Komputer



Oleh :

Vivi Jenianti

09030582125009

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JULI 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

PROJEK AKHIR

Deteksi Gerakan Pada Orang Tidur Menggunakan Sensor PIR HC-SR501 Berbasis Spreadsheet

Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi
di Program Studi D3 Teknik Komputer

Oleh:

VIVI JENIANTI

09030582125009

Pembimbing 1 : Kemahyanto Exaudi, M.T.
NIP. 198405252023211018

Pembimbing 2 : Adi Hermansyah, M.T.
NIP. 198904302024211001

Mengetahui

Koordinator Program Studi Teknik Komputer



Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.
198701222015041002

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 11 Juli 2025

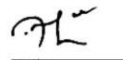
Tim Penguji :

1. Ketua : Aditya Putra Perdana Prasetyo, M.T.

2. Pembimbing I : Kemahyanto Exaudi, M.T.

3. Pembimbing II : Adi Hermansyah, M.T.

4. Penguji : Winda Kurnia Sari, M.Kom.



Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Komputer



Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T.

IP. 198701222015041002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Vivi Jenianti
NIM : 09030582125009
Program Studi : Teknik Komputer
Judul Projek : Deteksi Gerakan Pada Orang Tidur Menggunakan
Sensor PIR HC-SR501 Berbasis Spreadsheet

Hasil Pengecekan *Software* iThenticate/Turnitin : 5%

Menyatakan bahwa laporan Projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan Projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Palembang, 18 Juli 2025



Vivi Jenianti
NIM. 09030582125009

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

“Tidak ada ujian yang tidak bisa diselesaikan. Tidak ada kesulitan yang melebihi batas kesanggupan.”

“Karena Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya.” (QS. Al-Baqarah: 286)

“Bukan siapa yang paling cepat, tapi siapa yang bertahan hingga akhir”

Kupersembahkan kepada :

- Allah SWT
- Kedua orang tua
- Keluarga
- Dosen – Dosen
- Almamater

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah robil ‘Alamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan proyek ini yang berjudul **“Deteksi Gerakan Pada Orang Tidur Menggunakan Sensor PIR HC-SR501 Berbasis Spreadsheet”** Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat penyelesaian program Pendidikan pada Program Studi Teknik Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, motivasi, semangat dan bimbingan dalam penyusunan laporan ini :

1. Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat, karunia-Nya serta petunjuk sehingga pelaksanaan dan penulisan laporan proyek ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Mama Nur Farida, Papa Syarif hasan dan Papa Jimmi , Terima kasih tak terhingga kepada kedua orang tua atas cinta, dukungan, dan pengorbanan selama ini. Tanpa bantuan serta Doa yang di panjatkan, pencapaian dan pengalaman berharga ini tidak akan mungkin terwujud.
3. Abang Hengtari Wijaya, Kakak Vicky Dwi Jayanthi, Kakak ipar Ahmad Rizal, Adik Syavana Syalshabilla, serta Keponakan Rayyan Qais Pratama dan Muhammad Sagara Kautsarasky, Terima kasih yang selalu memberikan motivasi, semangat, dukungan beserta canda gurau sehingga penulis bisa menjalani kehidupan sampai saat ini.
4. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Ahmad Heryanto, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

6. Bapak Kemahyanto Exaudi, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, referensi, saran dan motivasi sehingga penulis selalu semangat dalam menyelesaikan Projek ini.
7. Bapak Adi Hermansyah, M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan dukungan, bantuan, saran dan motivasi sehingga penulis selalu semangat dalam menyelesaikan Projek ini.
8. Bapak Adi Hermansyah, M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
9. Fani, Dyah, Syifa, Hasan, Heru selaku Sahabat penulis yang sangat berperan penting memberikan semangat, motivasi, serta canda gurau dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
10. Teman teman seperjuangan kelas Teknik Komputer 2021.
11. Vivi Jenianti, last but not least, yes!! Diri sendiri. Apresiasi yang sangat besar karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terima kasih karena sudah berhasil berjuang, bertempur, dan tidak menyerah walaupun hampir menyerah, serta senantiasa ikhlas melewati setiap prosesnya yang bisa dibilang tidak mudah. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Kamu Hebat Vije!

Dalam penyusunan laporan projek Tugas akhir ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, karena dengan segala keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang masih harus penulis tingkatan lagi, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang berkenan demi laporan yang lebih baik lagi.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Palembang, 14 Juli 2025

Penulis,

Vivi Jenianti

NIM. 09030582125009

DETEKSI GERAKAN PADA ORANG TIDUR MENGUNAKAN SENSOR PIR HC-SR501 BERBASIS SPREADSHEET

Oleh

Vivi Jenianti

09030582125009

ABSTRAK

Tidur merupakan kebutuhan biologis yang vital bagi kesehatan manusia. Aktivitas fisik yang terjadi selama tidur, terutama pada fase *Rapid Eye Movement* (REM), dapat menjadi indikator adanya mimpi atau gangguan tidur. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), pemantauan aktivitas tidur kini dapat dilakukan secara praktis dan non-invasif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan gerakan tubuh saat tidur menggunakan *sensor Passive Infrared* (PIR) HC-SR501 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengetahui Durasi dan Kualitas Tidur. Sistem ini mengirimkan data secara *real-time* ke Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan dan analisis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi gerakan tubuh secara akurat dengan tingkat akurasi rata-rata 96,66%. Data yang direkam mencakup waktu kejadian dan durasi antar gerakan, sehingga memungkinkan analisis pola tidur yang tenang atau gelisah. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi sensor PIR dan *platform* penyimpanan berbasis *cloud* seperti Google Spreadsheet merupakan solusi efektif, praktis, dan terjangkau untuk memantau serta menganalisis pola tidur manusia.

Kata kunci: Google Spreadsheet, IoT, Kesehatan Mental, Pemantauan Pola Tidur, REM, Sensor HC-SR501.

**DETECTION OF MOVEMENT DURING SLEEP
USING PIR HC-SR501 SENSOR BASED ON SPREADSHEET**

By

Vivi Jenianti

09030582125009

ABSTRACT

Sleep is a vital biological necessity for human health. Physical activity that occurs during sleep, especially in the Rapid Eye Movement (REM) phase, can serve as an indicator of dreaming or sleep disorders. With the advancement of Internet of Things (IoT) technology, sleep activity monitoring can now be carried out practically and noninvasively. This study aims to design a system for monitoring body movements during sleep using a passive infrared (PIR) sensor HC-SR501 connected to an ESP32 microcontroller to determine sleep duration and quality. The system transmits data in real-time to Google Spreadsheets as a storage and analysis platform. Test results show that the system is capable of accurately detecting body movements with an average accuracy rate of 96.66%. The recorded data includes timestamps and duration between movements, enabling the analysis of calm or restless sleep patterns. These findings suggest that the combination of PIR sensors and cloud-based storage platforms such as Google Spreadsheets is an effective, practical, and affordable solution for monitoring and analyzing human sleep patterns.

Keywords: Google Spreadsheet, HC-SR501 Sensor, IoT, mental Health, REM, Sleep Pattern Monitoring

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
1.6 Metodelogi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Pola Tidur	10
2.3 Mikrokontroler ESP32	11
2.4 Sensor PIR HC - SR501 (<i>Passive Infrared Sensor</i>)	13

2.5	Arduino IDE	16
2.6	Google Spreadsheet	17
BAB III PERANCANGAN SISTEM		19
3.1	Rekayasa Kebutuhan	19
3.2	Perancangan <i>Hardware</i>	23
3.3	Perancangan Sistem.....	24
3.4	Perancangan <i>Software</i>	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil Rangkaian Alat.....	30
4.2	Pengujian dan Analisis	30
4.3	Pengujian Sensor PIR HC-SR501	31
4.4	Hasil Pengujian dan Analisis Sensor PIR HC-SR501	33
4.5	Pengujian Keseluruhan Alat Deteksi Gerakan	34
4.6	Hasil Pengujian.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mikrokontroler ESP32	11
Gambar 2.2 Pin Out Mikrokontroler ESP32	12
Gambar 2.3 Sensor PIR HC - SR501	14
Gambar 2.4 Spesifikasi Sensor PIR HC - SR501	15
Gambar 2.5 Arduino IDE	16
Gambar 2.6 Arsitektur Google Spreadsheet.....	17
Gambar 3.1 Tahap Kerangka Kerja	19
Gambar 3.2 Skema Rangkaian Keseluruhan Hardware	23
Gambar 3.3 Hasil Implementasi Box	24
Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem Deteksi Gerakan pada orang tidur menggunakan Sensor PIR HC-SR501 Berbasis Spreadsheet	25
Gambar 3.5 Flowchart Pembacaan Sensor PIR HC-SR501.....	27
Gambar 3.6 Flowchart Spreadsheet	28
Gambar 3.7 Flowchart Keseluruhan Software	29
Gambar 4.1 Keseluruhan Alat.....	30
Gambar 4.2 Contoh Penempatan Sensor.....	31
Gambar 4.3 Implementasi Sensor	35
Gambar 4.4 Grafik Data 1	35
Gambar 4.5 Grafik Data 2	36
Gambar 4.6 Grafik Data 3	37
Gambar 4.7 Grafik Data 4.....	38
Gambar 4.8 Grafik Data 5	39
Gambar 4.9 Grafik Data 6	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32.....	13
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor PIR HC-SR501	15
Tabel 3.1 Kebutuhan Perangkat Keras.....	21
Tabel 3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	22
Tabel 3.3 Konfigurasi Pin Sensor	23
Tabel 4.1 Hasil pengujian Sensor PIR HC-SR501 Berdasarkan fase tidur.....	32
Tabel 4.2 Data Akurasi Nilai Sensor.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dataset	46
Lampiran 2 Form Surat Keterangan Proyek	50
Lampiran 3 Verifikasi Hasil SILUET/USEPT.....	51
Lampiran 4 Surat Rekomendasi Ujian Proyek Pembimbing I.....	52
Lampiran 5 Surat Rekomendasi Ujian Proyek Pembimbing II	53
Lampiran 6 Turnitin	54
Lampiran 7 Form Revisi Penguji	55
Lampiran 8 Form Revisi Pembimbing I.....	56
Lampiran 9 Form Revisi Pembimbing II	57
Lampiran 10 Kartu Konsultasi Pembimbing I	58
Lampiran 11 Kartu Konsultasi Pembimbing II.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tidur merupakan salah satu kebutuhan yang harus dipenuhi untuk mempertahankan dan memperbaiki fungsi tubuh. Orang tidur normal tidak banyak melakukan pergerakan dalam tidurnya. Namun ada beberapa individu kerap menunjukkan berbagai aktivitas saat tidur, khususnya ketika memasuki fase tidur *REM (Rapid Eye Movement)*[1]. Pada tahap ini, walaupun tubuh sedang beristirahat, otak tetap aktif dan memicu beragam reaksi, seperti gerakan refleks tanpa kesadaran seperti menggeliat, tersentak, berganti posisi, bahkan berbicara disertai gerakan tubuh saat tidur. Aktivitas tersebut dapat menjadi tanda bahwa seseorang sedang mengalami mimpi[2].

Dalam beberapa tahun belakangan, kemajuan teknologi khususnya *Internet of Things (IoT)* telah membuka kesempatan untuk memantau aktivitas manusia dengan cara yang lebih praktis[3]. Salah satu perangkat yang dapat dimanfaatkan adalah sensor gerak PIR (*Passive Infrared Sensor*), yang berfungsi mendeteksi perubahan suhu badan akibat adanya pergerakan. Biasanya, alat ini digunakan pada sistem keamanan rumah, namun penggunaannya untuk pemantauan kesehatan, termasuk aktivitas tidur, memiliki prospek yang sangat baik[4].

Dengan mengintegrasikan sensor PIR ke mikrokontroler seperti ESP32, kita dapat membuat sistem sederhana yang mampu merekam berbagai gerakan selama seseorang tidur[5]. Sistem ini tidak hanya bermanfaat untuk mendeteksi gangguan tidur pada fase REM, tetapi juga menyediakan data penting untuk menganalisis pola gerakan selama tidur. Selain itu, sistem ini dapat digunakan untuk memberikan peringatan dini jika terdeteksi aktivitas fisik yang tidak biasa di malam hari, baik untuk tujuan medis, keluarga, maupun penelitian. Tanpa memerlukan perangkat yang mahal, metode ini sudah cukup untuk memberikan gambaran awal mengenai aktivitas tidur seseorang.

Dengan penelitian dan pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat digunakan sebagai solusi pemantauan tidur yang praktis dan terjangkau membantu individu

memahami pola tidur mereka serta memberikan informasi yang bermanfaat bagi tenaga medis.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis akan mengkaji penerapan sensor PIR dalam mendeteksi perilaku tidur untuk menganalisis gerakan tubuh sebagai bahan penelitian dalam menyusun Tugas Akhir dengan judul “**Deteksi Gerakan Pada Orang Tidur Menggunakan Sensor PIR HC-SR501 Berbasis Spreadsheet**”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana cara untuk mendeteksi gerakan pada orang tidur?
2. Bagaimana mendapatkan pola data yang diperoleh dari perilaku gerakan orang tidur secara *real-time*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan Masalah dalam penelitian sebagai berikut?

1. Penelitian ini hanya menggunakan sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*) untuk mendeteksi gerakan tubuh saat tidur.
2. Fokus penelitian ini hanya deteksi gerakan tubuh dan perubahan posisi tidur tanpa parameter lain seperti detak jantung, pernafasan atau gelombang otak
3. Pengujian dilakukan pada lingkungan tidur yang terkendali

1.4 Tujuan

Adapun Tujuan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Merancang Bangun Sistem yang dapat mendeteksi Perilaku Gerakan pada orang tidur menggunakan sensor PIR.
2. Merancang Sistem Penyimpanan Data Gerakan orang tidur menggunakan Google Spreadsheet untuk menilai kualitas tidur secara *non-invasif*.

1.5 Manfaat

Adapun Manfaat dalam penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini membantu memahami bagaimana pola tidur bisa menunjukkan kualitas tidur seseorang.
2. Menggunakan sensor PIR adalah cara yang lebih mudah dan murah dibandingkan alat pengukur tidur yang lebih rumit dan mahal.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini, beberapa metodologi yang digunakan antara lain:

a. Metode Literatur

Metode literatur merupakan tahapan yang dilakukan untuk proses pengumpulan data atau mencari referensi. Sumber – sumber yang digunakan berasal dari *internet*, *website*, buku dan jurnal yang sesuai dengan judul yaitu: **“Deteksi Perilaku Gerakan Pada Orang Tidur Menggunakan Sensor PIR HC-SR501 Berbasis Spreadsheet”**

b. Metode Observasi

Pada metode observasi yang digunakan dalam proyek ini adalah untuk pengumpulan data yang dilakukan melalui pengamatan dengan disertai pencatatan terhadap perilaku gerakan pada orang tidur.

c. Metode Konsultasi

Metode konsultasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperbaiki laporan proyek selama proses perancangan dan pembuatan, metode konsultasi yang digunakan ini yang melibatkan tanya jawab dengan dosen pembimbing untuk dapat menyempurnakan laporan proyek baik dalam proses perancangan maupun pembuatan.

d. Metode Implementasi

Pada metode implementasi ini, mengimplementasikan desain rancang bangun sistem untuk memantau dan mengumpulkan data perilaku gerakan pada orang tidur akan diuji di lingkungan tidur yang terkendali.

e. Metode Pengujian

Melakukan uji coba yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang mengelola dan mengawasi perilaku gerakan pada orang tidur untuk memperoleh data yang efektif.

1.7 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan proyek ini terdiri dari lima bab, masing – masing disusun menurut susunan berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis memberikan penjelasan tentang latar belakang proyek, termasuk judul rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan masalahnya. Ini juga mencakup metode penelitian dan prosedur penulisan proyek.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan referensi ke teori dasar dari komponen – komponen yang digunakan dalam proyek sebagai pendukung yang berasal dari sebelumnya, dikombinasikan dengan beberapa topik yang terkait dengan proses pembuatan proyek serta istilah dan pengertian yang relevan. Teori tersebut mencakup pola tidur dan alat yang digunakan untuk membuat sistem, seperti mikrokontroler ESP32, Sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*), dan aplikasi pendukung seperti Arduino IDE, Spreadsheet.

3. BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan semua persyaratan yang dilakukan untuk merancang sistem alat proyek dan tahapan yang dilakukan selama proses desain alat, termasuk desain perangkat keras yang menjelaskan bagaimana setiap komponen dirakit menjadi satu set dan desain perangkat lunak.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini mencakup membuat hasil implementasi dan menguji alat yang telah dibuat, dimulai dari menguji sensor untuk mendapatkan data yang tepat.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari rancangan alat proyek yang dibuat berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan selama proses pembuatan dan pengujian hasil alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] National Institute of Neurological Disorders and Stroke, “Brain Basics: Understanding Sleep,” National Institutes of Health, 2019. [Online]. Available: <https://www.ninds.nih.gov/health-information/public-education/brain-basics/brain-basics-understanding-sleep>. [Accessed: 13-Mar-2025].
- [2] M. H. Kryger, T. Roth, and W. C. Dement, *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 6th ed. Philadelphia, PA: Elsevier, 2017.
- [3] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A survey,” *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010.
- [4] A. Pantelopoulos and N. G. Bourbakis, “A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 40, no. 1, pp. 1–12, Jan. 2010.
- [5] S. Casaccia, E. Braccili, L. Scalise, and G. M. Revel, “Experimental Assessment of Sleep-Related Parameters by Passive Infrared Sensors: Measurement Setup, Feature Extraction, and Uncertainty Analysis,” *Sensors*, vol. 20, no. 10, p. 2857, 2020.
- [6] K. Rajguru, P. Tarpe, V. Aswar, K. Bawane, S. Sorte, and R. Agrawal, “Design and Implementation of IoT based sleep monitoring system for Insomniac people,” in *2022 Second International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (ICAIS)*, 2022, pp. 1215–1221, doi: 10.1109/ICAIS53314.2022.9742803.
- [7] S. A. Gamel and F. M. Talaat, “SleepSmart: an IoT-enabled continual learning algorithm for intelligent sleep enhancement,” *Neural Computing and Applications*, vol. 36, no. 8, pp. 4293–4309, 2024, doi: 10.1007/s00521-023-09310-5.
- [8] R. Annisa, P. A. Rahyuningsih, A. Anna, R. S. Hidayana, and Z. I. Ramadhani, “Identifikasi pola tidur generasi Z (Gen-Z) menggunakan

- algoritma klusterisasi K-Means,” *TEKINKOM*, vol. 7, no. 2, pp. 2621–1556, 2024.
- [9] A. K. Patel, V. Reddy, K. R. Shumway, and J. F. Araujo, “Physiology, Sleep Stages,” *StatPearls*, StatPearls Publishing, Treasure Island (FL), 2023. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526132/>.
- [10] Q. Pan, D. Brulin, and E. Campo, “Current Status and Future Challenges of Sleep Monitoring Systems: Systematic Review,” *JMIR Biomedical Engineering*, vol. 5, no. 1, p. e20921, 2020, doi: 10.2196/20921.
- [11] S. Kim *et al.*, “Ballistocardiogram: A new non-invasive method for sleep monitoring,” *Sensors*, vol. 17, no. 9, p. 1990, 2021.
- [12] D. Hercog, T. Lerher, M. Truntić, and O. Težak, “Design and implementation of ESP32-based IoT devices,” *Sensors*, MDPI, 2023.
- [13] A. Maier, A. Sharp, and Y. Vagapov, “Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things,” in *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)*, 2017, pp. 143–148, doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101926.
- [14] A. Prabhakar, S. Prusty, and N. Nawale, “Human Detection for the Betterment of Security System Using PIR Sensor and BLYNK App,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.61129.
- [15] W. Wiraditama, D. Candra, A. Nugraha, and S. Sulartopo, “Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Sensor Passive Infrared,” in *Seminar Nasional Teknologi dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASSTEKMU)*, 2023, doi: 10.51903/semnastekmu.v3i1.215.
- [16] D. A. Jakaria and M. R. Fauzi, “Aplikasi Smartphone Dengan Perintah Suara Untuk Mengendalikan Saklar Listrik Menggunakan Arduino,” *JUTEKIN (Jurnal Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 1, 2020, doi: 10.51530/jutekin.v8i1.462.
- [17] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi Kejuruan,

- “Implementasi Aplikasi Arduino IDE Pada Mata Kuliah Sistem Digital,” *Tek. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. —, no. 1, pp. 1–9, 2023.
- [18] D. P. Adfry, M. Muskhir, and A. Luthfi, “Efektivitas Pembelajaran Pemrograman Mikrokontroler Menggunakan Aplikasi Arduino IDE,” *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 321–329, 2023.
- [19] R. A. Pratama, P. Pratikto, and M. Arman, “Sistem Akuisisi Data Temperatur Showcase Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dengan Sensor Termokopel dan Logging ke Google Spreadsheets,” pp. 252–257, 2023.
- [20] M. Kleppmann, *Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems*. Sebastopol, CA: O’Reilly Media, 2017.
- [21] C. V. Lopes, “Spreadsheet,” in *Exercises in Programming Style*, 2020, pp. 209–213