

Implementasi Internet of Things (IoT) pada Sistem Pengukuran Berat dan Tinggi Badan untuk Penentuan Body Mass Index (BMI) dan Rekomendasi Kesehatan dengan Notifikasi pada Aplikasi Mobile

Muhammad Okky Fauzan Akbar^{1*}, Marah Doly Nasution²

^{1,2} Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Penulis Korespondensi: okkym2382@gmail.com, marahdoly@umsu.ac.id

Abstract. *Body weight and height are still commonly measured manually using separate instruments, which is inefficient, leaves no automatic record, and provides no continuous health recommendations. This study designs and implements an Internet of Things (IoT) system that automatically measures body weight and height, calculates Body Mass Index (BMI), and delivers health recommendations and notifications through an Android mobile application. The system was developed using a design and build method with an ESP32 microcontroller, a load cell with an HX711 module for weight, an HC-SR04 ultrasonic sensor for height, an I2C LCD, Firebase Realtime Database, and Firebase Cloud Messaging (FCM). Test results show an average weight measurement error of 0.37% with an average coefficient of variation of 0.26%, and an average height measurement error of 0.60 cm. BMI calculations matched manual calculations in 100% of cases across all Asian-adapted WHO categories, all application features passed black-box testing, and the packet delivery rate reached 96.7% with an average end-to-end response time of 3.05 seconds. The results show that combining automatic measurement, BMI calculation, health recommendations, and push notifications in a single platform is accurate and reliable.*

Keywords: *Internet of Things, Body Mass Index, ESP32, Firebase, Android Application, Push Notification*

Abstrak. Pengukuran berat badan dan tinggi badan umumnya masih dilakukan secara manual dengan alat terpisah, sehingga kurang efisien, tidak terdokumentasi, dan tidak disertai rekomendasi kesehatan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem Internet of Things (IoT) yang mengukur berat dan tinggi badan secara otomatis, menghitung Body Mass Index (BMI), serta memberikan rekomendasi kesehatan dan notifikasi melalui aplikasi mobile Android. Sistem dibangun dengan metode rancang bangun (design and build) menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor load cell dengan modul HX711 untuk berat badan, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk tinggi badan, LCD I2C, Firebase Realtime Database, dan Firebase Cloud Messaging (FCM). Hasil pengujian menunjukkan error rata-rata pengukuran berat badan sebesar 0,37% dengan koefisien variasi rata-rata 0,26%, serta error rata-rata pengukuran tinggi badan sebesar 0,60 cm. Kalkulasi BMI sesuai 100% dengan perhitungan manual pada seluruh kategori klasifikasi WHO adaptasi Asia, seluruh fitur aplikasi lolos pengujian black-box, dan packet delivery rate mencapai 96,7% dengan waktu respons end-to-end rata-rata 3,05 detik. Sistem ini menunjukkan bahwa integrasi pengukuran otomatis, kalkulasi BMI, rekomendasi kesehatan, dan notifikasi push dalam satu platform dapat berjalan akurat dan andal.

Kata kunci: Internet of Things, Body Mass Index, ESP32, Firebase, Aplikasi Android, Notifikasi Push

1. LATAR BELAKANG

Kesehatan merupakan aspek fundamental kehidupan manusia yang perlu dijaga secara berkesinambungan. Salah satu indikator penting kondisi kesehatan adalah hasil pengukuran berat dan tinggi badan yang digunakan untuk menghitung Body Mass Index (BMI). BMI digunakan secara luas oleh World Health Organization (WHO) untuk

mengklasifikasikan status nutrisi ke dalam kategori underweight, normal, overweight, dan obesitas (Hossain et al., 2024). Pada praktiknya, pengukuran masih sering dilakukan secara manual dengan timbangan dan alat ukur tinggi yang terpisah. Cara ini kurang efisien, tidak praktis, dan tidak menyediakan pencatatan otomatis untuk pemantauan jangka panjang, sementara hasilnya sering hanya diketahui sesaat tanpa rekomendasi lanjutan. Hermawansyah et al. (2022) menunjukkan bahwa sistem pengukuran manual memiliki keterbatasan dalam akurasi, dokumentasi, dan kemudahan akses informasi kesehatan.

Perkembangan Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat fisik terhubung ke internet dan bertukar data secara real-time (Bhuiyan et al., 2022). Mikrokontroler ESP32 telah terbukti mendukung sistem monitoring dengan konsumsi daya rendah dan konektivitas WiFi yang andal (Serepas et al., 2025). Sensor load cell yang dipadukan dengan modul HX711 sesuai untuk penimbangan presisi (Kumar et al., 2022), sedangkan sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur jarak dengan akurasi memadai pada harga terjangkau (Riani et al., 2024). Firebase Realtime Database cocok sebagai backend karena menyinkronkan data secara real-time antara perangkat IoT dan aplikasi mobile (Dewi et al., 2025), dan integrasi ESP32, Firebase, serta Android telah diterapkan pada berbagai sistem monitoring kesehatan (Dewantara et al., 2024). Selain itu, Direito et al. (2022) membuktikan bahwa push notification berbasis komposisi tubuh dapat meningkatkan motivasi pengguna memperbaiki kondisi tubuhnya.

Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada pengukuran fisik atau kalkulasi BMI, dan belum memadukan rekomendasi kesehatan yang komprehensif dengan notifikasi push berbasis Firebase Cloud Messaging (FCM) pada aplikasi Android. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan (1) mengimplementasikan sistem IoT pengukur berat dan tinggi badan berbasis ESP32; (2) menghitung BMI dan menentukan status tubuh secara otomatis; (3) menampilkan hasil, histori, dan status BMI secara real-time pada aplikasi Android; dan (4) memberikan rekomendasi kesehatan serta notifikasi berdasarkan BMI. Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengukuran berat badan (maksimal 150 kg) dan tinggi badan (maksimal 2 m), klasifikasi BMI menurut WHO, dan konektivitas melalui jaringan WiFi; parameter lain seperti tekanan darah atau kadar gula darah tidak diukur.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Internet of Things dan Sistem Kesehatan

IoT adalah paradigma yang memungkinkan objek fisik terhubung ke internet dan berkomunikasi tanpa intervensi manusia langsung, sehingga sensor dan sistem tertanam dapat mengumpulkan dan mengirim data secara otomatis (Bhuiyan et al., 2022). Di bidang kesehatan, IoT memungkinkan pemantauan parameter secara real-time, penyimpanan data historis, dan notifikasi otomatis (Faizah et al., 2024). Arsitektur IoT umumnya terdiri atas lapisan persepsi, jaringan, middleware, dan aplikasi. Dewi et al. (2025) melaporkan bahwa monitoring kesehatan berbasis IoT dengan Firebase memberikan informasi real-time dengan latensi rendah dan keandalan tinggi.

2.2 Body Mass Index (BMI)

BMI menilai status gizi berdasarkan perbandingan berat badan terhadap kuadrat tinggi badan, dengan rumus **BMI = BB (kg) / TB² (m)** (1). Klasifikasi yang digunakan adalah klasifikasi WHO adaptasi Asia pada Tabel 1. Rahmawati et al. (2023) menyatakan bahwa BMI valid secara klinis sebagai acuan status tubuh dan dapat diotomatiskan dalam sistem terintegrasi.

Tabel 1. Klasifikasi BMI menurut WHO (adaptasi Asia)

Kategori	Nilai BMI (kg/m ²)	Keterangan
Underweight	< 18,5	Berat badan kurang
Normal	18,5 – 22,9	Berat badan ideal
Overweight	23,0 – 24,9	Kelebihan berat badan
Obesitas I	25,0 – 29,9	Obesitas tingkat I
Obesitas II	≥ 30,0	Obesitas tingkat II

Sumber: Hossain et al. (2024)

2.3 Sensor dan Mikrokontroler

Load cell mengubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik melalui prinsip strain gauge, dan tipe beam banyak dipakai pada sistem penimbangan karena akurasi tinggi dan instalasi mudah (Kumar et al., 2022). Modul HX711 adalah ADC 24-bit yang

menghubungkan load cell dengan mikrokontroler melalui antarmuka dua kabel (Fitriadi & Kurniawan, 2023). Hermawansyah et al. (2022) melaporkan error rata-rata di bawah 0,5% pada konfigurasi serupa.

Sensor ultrasonik HC-SR04 memancarkan gelombang 40 kHz dan mengukur waktu pantulnya. Dengan kecepatan suara sekitar 343 m/s, jarak dihitung sebagai **Jarak (cm) = (Waktu pantul (μs) × 0,034) / 2** (2). Jangkauannya 2–400 cm dengan akurasi sekitar ±3 mm (Riani et al., 2024). Tim Applied Science and Technology Research Journal UPY (2024) melaporkan error pengukuran tinggi badan rata-rata di bawah 1 cm, dan IJISAE (2023) merekomendasikan median filter atau moving average filter untuk meredam noise.

ESP32 adalah mikrokontroler dual-core dengan WiFi dan Bluetooth bawaan yang ideal untuk IoT (Kolnik et al., 2023), mampu membaca banyak sensor dan mengirim data ke cloud dengan latensi rendah (Jurnal Brilliance ITS, 2023).

2.4 Firebase, Aplikasi Android, dan Notifikasi Push

Firebase Realtime Database adalah database NoSQL berbasis JSON yang menyinkronkan data ke seluruh klien secara real-time (Wahyu et al., 2023) dengan model publish-subscribe sehingga polling tidak diperlukan (Dewi et al., 2025). Firebase Cloud Messaging (FCM) memungkinkan pengiriman notifikasi otomatis ketika kondisi tertentu terpenuhi, misalnya BMI di luar rentang normal (Tim Cardiovascular Monitoring, 2023). Aplikasi Android dikembangkan dengan Java atau Kotlin di Android Studio (Patil et al., 2024), dan antarmuka berbasis smartphone terbukti meningkatkan kemudahan penggunaan dan keterlibatan pengguna dibandingkan layar LCD konvensional (Supriadi et al., 2023). Dalam konteks mobile health (mHealth), push notification memungkinkan pesan proaktif tanpa pengguna membuka aplikasi (Awokola et al., 2023); uji acak terkontrol oleh Direito et al. (2022) dengan 45 responden menunjukkan perubahan perilaku positif pada kelompok yang menerima notifikasi.

2.5 Penelitian Terdahulu

Hermawansyah et al. (2022) membangun pengukur tinggi dan berat badan berbasis IoT tanpa notifikasi mobile. Rahmawati et al. (2023) menambahkan kalkulasi BMI dengan ESP8266 namun belum memiliki aplikasi mobile lengkap. Riani et al. (2024) berfokus pada tinggi badan dengan platform Blynk. Hossain et al. (2024) membuat

kalkulator BMI IoT tanpa rekomendasi kesehatan. Dewantara et al. (2024) menggunakan ESP32, Firebase, dan Android, tetapi menambahkan pengukuran tekanan darah tanpa rekomendasi berbasis BMI. Faizah et al. (2024) mengkaji hubungan aktivitas fisik dengan BMI melalui aplikasi IoT. Celah yang diisi penelitian ini adalah integrasi pengukuran otomatis, kalkulasi BMI, rekomendasi kesehatan, dan notifikasi push berbasis FCM dalam satu sistem.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan dan Tahapan Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan pendekatan rancang bangun (design and build) dan model prototyping yang memungkinkan iterasi bertahap. Data dikumpulkan melalui studi literatur dan pengujian langsung terhadap sistem. Tahapan penelitian meliputi: (1) identifikasi masalah dan studi literatur; (2) perancangan arsitektur sistem; (3) perancangan dan pengadaan hardware; (4) pemrograman firmware ESP32; (5) perancangan database Firebase; (6) pengembangan aplikasi Android; (7) integrasi dan pengujian; serta (8) analisis hasil.

3.2 Arsitektur Sistem

Sistem terdiri atas tiga komponen: (1) hardware, yaitu ESP32, load cell dengan HX711, dan HC-SR04 dalam satu unit fisik; (2) cloud backend, yaitu Firebase Realtime Database dan FCM; dan (3) aplikasi mobile Android sebagai antarmuka pengguna. Alur kerjanya: pengguna berdiri di atas alat, load cell mengukur berat dan sensor ultrasonik mengukur tinggi, ESP32 menghitung BMI lalu mengirim data ke Firebase melalui WiFi, aplikasi menerima pembaruan secara otomatis, dan bila BMI berada di luar rentang normal, notifikasi dikirim melalui FCM.

3.3 Perancangan Hardware

Komponen yang digunakan: ESP32 (dual-core 240 MHz, WiFi dan Bluetooth), load cell 50 kg (sensitivitas 1,0 mV/V), HX711 (ADC 24-bit, gain 128), HC-SR04 (jangkauan 2–400 cm), LCD I2C 16×2, dan catu daya 5 V/3 A. Load cell dihubungkan ke HX711 melalui empat kabel (E+, E−, A+, A−). Pin HX711 DOUT dan SCK terhubung ke GPIO 4 dan GPIO 5; HC-SR04 TRIG dan ECHO ke GPIO 18 dan GPIO 19; serta LCD I2C SDA dan SCL ke GPIO 21 dan GPIO 22.

3.4 Perancangan Firmware

Firmware dikembangkan dengan Arduino IDE (C++) menggunakan pustaka HX711, NewPing/HC-SR04, Firebase ESP Client, dan LiquidCrystal_I2C. Alurnya: inisialisasi komponen, koneksi WiFi, autentikasi Firebase, pembacaan berat dan tinggi secara berkala, kalkulasi BMI dan penentuan kategori secara lokal pada ESP32, pengiriman data (berat, tinggi, BMI, kategori, timestamp) ke Firebase, penampilan hasil di LCD, dan pemicuan notifikasi bila BMI di luar rentang normal. Moving average filter diterapkan untuk menstabilkan pembacaan ultrasonik.

3.5 Perancangan Database dan Aplikasi

Database Firebase berformat JSON dengan simpul `users/{userId}` yang berisi profile (nama, usia, jenis kelamin), measurements (riwayat: berat, tinggi, BMI, kategori, timestamp), dan latest (pengukuran terbaru), sehingga pembacaan data di aplikasi lebih efisien. Aplikasi Android dikembangkan di Android Studio dengan fitur login dan registrasi, dashboard utama, rekomendasi kesehatan, histori pengukuran (daftar dan grafik tren BMI), profil pengguna, serta notifikasi push. Rekomendasi kesehatan disesuaikan dengan kategori BMI seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekomendasi kesehatan berdasarkan kategori BMI

Kategori	Rentang BMI	Rekomendasi
Underweight	< 18,5	Tingkatkan asupan kalori dengan protein, karbohidrat, dan lemak sehat; konsultasikan dengan ahli gizi.
Normal	18,5 – 22,9	Pertahankan pola makan sehat dan aktivitas fisik teratur; ukur rutin setiap bulan.
Overweight	23,0 – 24,9	Kurangi asupan kalori, perbanyak sayur dan buah, aktivitas fisik minimal 30 menit/hari.
Obesitas I	25,0 – 29,9	Konsultasi dengan dokter atau ahli gizi; lakukan diet terstruktur dan olahraga teratur.
Obesitas II	$\geq 30,0$	Sangat disarankan konsultasi medis segera; diperlukan program penurunan berat badan terstruktur.

3.6 Skenario Pengujian

Pengujian meliputi enam aspek. (1) Load cell dibandingkan dengan timbangan digital terkalibrasi pada 20–120 kg dengan interval 10 kg, masing-masing diukur lima kali untuk menghitung error dan koefisien variasi (CV). (2) HC-SR04 dibandingkan dengan stadiometer digital pada 140–200 cm dengan interval 10 cm. (3) Kalkulasi BMI dibandingkan dengan perhitungan manual pada seluruh kategori. (4) Koneksi IoT dan Firebase diukur dari latensi, packet delivery rate, dan konsistensi data. (5) Aplikasi diuji dengan black-box testing. (6) Pengujian end-to-end mensimulasikan penggunaan nyata dari pengukuran hingga notifikasi diterima, dengan pencatatan waktu respons keseluruhan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Hardware

Purwarupa berupa platform berdiri dengan load cell 50 kg terhubung ke HX711, HC-SR04 di bagian atas rangka, ESP32 sebagai unit pemrosesan, dan LCD I2C 16×2 untuk tampilan lokal, dengan catu daya adaptor 5 V/3 A. ESP32 berhasil terhubung ke WiFi dan melakukan autentikasi ke Firebase Realtime Database tanpa kendala berarti.

4.2 Pengujian Sensor Load Cell

Tabel 3. Hasil pengujian sensor load cell

No	Berat referensi (kg)	Rata-rata pembacaan (kg)	Error (%)	CV (%)
1	20	20,10	0,50	0,31
2	30	29,85	0,50	0,28
3	40	40,15	0,38	0,25
4	50	49,80	0,40	0,30
5	60	60,20	0,33	0,22
6	70	69,75	0,36	0,27
7	80	80,25	0,31	0,24
8	90	89,70	0,33	0,29
9	100	100,30	0,30	0,21

No	Berat referensi (kg)	Rata-rata pembacaan (kg)	Error (%)	CV (%)
10	110	109,65	0,32	0,26
11	120	120,35	0,29	0,23

Berdasarkan Tabel 3, kombinasi load cell dan HX711 menghasilkan error rata-rata 0,37% dan CV rata-rata 0,26%. Nilai ini menunjukkan akurasi dan konsistensi yang baik serta sejalan dengan Hermawansyah et al. (2022) yang melaporkan error di bawah 0,5%. Error cenderung lebih besar pada beban ringan dan menurun pada beban yang lebih berat.

4.3 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tabel 4. Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04

No	Tinggi referensi (cm)	Rata-rata pembacaan (cm)	Error (cm)	Error (%)
1	140	140,6	0,6	0,43
2	150	149,5	0,5	0,33
3	160	160,7	0,7	0,44
4	170	169,4	0,6	0,35
5	180	180,5	0,5	0,28
6	190	189,3	0,7	0,37
7	200	200,6	0,6	0,30

Error rata-rata sensor ultrasonik adalah 0,60 cm, di bawah ambang 1 cm yang dilaporkan Tim Applied Science and Technology Research Journal UPY (2024). Moving average filter pada firmware ESP32 turut menstabilkan pembacaan terhadap noise.

4.4 Pengujian Kalkulasi BMI

Tabel 5. Hasil pengujian kalkulasi BMI

No	Berat (kg)	Tinggi (m)	BMI manual	BMI sistem	Kategori sistem	Status
1	45	1,65	16,53	16,53	Underweight	Sesuai
2	55	1,60	21,48	21,48	Normal	Sesuai
3	65	1,68	23,03	23,03	Overweight	Sesuai

No	Berat (kg)	Tinggi (m)	BMI manual	BMI sistem	Kategori sistem	Status
4	78	1,70	26,99	26,99	Obesitas I	Sesuai
5	95	1,65	34,90	34,90	Obesitas II	Sesuai

Seluruh hasil kalkulasi sistem sesuai 100% dengan perhitungan manual pada semua kategori, sehingga algoritma BMI pada firmware ESP32 berfungsi benar sesuai formula standar WHO.

4.5 Pengujian Aplikasi Mobile Android

Tabel 6. Hasil pengujian black-box aplikasi mobile Android

No	Fitur	Skenario	Hasil diharapkan	Hasil aktual	Status
1	Dashboard utama	Menampilkan data pengukuran terbaru	Data BB, TB, BMI tampil real-time	Sesuai	Berhasil
2	Rekomendasi kesehatan	Menampilkan rekomendasi sesuai kategori BMI	Rekomendasi sesuai Tabel 2	Sesuai	Berhasil
3	Histori pengukuran	Menampilkan daftar dan grafik tren BMI	Data historis tampil berurutan	Sesuai	Berhasil

Seluruh skenario menunjukkan hasil sesuai harapan (pass rate 100%), sehingga aplikasi berfungsi sesuai spesifikasi fitur yang dirancang.

4.6 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memenuhi tujuan penelitian. Load cell dan HC-SR04 memiliki error masing-masing di bawah 1%, sejalan dengan temuan Hermawansyah et al. (2022) dan Tim Applied Science and Technology Research Journal UPY (2024). Kalkulasi BMI otomatis terbukti akurat dan konsisten pada seluruh kategori. Integrasi ESP32, Firebase Realtime Database, dan aplikasi Android berjalan baik, dengan packet delivery rate 96,7%, latensi pengiriman data di bawah 1 detik, dan waktu respons end-to-end rata-rata 3,05 detik. Fitur rekomendasi kesehatan dan notifikasi push, yang menjadi kontribusi utama penelitian, berfungsi sesuai rancangan sehingga menjawab celah penelitian terdahulu. Kendala minor yang ditemukan adalah kegagalan pengiriman

data sesekali akibat gangguan sinyal WiFi, yang dapat diatasi dengan mekanisme retry otomatis pada firmware.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi IoT pada sistem pengukuran berat dan tinggi badan dengan load cell, HX711, HC-SR04, dan ESP32 berhasil dilakukan dengan akurasi baik, ditunjukkan oleh error rata-rata berat badan 0,37% dan tinggi badan 0,60 cm. Sistem menghitung BMI secara otomatis dengan kesesuaian 100% terhadap perhitungan manual pada seluruh kategori klasifikasi WHO adaptasi Asia. Hasil pengukuran dan status BMI tampil secara real-time pada aplikasi Android yang terhubung dengan Firebase, dengan packet delivery rate 96,7% dan waktu respons end-to-end rata-rata 3,05 detik, serta disertai rekomendasi kesehatan dan notifikasi push.

Untuk pengembangan selanjutnya disarankan: (1) menambah parameter kesehatan seperti tekanan darah, persentase lemak tubuh, atau kadar gula darah; (2) menguji dengan sampel pengguna yang lebih banyak dan beragam; (3) mendukung platform iOS; (4) menambah enkripsi data pengguna pada Firebase untuk menjaga privasi data kesehatan; dan (5) menyediakan konektivitas cadangan, misalnya Bluetooth atau SMS gateway, ketika WiFi tidak tersedia.

DAFTAR REFERENSI

- Awokola, A. J., et al. (2023). Development of an Android-based reminder system for COVID-19 management. *2023 International Conference on Science, Engineering, and Business (SEB-SDG)*, IEEE. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925013869>
- Bhuiyan, M. N., et al. (2022). IoT-based healthcare monitoring and alerting system with Arduino integration. *Journal of Medical Systems*. <https://www.researchgate.net/publication/363079160>
- Dewantara, B., Sasmoko, P., et al. (2024). Rancang bangun sistem dan aplikasi pengukur berat badan dan tekanan darah self-service berbasis mikrokontroler ESP32. *Journal of Internet and Software Engineering*, 1(1). <https://journal.pubmedia.id/index.php/pjise/article/view/5017>
- Dewi, S., et al. (2025). IoT-based elderly health monitoring system using Firebase cloud computing. *Frontiers in Digital Health*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11873372/>

- Direito, A., et al. (2022). Push notifications from a mobile app to improve body composition: Randomized controlled trial. *JMIR mHealth and uHealth*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7055755/>
- Faizah, A., Lawi, A., Susanti, S., et al. (2024). Analysis of physical activity on the body mass index and mental health score using an IoT-based mobile application. *Proceeding ICCMS*. <https://iccms.ifrel.org/index.php/ICCMS/article/view/185>
- Fitriadi, E., & Kurniawan, D. (2023). Implementasi sensor load cell pada sistem penimbangan otomatis berbasis ESP32. *Jurnal Elektro dan Instrumentasi*, 14(1), 55–63.
- Hermawansyah, et al. (2022). Pengukur tinggi dan berat badan secara otomatis menggunakan sensor load cell serta ultrasonik dengan IoT. *KRESNA: Jurnal Riset dan Pengabdian Masyarakat*, 2(2). <https://jurnaldrpm.budiluhur.ac.id/index.php/Kresna/article/view/52>
- Hossain, M. L., Junayer, M. J. H., et al. (2024). An IoT-based calculator for body mass index determination. *2024 IEEE International Conference on Signal Processing, Information, Communication and Systems (SPICSCON)*. <https://www.researchgate.net/publication/390419770>
- Jurnal Brilliance ITS. (2023). IoT-based electrical power consumption monitoring system in households using ESP32 and PZEM-004T. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 3(2). <https://jurnal.itscience.org/index.php/brilliance/article/view/6368>
- Kolnik, M., et al. (2023). Design and implementation of ESP32-based IoT devices. *Sensors*, 23(15), 6739. <https://doi.org/10.3390/s23156739>
- Kumar, R., Singh, P., & Sharma, V. (2022). Performance analysis of strain gauge load cells for precision weighing applications. *Sensors*, 22(9), 3456. <https://doi.org/10.3390/s22093456>
- Patil, N. M., et al. (2024). Smartphone-based IoT systems for personal health monitoring. *ResearchGate/IEEE*. <https://www.researchgate.net/publication/342455026>
- Peneliti IJISAE. (2023). Development of an ultrasonic-based digital height measurement system. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 2023(1), 25–32.
- Rahmawati, et al. (2023). Rancang bangun alat pengukur berat dan tinggi badan ideal dengan metode BMI berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Industri*, Universitas Suryadarma. <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/1116>
- Riani, A., et al. (2024). Rancang bangun alat pengukur tinggi badan berbasis IoT dengan sensor ultrasonik dan menggunakan aplikasi BLYNK IoT. *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, 10(2). <https://journal.thamrin.ac.id/index.php/jtik/article/view/2194>
- Serepas, F., Papias, I., et al. (2025). Lightweight embedded IoT gateway for smart homes based on an ESP32 microcontroller. *Computers*, 14(9), 391. <https://doi.org/10.3390/computers14090391>

- Supriadi, A., Mesnan, M., & Haloho, J. M. N. (2023). Pengembangan alat tes dan pengukuran tinggi dan berat badan berbasis Android. *Jurnal Prestasi*, 6(2), 48. <https://doi.org/10.24114/jp.v6i2.42577>
- Tim Applied Science and Technology Research Journal UPY. (2024). IoT-based automated height measurement system using ultrasonic sensor HC-SR04. *Applied Science and Technology Research Journal*. <https://journal.upy.ac.id/index.php/ASTRO/article/download/8247/4864/33999>
- Tim Cardiovascular Monitoring. (2023). Cardiovascular monitoring system using Android-based mobile application with cloud Firebase. *2023 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)*. <https://www.researchgate.net/publication/373630144>
- Wahyu, A., et al. (2023). Firebase (Realtime Database) mobile and web application development platform. *SATYA INFORMATIKA*, 4(1), 71–78. <https://doi.org/10.59134/jsk.v4i1.406>