Jurnal Ilmiah GIGA Volume 29 (1) Juni 2026 Halaman 16-28 (p) ISSN 1410-8682
http://dx.doi.org/10.47313/jig.v29i1.4380 (e) ISSN 2621-9239

Perancangan dan Implementasi Sistem Antropometri Bayi Multi-Sensor Berbasis ESP32-S3 Terintegrasi IoT

Alief Fadhillah[1], Dewi Laksmiati[2*], Zainul Mufid[3]

[1]Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika, Jl. Kramat Raya No. 98, Jakarta Pusat 10450

*Korespondensi penulis: dewi.dlk@bsi.ac.id

(Received: 06-04-2026; Revised: 06-05-2026; Accepted: 06-30-2026)

Abstract. *Routine anthropometric monitoring is standard practice for early detection of growth disorders in infants, and is complemented in this study by body temperature monitoring as a fever indicator. Conventional approaches using separate instruments for weight, body length, and body temperature are time-consuming and susceptible to transcription errors, particularly in high-volume posyandu settings. This study developed an integrated infant anthropometric measurement device based on the ESP32-S3 microcontroller, combining a 20 kg load cell with an HX711 amplifier for weight, an HC-SR04 ultrasonic sensor for body length, and a DS18B20 sensor for axillary temperature. Measurement data are entered via USB keyboard, shown on an LCD, and automatically transmitted to Google Spreadsheet via HTTP GET to Google Apps Script. The device computes weight-for-age, length-for-age, and BMI-for-age z-scores per Ministry of Health Regulation No. 2 of 2020. Accuracy testing over 100, 90, and 10 trials for weight, length, and temperature yielded a 93% accuracy rate within ±0.1 kg, length accuracy ≥90% at every point across 0–80 cm (90 trials total), and a maximum temperature deviation of 0.1°C. Integrated testing on two healthy infants aged 2 and 12 months produced results consistent with WHO reference medians, with cloud transmission completed within 1–2 seconds per session.*

Keywords: *ESP32-S3, infant anthropometry, nutritional status, z-score, IoT-based monitoring, stunting*

Abstrak. Pemantauan antropometri bayi secara berkala merupakan bagian penting dari deteksi dini gangguan pertumbuhan dan malnutrisi, serta dilengkapi dalam penelitian ini dengan pemantauan suhu tubuh sebagai indikator demam. Pendekatan konvensional yang menggunakan instrumen terpisah untuk berat badan, panjang badan, dan suhu tubuh membutuhkan waktu yang tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan pencatatan, terutama pada sesi posyandu dengan jumlah balita yang tinggi. Penelitian ini mengembangkan alat pengukur antropometri bayi terintegrasi berbasis mikrokontroler ESP32-S3, yang menggabungkan sensor load cell 20 kg dengan penguat HX711 untuk berat badan, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk panjang badan, dan sensor DS18B20 untuk suhu aksila. Data pengukuran dimasukkan melalui keyboard USB, ditampilkan pada LCD, dan dikirimkan otomatis ke Google Spreadsheet melalui HTTP GET ke Google Apps Script. Sistem menghitung z-score BB/U, TB/U, dan IMT/U sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020. Pengujian akurasi menunjukkan 93% pembacaan berat badan berada dalam toleransi ±0,1 kg dari 100 percobaan, akurasi panjang badan ≥90% pada setiap titik ukur dalam rentang 0–80 cm (90 percobaan), dan deviasi suhu maksimum 0,1°C dari 10 percobaan. Pengujian terintegrasi pada dua bayi sehat usia 2 dan 12 bulan menghasilkan data sesuai median referensi WHO, dengan transmisi ke *cloud* selesai dalam 1–2 detik per sesi.

Kata Kunci: ESP32-S3, antropometri bayi, status gizi, z-score, pemantauan berbasis IoT, stunting

PENDAHULUAN

Stunting dan gangguan gizi pada anak usia dini masih menjadi perhatian serius dalam kebijakan kesehatan Indonesia. Salah satu instrumen utama untuk memantau kondisi pertumbuhan bayi adalah pengukuran antropometri secara berkala, yang memungkinkan tenaga kesehatan mendeteksi penyimpangan dari pola tumbuh normal sejak dini. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2020 menetapkan tiga indikator penilaian status gizi anak: berat badan menurut umur (BB/U), panjang atau tinggi badan menurut umur (TB/U), dan indeks massa tubuh menurut umur (IMT/U), yang mengacu pada kurva pertumbuhan WHO sebagai standar referensi [1]. Suhu tubuh tidak termasuk dalam ketiga indikator status gizi tersebut, namun tetap diintegrasikan dalam penelitian ini karena demam yang ditandai dengan peningkatan suhu tubuh, umumnya merupakan tanda klinis infeksi pada bayi, sehingga pemantauannya melengkapi cakupan deteksi dini kondisi kesehatan bayi secara lebih menyeluruh [2].

Dalam pelaksanaannya, pengukuran antropometri di posyandu dan puskesmas sebagian besar masih dilakukan secara manual dengan instrumen yang berdiri sendiri: dacin atau timbangan pegas untuk berat badan, infantometer atau pita ukur untuk panjang badan, dan termometer digital untuk suhu tubuh. Ketergantungan pada instrumen terpisah ini berpotensi memperlambat proses pelayanan dan menimbulkan kesalahan pada tahap pembacaan serta pencatatan data [3], [4]. Kondisi ini menjadi hambatan tersendiri ketika satu sesi posyandu harus melayani banyak balita dengan jumlah tenaga kader yang terbatas. Permasalahan ini menjadi semakin mendesak mengingat prevalensi *stunting* di Indonesia masih berada pada angka 21,5% berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia 2023[5], dengan determinan yang bersifat multifaktorial mencakup aspek imunisasi, akses air bersih, dan kondisi sosial-ekonomi keluarga [6]. Penguatan kapasitas kader kesehatan beserta sistem pemantauan tumbuh kembang berbasis rumah telah terbukti meningkatkan kualitas proses pengukuran di posyandu, namun keberhasilannya tetap bergantung pada ketersediaan alat ukur yang akurat dan mudah digunakan oleh kader [3].

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan alternatif berbasis sensor digital. Valentino et al. [7] merancang sistem pemantauan IoT untuk suhu, berat, dan tinggi balita, namun tanpa fitur kalkulasi status gizi otomatis. Adrian dan Harmadi [8] mengembangkan alat berbasis ESP32 WROOM-32 yang mampu menghitung status gizi (BB/U, TB/U, TB/BB) dan mengirim hasilnya melalui Telegram Bot, tetapi tidak menyertakan penyimpanan data historis berbasis *cloud*. Nurlette dan Wijaya [9] mengintegrasikan pengukuran tinggi dan berat badan dalam satu perangkat Arduino tanpa konektivitas nirkabel.

Pendekatan serupa juga ditempuh pada beberapa studi terbaru. Rosari et al [10] membangun alat penilaian gizi balita berbasis ESP32 dengan sensor HC-SR04 dan load cell HX711, namun konfigurasinya menggunakan dua mikrokontroler dan tidak menyertakan parameter suhu tubuh. Ulyanida et al [11] mengotomasi pengukuran berat dan tinggi badan di posyandu menggunakan HC-SR04 dan load cell berbasis Arduino UNO dengan akurasi di atas 98%, tetapi hasil pengukuran hanya ditampilkan secara lokal tanpa konektivitas IoT. Pada ranah perangkat lunak, sejumlah aplikasi berbasis web dan Android [12], [13], [14] telah menerapkan metode z-score sesuai standar WHO untuk penilaian status gizi, namun sistem-sistem tersebut bergantung pada input data manual dan tidak terhubung langsung dengan instrumen pengukuran. Di sisi konektivitas, pemanfaatan platform daring untuk surveilans gizi telah terbukti layak, sebagaimana ditunjukkan oleh penerapan pencatatan antropometri berbasis pesan instan di posyandu Jawa Barat[15] dan modifikasi timbangan bayi berbasis IoT untuk pemantauan *stunting* [16].

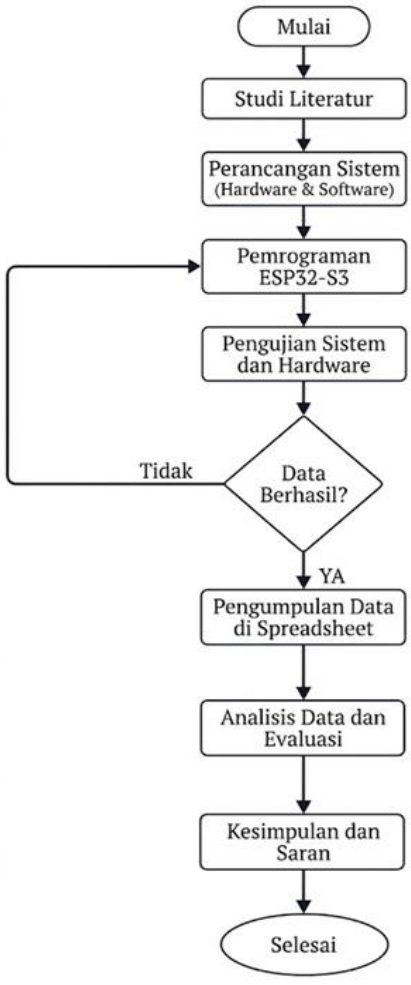
Berdasarkan tinjauan tersebut, terdapat celah penelitian yang jelas: studi terdahulu cenderung terpisah antara perangkat keras pengukuran (umumnya hanya satu hingga dua parameter dan jarang menyertakan suhu tubuh) dan perangkat lunak penilaian gizi (menghitung z-score namun bergantung pada input manual). Sebagian besar juga belum

mengintegrasikan pencatatan data historis berbasis *cloud* dalam satu siklus pengukuran tunggal. Penelitian ini ditujukan untuk menjawab celah tersebut.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

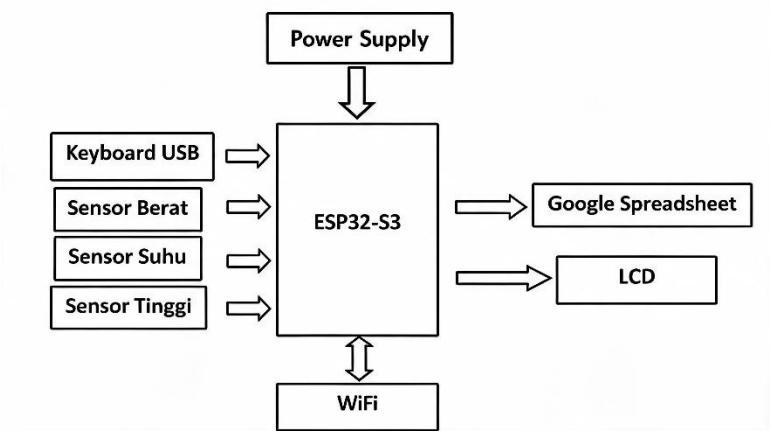
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rekayasa *hardware-software engineering* dengan pendekatan kuantitatif. Tahapan penelitian mencakup: (1) studi literatur, meliputi kajian standar antropometri Kemenkes RI dan WHO serta tinjauan komponen sensor dan mikrokontroler yang relevan [1]; (2) perancangan diagram blok dan skema rangkaian; (3) pemilihan dan pengadaan komponen; (4) perakitan mekanis dan pemrograman ESP32-S3; (5) pengujian subsensor secara individual; (6) pengujian sistem terintegrasi pada subjek bayi; serta (7) analisis dan evaluasi data. Alur penelitian secara keseluruhan diilustrasikan pada gambar 1.



GAMBAR 1. Flowchart alur penelitian.

Rancangan Sistem.

Mikrokontroler ESP32-S3 berfungsi sebagai unit pemrosesan pusat dengan prosesor Xtensa LX7 dual-core berkecepatan 240 MHz, modul WiFi 802.11 b/g/n terintegrasi, dan SRAM 512 KB yang memadai untuk menyimpan tabel referensi z-score usia 0–59 bulan [17]. Sistem terdiri dari empat masukan (keyboard USB, sensor berat, sensor panjang, sensor suhu) dan dua kanal keluaran: tampilan lokal melalui LCD I2C 20×4 dan pencatatan remote melalui Google Spreadsheet via WiFi. Diagram blok sistem ditampilkan pada gambar 2.



GAMBAR 2. Diagram blok sistem alat pengukur antropometri.

Pengukuran berat badan menggunakan sensor *load cell* berkapasitas 20 kg. *Load cell* bekerja berdasarkan prinsip jembatan Wheatstone yang menghasilkan perubahan tegangan analog proporsional terhadap beban yang diterima [18]. Sinyal keluaran *load cell* diperkuat dan dikonversi menjadi data digital 24-bit oleh modul HX711, kemudian dikirim ke ESP32-S3 melalui antarmuka dua kawat. Pengukuran panjang badan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang memancarkan pulsa 40 kHz dan mengukur durasi pantulan untuk menghitung jarak antara bagian atas alat dan penyangga kaki bayi [19]. Studi komparatif terhadap sensor ultrasonik sejenis untuk pengukuran tinggi manusia berbasis IoT menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan rata-rata kesalahan absolut di bawah 0,25 cm [20]. Suhu tubuh diukur dengan sensor DS18B20 berbasis protokol 1-Wire yang dipasang di area aksila; sensor ini memiliki rentang operasional −55°C hingga +125°C dengan akurasi ±0,5°C pada rentang −10°C hingga +85°C [21]. Pemilihan DS18B20 didasarkan pada keandalannya dibandingkan sensor suhu digital lain seperti DHT11 dan DHT22 dalam pengujian kalibrasi dan uji lapangan[22], serta penerapannya yang telah terbukti pada sistem pemantauan kondisi fisiologis manusia berbasis mikrokontroler [22]. Data identitas pasien dimasukkan melalui keyboard USB. Tampilan prototipe alat yang telah dirakit disajikan pada gambar 3.



GAMBAR 3. Prototipe alat pengukur antropometri bayi (tampilan LCD).



GAMBAR 4. Prototipe alat pengukur antropometri bayi (tampak atas).

Setiap sesi pengukuran yang selesai memicu pengiriman paket data oleh ESP32-S3 ke Google Spreadsheet melalui permintaan HTTP GET yang diarahkan ke Google Apps Script. Paket data mencakup waktu pengukuran, nama, jenis kelamin, tanggal lahir, usia dalam bulan, berat badan, panjang badan, suhu tubuh, IMT, serta hasil z-score dan kategori status gizi untuk ketiga indikator antropometri.

Metode Kalkulasi Status Gizi

Kalkulasi status gizi menggunakan metode z-score sesuai standar Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020[1]. Metode ini mengukur simpangan nilai pengukuran seorang anak dari median populasi referensi, dinyatakan dalam satuan standar deviasi (SD). Penerapan z-score dalam asesmen gizi anak telah didemonstrasikan pada berbagai konteks, termasuk pada aplikasi berbasis perangkat lunak [23].

Formulasi yang digunakan mengikuti Standar Antropometri Anak pada Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020, yang menghitung simpangan nilai terukur terhadap median referensi menggunakan simpangan baku / standar deviasi (SD) asimetris. Pemilihan penyebut bergantung pada posisi nilai terukur relatif terhadap median, sebagaimana dinyatakan pada Persamaan (1):

$$Z\text{-}Score = \begin{cases} \frac{X-M}{(+1SD)-M} & \text{jika } X \geq M \\ \frac{X-M}{M-(-1SD)} & \text{jika } X < M \end{cases} \quad (1)$$

dengan X menyatakan nilai terukur (berat badan, panjang badan, atau IMT), M adalah median referensi WHO sesuai usia dan jenis kelamin, serta SD^+ dan SD^- masing-masing menyatakan nilai +1 SD dan −1 SD dari tabel referensi. Penggunaan simpangan baku yang berbeda untuk sisi atas dan bawah median bertujuan mengakomodasi distribusi data antropometri yang tidak simetris, sehingga z-score yang dihasilkan lebih merepresentasikan posisi anak terhadap kurva pertumbuhan dibandingkan pendekatan SD tunggal. Tabel referensi median, +1 SD, dan −1 SD disimpan dalam bentuk *array* di memori ESP32-S3, diindeks berdasarkan usia (bulan) dan jenis kelamin untuk setiap indikator.

Sesuai Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020 [1], masing-masing indikator memiliki ambang kategorisasi tersendiri. Untuk IMT/U: Gizi Buruk (< −3 SD), Gizi Kurang (−3 SD hingga < −2 SD), Gizi Baik (−2 SD hingga +1 SD), Berisiko Gizi Lebih (+1 SD hingga +2 SD), Gizi Lebih (+2 SD hingga +3 SD), dan Obesitas (> +3 SD). Untuk BB/U, batas atas kategori Normal adalah +1 SD; untuk TB/U, batas atas Normal adalah +3 SD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilaksanakan dalam dua tahap berurutan: pengujian individual tiap subsensor, kemudian pengujian sistem secara terintegrasi pada bayi. Pengujian individual mencakup 100 percobaan untuk sensor berat badan (10 per nilai referensi), 90 percobaan untuk sensor panjang badan (10 per jarak), dan 10 percobaan untuk sensor suhu.

Pengujian Sensor Berat Badan (Load Cell dan HX711)

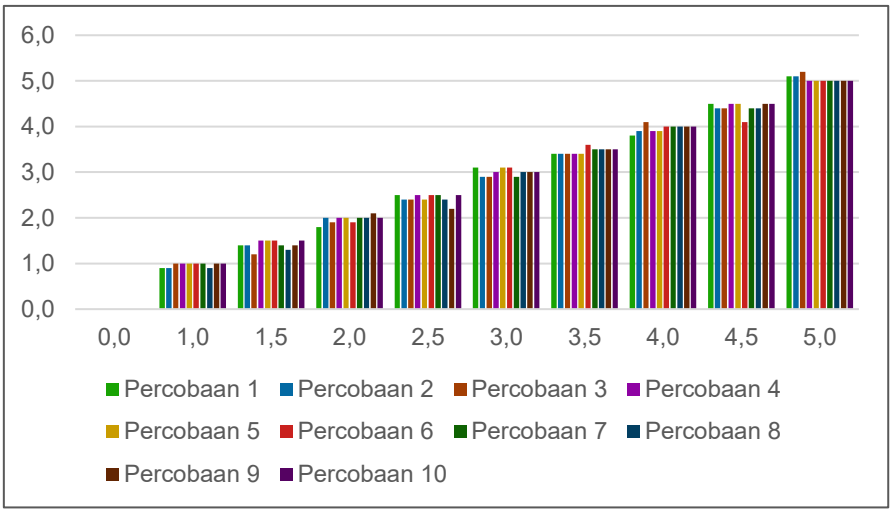
Kalibrasi dilakukan menggunakan anak timbangan terstandar, dengan nilai *tare* (pengembalian pembacaan sensor ke titik dasar) ditetapkan ke 0,0 kg secara otomatis setiap kali sistem dinyalakan. Berdasarkan datasheet resmi HX711 [24], modul ini menyediakan resolusi konversi 24-bit dengan rentang input diferensial skala penuh ±20 mV pada gain 128, resolusi yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan batas deviasi ±0,1 kg yang ditetapkan sebagai kriteria evaluasi pada penelitian ini. Nilai *calibration factor* sistem ditentukan secara empiris melalui proses kalibrasi menggunakan anak timbangan terstandar, dan setiap pembacaan berat merupakan hasil rata-rata dari 20 sampel pembacaan mentah sensor untuk mengurangi fluktuasi akibat *noise*. Pengujian mencakup titik kalibrasi 0,0 kg sebagai validasi *tare*, dilanjutkan dengan rentang 1,0 kg hingga 5,0 kg dengan interval 0,5 kg, menghasilkan 100 percobaan secara keseluruhan. Gambar 4 menampilkan kondisi pengujian sensor berat.



GAMBAR 5. Pengujian sensor load cell menggunakan anak timbangan terstandar.

TABEL 1. Hasil pengujian sensor berat badan (*Toleransi:* ± 0.1 kg, deviasi > 0.1 kg ditandai). (Sumber: Hasil penelitian (2025) [25]}.

Berat Aktual (kg)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Rata-rata	Deviasi Max
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	0.97	0.1
1.5	1.4	1.4	**1.2**	1.5	1.5	1.5	1.5	**1.3**	1.4	1.5	1.42	0.3
2.0	**1.8**	2.0	1.9	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	2.1	2.0	1.97	0.2
2.5	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	**2.2**	2.5	2.43	0.3
3.0	3.1	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	2.9	3.0	3.0	3.0	3.00	0.1
3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.46	0.1
4.0	**3.8**	3.9	4.1	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.96	0.2
4.5	4.5	4.4	4.4	4.5	4.5	**4.1**	4.4	4.4	4.5	4.5	4.42	0.4
5.0	5.1	5.1	**5.2**	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.04	0.2



GAMBAR 6. Grafik hasil percobaan sensor berat.

Dari 100 percobaan, 93 pembacaan berada dalam toleransi ±0,1 kg, sedangkan tujuh percobaan melampaui batas tersebut sebagaimana dirangkum pada Tabel 1. Analisis kondisi pengujian menunjukkan seluruh penyimpangan terjadi saat alat beroperasi di atas permukaan yang mengalami getaran dari kipas angin di bawah lantai. Sensor *load cell* bekerja berdasarkan perubahan regangan (*strain*) yang sangat kecil pada elemen elastisnya, sehingga secara inheren sensitif terhadap gaya lateral dan getaran mekanis. Tingkat akurasi 93% dari 100 percobaan ini dipandang memadai untuk aplikasi skrining pertumbuhan di posyandu.

Pengujian Sensor Panjang Badan (HC-SR04)

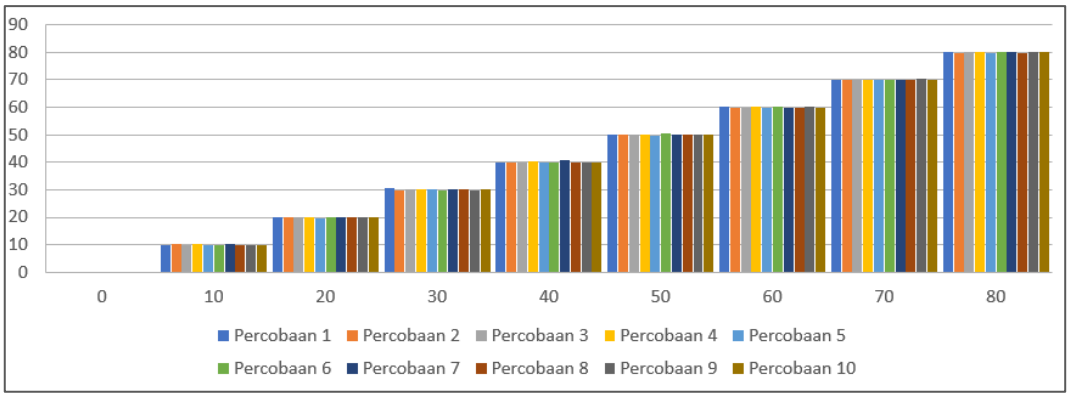
Sensor HC-SR04 diuji menggunakan meteran logam berstandar SNI pada rentang 0 hingga 80 cm dengan 10 percobaan per jarak referensi. Batas toleransi yang ditetapkan adalah ±0,3 cm. Tingkat akurasi pengukuran per jarak dihitung menggunakan formula berikut:

$$\text{Tingkat Akurasi (\%)} = (\text{N Pembacaan dalam Toleransi} / \text{N Total}) \times 100\% \quad (2)$$

Rekapitulasi hasil pengujian disajikan pada tabel 2.

TABEL 2. Rekapitulasi hasil pengujian sensor panjang badan (HC-SR04). Sumber: Hasil Penelitian (2025) [25].

Panjang Aktual (cm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Rata-rata	Deviasi Max
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.0
10	9.9	10.1	9.8	10.2	10	9.9	10.1	10	9.9	10	9.99	0.2
20	20.1	19.9	20.2	20	19.8	20.1	20	19.9	20.2	20	20.02	0.2
30	**30.5**	29.9	30.1	30	30.2	29.8	30.1	30	29.9	30.2	30.07	0.5
40	40.1	39.9	40	40.2	39.8	40.1	**40.6**	40	39.9	40	40.06	0.6
50	50	49.9	50.1	50	49.8	**50.5**	50	50.1	49.9	50	50.03	0.5
60	60.1	59.9	60	60.2	59.8	60.1	60	59.9	60.2	60	60.02	0.2
70	70	69.9	70.1	70	69.8	70.1	70	69.9	**70.5**	70	70.03	0.5
80	80.1	79.9	80	80.2	79.8	80.1	80	79.9	80	80	80.00	0.2



GAMBAR 7. Grafik hasil percobaan sensor panjang badan.

Hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan 10 kali untuk setiap titik pengukuran (0–80 cm). Secara umum sensor menunjukkan akurasi sangat baik dengan toleransi ±0,3 cm. Pada rentang 0-20 cm seluruh pengukuran akurat tanpa penyimpangan. Pada jarak 30, 40, 50, dan 70 cm masing-masing tercatat satu pembacaan yang melampaui toleransi dari sepuluh percobaan, sedangkan pada jarak 60 dan 80 cm seluruh pembacaan berada dalam batas toleransi. Secara keseluruhan performa sensor konsisten dengan tingkat kesalahan minimal, variasi kecil kemungkinan disebabkan oleh suhu ruangan dan getaran pada lantai pengujian. Kecepatan bunyi di udara berubah sesuai suhu lingkungan, sehingga fluktuasi suhu dapat memengaruhi akurasi pembacaan terutama pada jarak lebih jauh[19]. Berdasarkan tabel pertumbuhan dalam Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020[1], panjang badan bayi usia 0-12 bulan berkisar antara 46 dan 82 cm, sehingga zona pengukuran kritis sudah tercakup oleh rentang uji yang dilakukan.

Pengujian Sensor Suhu Tubuh (DS18B20)

Pembacaan sensor DS18B20 dibandingkan terhadap termometer klinis merek AVICO sebanyak 10 kali, dengan sensor ditempatkan pada punggung tangan sebagai media uji *pravalidasi*. Konfigurasi pengujian ditampilkan pada gambar 5.



GAMBAR 8. Perbandingan pembacaan sensor DS18B20 dan termometer klinis referensi.

Sepuluh pembacaan seluruhnya berada dalam toleransi ±0,5°C sesuai spesifikasi DS18B20 untuk rentang −10°C hingga +85°C [26], dengan selisih maksimum 0,1°C sebagaimana tercatat pada Tabel 3. Rentang suhu yang terukur (36,1°C hingga 36,8°C) sesuai dengan batas normal suhu aksila manusia dewasa sehat yang digunakan sebagai tolok ukur *pravalidasi*. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki akurasi yang memadai untuk pemantauan suhu tubuh dalam konteks skrining pertumbuhan bayi. Perlu dicatat bahwa pengujian ini merupakan *pravalidasi* awal pada media kulit orang dewasa; validasi sensor secara langsung pada aksila bayi belum dilakukan dan perlu ditindaklanjuti pada penelitian lanjutan.

TABEL 3. Hasil pengujian sensor DS18B20 terhadap termometer klinis referensi. (Sumber: Hasil Penelitian (2025) [25]}.

Percobaan ke-	Termometer Ref. (°C)	DS18B20 (°C)	Selisih (°C)
1	36,1	36,1	0,0
2	36,1	36,2	0,1
3	36,2	36,1	0,1
4	36,3	36,2	0,1
5	36,5	36,4	0,1
6	36,6	36,6	0,0
7	36,6	36,7	0,1
8	36,7	36,7	0,0
9	36,7	36,8	0,1
10	36,8	36,8	0,0

Pengujian Terintegrasi pada Bayi

Pengujian sistem secara terpadu dilaksanakan pada dua subjek bayi sehat, masing-masing berusia 2 bulan dan 12 bulan, sebanyak lima ulangan per subjek dengan jeda minimal tiga menit antar pengukuran. Kedua subjek merupakan bayi dengan status gizi normal; pengujian pada subjek dengan kondisi gizi abnormal belum dilakukan, sehingga akurasi klasifikasi z-score pada kondisi tersebut belum dapat dievaluasi secara langsung dan menjadi salah satu arah pengujian lanjutan. Pengujian dilaksanakan atas dasar persetujuan tertulis (informed consent) dari orang tua atau wali masing-masing subjek, yang telah mendapat penjelasan mengenai prosedur dan tujuan penelitian. Gambar 6 menunjukkan posisi subjek pada prototipe selama sesi pengukuran.



GAMBAR 9. Sesi pengujian terintegrasi pada subjek bayi.

Data pada tabel 4 menunjukkan variasi antar ulangan yang kecil untuk kedua subjek: selisih berat badan tidak melebihi ±0,1 kg, selisih panjang badan tidak melebihi ±0,1 cm antar ulangan, dan suhu tubuh stabil pada rentang 36,7°C hingga 36,9°C. Rerata berat badan subjek usia 2 bulan sebesar 5,04 kg dan subjek usia 12 bulan sebesar 8,92 kg berada dalam rentang normal terhadap median WHO untuk laki-laki pada usia yang sama, yaitu 5,6 kg dan 9,6 kg berturut-turut, dengan selisih masing-masing 0,56 kg dan 0,68 kg yang masih berada dalam kategori Berat Badan Normal sesuai Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020 [1]. Nilai z-score BB/U untuk subjek usia 2 bulan berkisar antara −0,71 dan −0,86, konsisten dengan median dan SD acuan di atas, seluruhnya masuk kategori Berat Badan Normal (−2

SD hingga +1 SD) sesuai Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020 [1]. Temuan ini konsisten dengan yang dilaporkan Putri et al. [27], yang menegaskan bahwa pengukuran antropometri merupakan metode yang valid untuk penilaian status gizi anak usia dini. Penggunaan indeks antropometri berbasis z-score sebagai alat skrining status gizi komunitas juga telah divalidasi dalam literatur [28]. Perlu dicatat bahwa jumlah subjek pada pengujian ini terbatas; validasi pada sampel yang lebih besar dan beragam diperlukan sebelum alat ini dapat direkomendasikan untuk implementasi luas.

TABEL 4. Hasil pengujian terintegrasi pada dua subjek bayi. {Sumber Hasil Penelitian (2025)} [25].

Ulangan	BB 2 bln (kg)	BB 12 bln (kg)	PB 2 bln (cm)	PB 12 bln (cm)	Suhu 2 bln (°C)	Suhu 12 bln (°C)
1	5,1	8,9	58,3	74,4	36,7	36,8
2	5,0	8,9	58,2	74,5	36,7	36,8
3	5,1	8,8	58,2	74,4	36,8	36,8
4	5,0	9,0	58,2	74,4	36,9	36,9
5	5,0	9,0	58,3	74,4	36,9	36,9

Kalkulasi Z-Score dan Integrasi Data ke Google Spreadsheet

Kalkulasi z-score untuk ketiga indikator (BB/U, TB/U, IMT/U) dijalankan sepenuhnya oleh ESP32-S3 menggunakan tabel referensi yang tersimpan dalam SRAM. Setelah kalkulasi selesai, data dikirimkan ke Google Spreadsheet melalui permintaan HTTP GET. Gambar 10 menampilkan rekaman data parameter bayi di Google Spreadsheet, dan Gambar 11 menampilkan kolom hasil z-score beserta kategori status gizi yang dihasilkan sistem.

Validasi dilakukan dengan menghitung ulang z-score secara manual menggunakan rumus dan tabel referensi median serta standar deviasi yang identik dengan yang tertanam pada sistem. Pada data Ulangan 1 dan 2 subjek usia 2 bulan, hasil perhitungan manual (z BB/U = −0,7143 dan −0,8571; z TB/U = −0,0500 dan −0,1000; z IMT/U = −0,9962 dan −1,1836) menunjukkan kesesuaian dengan keluaran sistem (Gambar 11) dengan selisih maksimum sebesar 0,004, yang disebabkan oleh pembulatan tampilan dua desimal pada Google Spreadsheet. Hasil ini mengonfirmasi bahwa logika kalkulasi z-score pada sistem berjalan sesuai dengan formulasi yang diterapkan.

Waktu	Nama	Jenis Kelamin	Tanggal Lahir	Usia (bulan)	# Berat Badan (Kg)	# Tinggi Badan (cm)	# Suhu Tubuh (C)
14/06/2025 16:48:23	Tester1	Laki-laki	10/04/2025	2	5,1	58,3	36,7
14/06/2025 16:50:39	Tester2	Laki-laki	10/04/2025	2	5,0	58,2	36,7
14/06/2025 16:53:07	Tester3	Laki-laki	10/04/2025	2	5,1	58,2	36,8

GAMBAR 10. Rekaman data parameter antropometri di google spreadsheet.

#	IMT	BB/U (z-score)	BB/U (status gizi)	TB/U (z-score)	TB/U (status gizi)	IMT/U (z-score)	IMT/U (status gizi)
15.00		-0.71	Normal	-0.05	Normal	-1.00	Baik
14.76		-0.86	Normal	-0.10	Normal	-1.18	Baik
15.06		-0.71	Normal	-0.10	Normal	-0.96	Baik

GAMBAR 11. Hasil kalkulasi Z-score dan kategori status gizi di google spreadsheet.

Dari lima percobaan pengiriman secara berurutan, seluruh transmisi berhasil tanpa kegagalan dengan rata-rata waktu tunda 1–2 detik per sesi. Jarak antara alat dan router WiFi pada lingkungan pengujian adalah sekitar tiga meter. Google Spreadsheet dipilih sebagai platform pencatatan karena tidak memerlukan infrastruktur *server* tambahan dan dapat diakses kapan pun melalui jaringan internet. Penggunaan Google Apps Script sebagai endpoint IoT telah menunjukkan keandalan serupa pada aplikasi pemantauan panel surya oleh Aafi et al. [29], yang menggunakan pendekatan HTTP GET yang identik untuk pencatatan data secara kontinu.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan instrumen pengukuran antropometri bayi yang mengintegrasikan pengukuran berat badan, panjang badan, dan suhu tubuh dalam satu siklus kerja, dilengkapi dengan kalkulasi z-score otomatis dan pencatatan data berbasis cloud. Pendekatan terpadu seperti ini belum ditemukan pada sistem-sistem sejenis sebelumnya. Dari sisi kelebihan, sistem ini memungkinkan pengukuran tiga parameter sekaligus dalam satu sesi tanpa perlu berganti instrumen. Kalkulasi z-score BB/U, TB/U, dan IMT/U dilakukan secara otomatis sesuai Permenkes RI Nomor 2 Tahun 2020, sementara data langsung tercatat ke Google Spreadsheet hanya dalam 1–2 detik tanpa memerlukan infrastruktur server tambahan. Akurasi pengukuran berat badan yang dicapai mencapai 93%, dengan toleransi pengukuran panjang badan sebesar ±0,3 cm. Meski demikian, sistem ini masih memiliki sejumlah keterbatasan. Akurasi pengukuran berat badan masih sensitif terhadap getaran mekanis, sementara akurasi sensor panjang badan cenderung menurun akibat fluktuasi suhu ruangan. Jumlah subjek uji coba juga masih terbatas pada dua bayi dengan status gizi normal, sehingga akurasi klasifikasi z-score pada kondisi gizi abnormal belum dapat dievaluasi. Selain itu, sensor suhu DS18B20 baru divalidasi pada kulit orang dewasa dan belum diuji pada aksila bayi. Ke depan, pengembangan dapat diarahkan pada kompensasi suhu real-time untuk sensor HC-SR04, visualisasi grafik pertumbuhan, antarmuka aplikasi mobile bagi tenaga kesehatan, serta validasi lanjutan pada subjek dengan kondisi gizi abnormal..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Bina Sarana Informatika atas dukungannya dan bimbingannya selama pelaksanaan penelitian, serta kepada orang tua dan wali yang telah memberikan izin dan berpartisipasi dalam sesi pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2020 tentang Standar Antropometri Anak,” 2020, *Kementerian Kesehatan RI, Jakarta*.

[2] M. Alsabri *et al.*, “Optimizing fever management in pediatric emergency medicine: pathophysiology, diagnostics, and evidence-based strategies,” *Int. J. Emerg. Med.*, vol. 18, no. 1, p. 231, 2025, doi: 10.1186/s12245-025-01014-y.

[3] A. V. Miranda *et al.*, “Improving Stunting Prevention Program through Community Healthcare Workers Training and Home-Based Growth Monitoring: A Quality Improvement Model,” *Paediatr. Indones.*, vol. 64, no. 6, pp. 536–545, 2024, doi: 10.14238/pi64.6.2024.536-45.

[4] M. Ludya, Y. Herlambang, and D. Yunidar, “Produk Alat Ukur Tinggi dan Berat Badan Pendeteksi Stunting dengan Fitur Hiburan untuk Anak Usia 2–5 Tahun,” *Productum: Jurnal Desain Produk (Pengetahuan dan Perancangan Produk)*, vol. 6, no. 1, 2023.

[5] Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, “SKI 2023 Dalam Angka,” 2024, *Jakarta, Indonesia*. [Online]. Available: https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/ski-2023-dalam-angka/

[6] Y. S. Arief, F. C. Yunita, F. Efendi, F. A. K. Murti, R. O. Pradipta, and L. McKenna, “Social and Environmental Determinants of Childhood Stunting in Indonesia: National Cross-Sectional Study,” *JMIR Pediatr. Parent.*, vol. 8, p. e68918, 2025, doi: 10.2196/68918.

[7] M. Valentino, N. Goa, I. Made, A. D. Suarjaya, A. A. Ketut, and C. Wiranatha, "Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu, Tinggi, dan Berat Badan Balita Berbasis Internet of Things," *JITTER: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, vol. 4, no. 2, 2023.

[8] D. R. Adrian and H. Harmadi, "Pengaplikasian Alat Ukur Tinggi, Berat Badan, dan Penentuan Status Gizi pada Balita Berbasis ESP32 WROOM 32 melalui Telegram," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 13, no. 1, pp. 82–88, 2024, doi: 10.25077/jfu.13.1.82-88.2024.

[9] D. Nurlette and T. K. Wijaya, "Perancangan Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan Ideal Berbasis Arduino," *SIGMA TEKNIKA*, vol. 1, no. 2, pp. 172–184, 2018, doi: 10.33373/sigma.v1i2.1515.

[10] A. E. S. Rosari *et al.*, "Developing a Nutritional Assessment Tool for Toddlers Using Anthropometry and IoT Technology," *International Journal of Advanced Health Science and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 67–71, 2024, doi: 10.35882/ijahst.v4i2.319.

[11] S. Ulyanida, A. Supriyanto, S. W. Suciyati, and J. Junaidi, "Automatization of Weight and Height Measurement Using Ultrasonic Sensors HC-SR04 and Load Cell Based on Arduino UNO at Integrated Services Posts (Posyandu)," *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, vol. 3, no. 4, pp. 127–137, 2022, doi: 10.23960/jemit.v3i4.103.

[12] D. R. Putri and E. Sudarmilah, "Monitoring Status Gizi Balita Secara Online," *JUITA: Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 101–110, 2020, doi: 10.30595/juita.v8i1.6670.

[13] I. G. Huda and S. Wulandari, "Pengembangan Aplikasi Mobile Berbasis Z-score untuk Deteksi Dini dan Pemantauan Status Gizi Balita Menggunakan Standar Antropometri WHO," *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, vol. 6, no. 6, 2025, doi: 10.47065/tin.v6i6.8553.

[14] M. A. Diansyah, "Metode Z-Score untuk Menentukan Status Gizi Balita: Aplikasi Berbasis Android," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 10, no. 3, pp. 149–161, 2022, doi: 10.12928/jstie.v10i3.24566.

[15] D. N. Aisyah *et al.*, "Using WhatsApp for Nutrition Surveillance Among Children Under 5 Years in West Java, Indonesia: Cross-Sectional Survey and Feasibility Study," *JMIR Pediatr. Parent.*, vol. 8, p. e58752, 2025, doi: 10.2196/58752.

[16] M. Sofie, P. K. Olla, P. Kusumaningtyas, and F. M. Chambali, "An IoT-based Baby Scales for Stunting Monitoring in Indonesia," *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, vol. 5, no. 4, pp. 217–223, 2023, doi: 10.35882/ijeeemi.v5i4.191.

[17] Espressif Systems, "ESP32-S3 Series Datasheet," 2023, *Shanghai, China*. [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3_datasheet_en.pdf

[18] S. W. Sitorus, A. Sudrajat, and K. R. Lestari, "Rancang Bangun Load Cell Kapasitas 20 kN Untuk Beban Kerja Tarik dan Tekan," *Jurnal Ilmiah GIGA*, vol. 21, no. 1, pp. 15–23, 2018, doi: 10.47313/jig.v21i1.580.

[19] T. N. Arifin, G. F. Pratiwi, and A. Janrafsasih, "Sensor Ultrasonik Sebagai Sensor Jarak," *Jurnal Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, 2022, doi: 10.59832/jt.v2i2.183.

[20] M. H. Kusuma and B. Santoso, "A Comparative Study of HC-SR04 and HY-SRF05 Ultrasonic Sensors for Automated Height Measurement Based on IoT," *Applied Science and Technology Research Journal*, vol. 4, no. 2, 2025, doi: 10.31316/astro.v4i2.8247.

[21] Moh. T. Rahman, "Analisa Sistem Pengering Padi Otomatis Berbasis Sensor Suhu DS18b20," *SinarFe7*, vol. 4, no. 1, pp. 171–174, 2021.

[22] Izhangghani, I. Hikmah, and S. Indriyanto, "Prototype of Body Temperature and Oxygen Saturation Monitoring System Using DS18B20 and MAX30100 Sensors Based on IoT," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 5, pp. 810–817, 2022, doi: 10.29207/resti.v6i5.4385.

[23] E. Sugiyantoro, "Aplikasi Penentuan Gizi Anak Perempuan Menggunakan Metode Z-score," *eProceedings of Engineering*, vol. 7, pp. 1434–1440, 2020.

[24] Avia Semiconductor, "HX711 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales." [Online]. Available: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf

[25] A. Fadhillah, "Rancang Bangun Alat Pengukur Antropometri Berbasis ESP32-S3 dengan Integrasi Sensor Suhu dan Pencatatan IoT ke Google Spreadsheet," Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta, 2025.

[26] Maxim Integrated, "DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer Datasheet," 2019, *San Jose, CA, USA*. [Online]. Available: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ds18b20.pdf

[27] F. A. Putri, R. Sianturi, and E. H. Mulyana, "Pengukuran Status Gizi pada Anak Usia Dini dengan Metode Antropometri," *Journal of Early Childhood and Inclusive Education*, vol. 8, no. 2, pp. 463–471, 2025, doi: 10.31537/jecie.v8i2.1842.

[28] I. A. Liberty, I. S. Septadina, M. Q. Rizqie, and E. S. Ananingsih, *Indeks Antropometri sebagai Alat Skrining Community Childhood Obesity pada Anak di Sekolah Dasar*, 1st ed. NEM, 2023.

[29] A. M. Aafi, J. Jamaaluddin, and I. Anshory, "Implementasi Sensor Pzem-017 untuk Monitoring Arus, Tegangan dan Daya Pada Instalasi Panel Surya dengan Sistem Data Logger Menggunakan Google Spreadsheet dan Smartphone," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)*, 2022, pp. 191–196. doi: 10.31284/p.snestik.2022.2718.