

# Rancang Bangun Sistem dan Aplikasi Pengukur Berat Badan dan Tekanan Darah *Self-Service* Berbasis Mikrokontroler ESP32

Mahfuddin Zuhri\*, Fay Ivana Karin, Irzaman, Ardian Arif Setiawan, Aep Setiawan

IPB University

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat terpadu yang mampu mengukur berat badan dan tekanan darah secara simultan guna meningkatkan efisiensi serta akurasi pelayanan kesehatan di fasilitas medis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan dan implementasi sistem berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor berat (*load cell*) dan sensor tekanan MPS20N0040D. Data hasil pengukuran ditampilkan secara *real-time* pada layar LCD dan dikirimkan ke aplikasi *mobile* melalui koneksi *Wi-Fi*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat yang dirancang mampu mengukur berat badan dengan rata-rata eror sebesar 1,51%, tekanan darah sistolik dengan rata-rata eror 1,44%, diastolik 1,47%, dan *pulse* 1,77%. Sistem ini telah diuji pada beberapa subjek dan menunjukkan performa yang stabil, akurat, dan responsif. Dengan adanya perangkat ini, diharapkan proses pemeriksaan kesehatan dapat dilakukan dengan lebih cepat, efisien, dan nyaman, serta membantu tenaga medis dalam mengurangi kesalahan *input* data manual dan meningkatkan kualitas layanan kesehatan.

**Kata kunci:** *Internet of Things* (IoT), Mikrokontroler ESP32, *Load Cell*, MPS20N0040D, Tekanan Darah

DOI: <https://doi.org/10.xxxx/xxxx>

\*Correspondence: Mahfuddin Zuhri

Email: [mahfuddinzh@apps.ipb.ac.id](mailto:mahfuddinzh@apps.ipb.ac.id)

Received: 17-10-2025

Accepted: 24-10-2025

Published: 31-10-2025



**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike (CC BY SA) license (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

**Abstract:** This study aims to develop an integrated device capable of simultaneously measuring body weight and blood pressure to improve the efficiency and accuracy of healthcare services in medical facilities. The method used in this research involves the design and implementation of a system based on the ESP32 microcontroller, which integrates a load cell weight sensor and an MPS20N0040D pressure sensor. The measurement data are displayed in real-time on an LCD screen and transmitted to a mobile application via a Wi-Fi connection. The results show that the designed system can measure body weight with an average error of 1.51%, systolic blood pressure with 1.44%, diastolic blood pressure with 1.47%, and pulse rate with 1.77%. The device was tested on several subjects and demonstrated stable, accurate, and responsive performance. With this device, the health examination process is expected to become faster, more efficient, and more convenient, while assisting medical personnel in reducing manual data entry errors and enhancing the quality of healthcare services.

**Keywords:** *Internet of Things* (IoT), ESP32 Microcontroller, *Load Cell*, MPS20N0040D, Blood Pressure

## Pendahuluan

Jumlah pasien pelayanan kesehatan meningkat sebanyak 17,76% ditahun 2021 dan 65% ditahun 2022 (Merliyanti et al. 2024) mengharuskan inovasi pemeriksaan tanda vital yang cepat namun tetap akurat. Karena salah satu hal yang paling penting dalam pelayanan kesehatan adalah pengecekan tanda vital (Ibrahim et al. 2017). *Monitoring* tanda vital adalah prioritas utama yang harus dipertimbangkan dari pusat pelayanan kesehatan sebagai pencegahan dini dan mengurangi angka kematian (Hadis et al. 2020). Selain itu, teknologi jaringan nirkabel berbasis *Internet of Things* (IoT) mengalami peningkatan yang signifikan dan menarik untuk dipelajari. Salah satu contohnya layanan kesehatan pintar bagi pemeriksaan tanda vital (Islamy et al. 2023) seperti sistem untuk pemantauan tekanan darah dan berat badan. Aplikasi pengukuran kesehatan berbasis IoT memberi manfaat untuk pelayanan medis dalam mengurangi biaya, pengukuran digital secara *real time*, dan penguatan diagnosa medis (Utomo dan Sulhatun 2024).

Pemantauan tanda vital berupa pengukuran tekanan darah dilakukan oleh tenaga medis kepada pasien yang berada di rumah sakit sebagai evaluasi kesehatan dan risiko penyakit tertentu (Melyana dan Sarotama 2019). Namun, beberapa peralatan ini masih bersifat konvensional, yang tentunya memiliki kelemahan dalam efisiensi waktu. Dalam lingkungan dengan volume pasien yang tinggi, seperti rumah sakit dan klinik, efisiensi dan akurasi dalam pengukuran kesehatan menjadi sangat penting. Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif yang mampu mengintegrasikan pengukuran tersebut dalam satu perangkat dengan pengukuran lainnya sebagai pemeriksaan medis awal. Hal tersebut bertujuan mempercepat proses pemeriksaan dan meningkatkan kemudahan bagi tenaga medis serta pasien.

Di sisi lain, inovasi dalam pengukuran berat badan juga terus berkembang. Salah satu penelitian mengembangkan alat berbasis Arduino yang mampu mengukur tinggi dan berat badan secara otomatis, serta memberikan informasi terkait berat badan ideal pengguna (Farandy MR et al. 2024). Meskipun demikian, kebanyakan perangkat yang ada masih berfungsi secara terpisah, tanpa adanya integrasi dengan alat pengukur tekanan darah sebagai pemeriksaan tanda vital. Padahal, penggabungan kedua parameter ini dalam satu perangkat dapat memberikan manfaat yang lebih besar, terutama dalam kemudahan pemantauan kesehatan secara menyeluruh. Penelitian yang dilakukan oleh Antoni et al. (2024) menyatakan bahwa kebutuhan akan perangkat terintegrasi yang dapat mengukur berat badan dan tekanan darah secara bersamaan merupakan aspek penting dalam pemantauan dan deteksi dini risiko kesehatan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, alat pengukur tekanan darah dan berat badan dikembangkan sebagai perangkat terpisah. Beberapa studi telah mengintegrasikan alat ukur berat badan dengan tinggi badan (Nurlette dan Wijaya 2018) atau tekanan darah

dengan detak jantung (Tadon et al. 2021), tetapi belum banyak yang menggabungkan pengukuran berat badan dan tekanan darah dalam satu perangkat yang juga terhubung ke aplikasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat yang dapat mengukur berat badan dan tekanan darah secara simultan. Perangkat ini akan menggunakan sensor berat (*load cell*) dan sensor tekanan MPS20N0040D yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Data hasil pengukuran akan dikirimkan ke aplikasi sederhana melalui konektivitas nirkabel, sehingga memungkinkan pemantauan serta pencatatan hasil pengukuran secara lebih praktis dan efisien.

## Metode

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua bagian, di antaranya yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras sensor dan modul terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor berat (*load cell*), HX711, sensor tekanan darah MPS20N0040D, tekanan HX710B, pompa udara mini, dan *solenoid valve*. Alat pembanding berupa timbangan berat badan digital GoTo GT TMBD-TP dan tensimeter digital Polygreen KP-6230. Selanjutnya, untuk perangkat keras komponen mekanis dan tampilan digunakan manset tekanan darah, papan timbangan tempat *load cell* dipasang, *casing* rangkaian elektronika, kotak pengukur tekanan darah, serta OLED *display* untuk tampilan langsung hasil pengukuran pada alat.

Perangkat lunak platform pengembangan terdiri dari laptop Asus Vivobook 14 untuk pemrosesan data, *software* Arduino IDE untuk pemrograman ESP32, serta Android Studio untuk pembuatan aplikasi. Perangkat lunak berupa *library* yang digunakan di antaranya adalah HX711 library untuk membaca data *load cell*, Adafruit sensor library untuk pembacaan sensor tekanan, dan *Wi-Fi* untuk komunikasi dengan aplikasi.

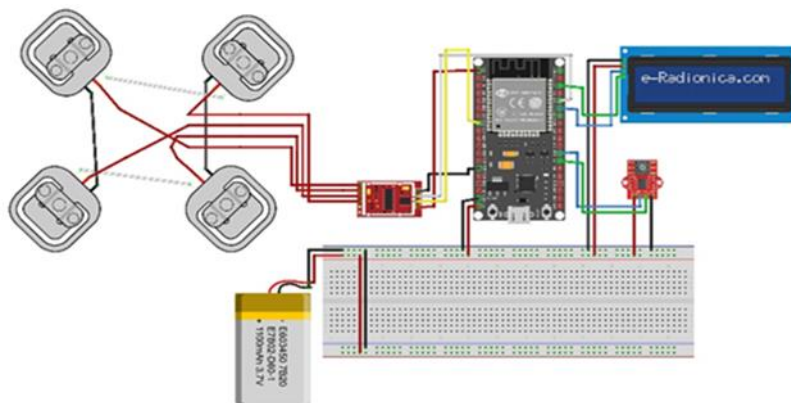
Perancangan alat diawali dengan membuat desain 3D sistem pengukuran berat badan dan tekanan darah menggunakan aplikasi 3D Microsoft, membuat rangkaian elektronika menggunakan aplikasi Fritzing, dan membuat diagram alir dari sistem pengukuran berat badan dan tekanan darah serta diagram blok skenario kerja alat. Desain 3D terdiri dari kotak yang dilengkapi dengan sensor berat di dalamnya sebagai pijakan untuk pengukuran berat badan. Hasil pengukuran berat badan akan ditampilkan di layar LCD yang tertera di depan pengguna saat pengguna berdiri menimbang berat badan.

Selanjutnya, layar LCD akan dipasang pada tiang besi yang terhubung pada pijakan timbangan berat badan. Pada bagian tiang terhubung kotak dengan terdapat alat ukur tensi darah pada bagian atasnya. *Output* pengukuran tensi darah tersebut akan ditampilkan pada layar LCD dan aplikasi bersamaan dengan data timbangan berat badan.

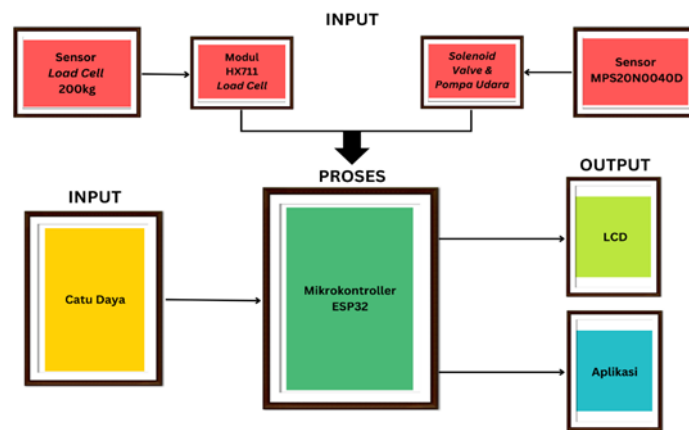


**Gambar 1.** Desain Sistem Pengukuran Berat Badan dan Tekanan Darah

Desain rangkaian elektronika terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor berat (*load cell*) yang terhubung modul HX711, sensor tekanan MPS20N0040D yang terhubung *solenoid valve*, serta *battery* yang dirangkai pada *breadboard* seperti pada gambar berikut.



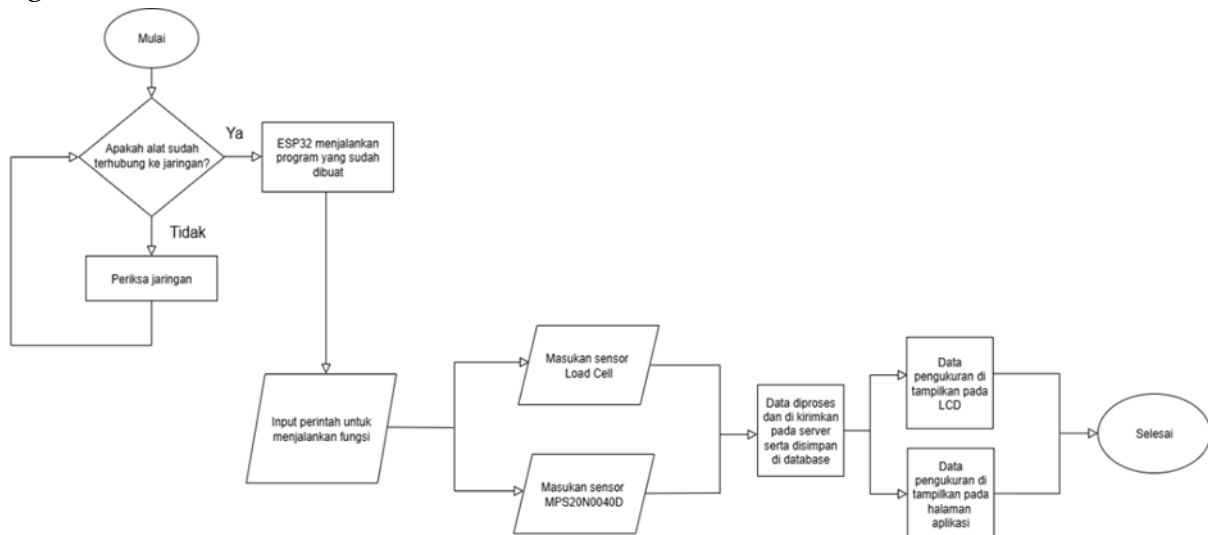
**Gambar 2.** Rangkaian Elektronika Pengukuran Berat Badan dan Tekanan Darah



**Gambar 3.** Diagram Blok Sistem Pengukuran Berat Badan dan Tekanan Darah

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pemroses program dan logika yang dijalankan. Catu daya akan memasukkan daya listrik ke mikrokontroler agar mikrokontroler dapat menyala. Sensor berat (*load cell*) yang dilengkapi modul penguat sinyal HX711 dan sensor tekanan MPS20N0040D yang dilengkapi *solenoid valve* digunakan sebagai masukan ke mikrokontroler. Hasil keluaran dari mikrokontroler merupakan data pembacaan sensor berupa nilai berat badan dan tekanan darah yang akan ditampilkan pada LCD dan aplikasi yang telah diprogram.

Diagram alir kerja dari sistem pengukuran berat badan dan tekanan darah adalah sebagai berikut.



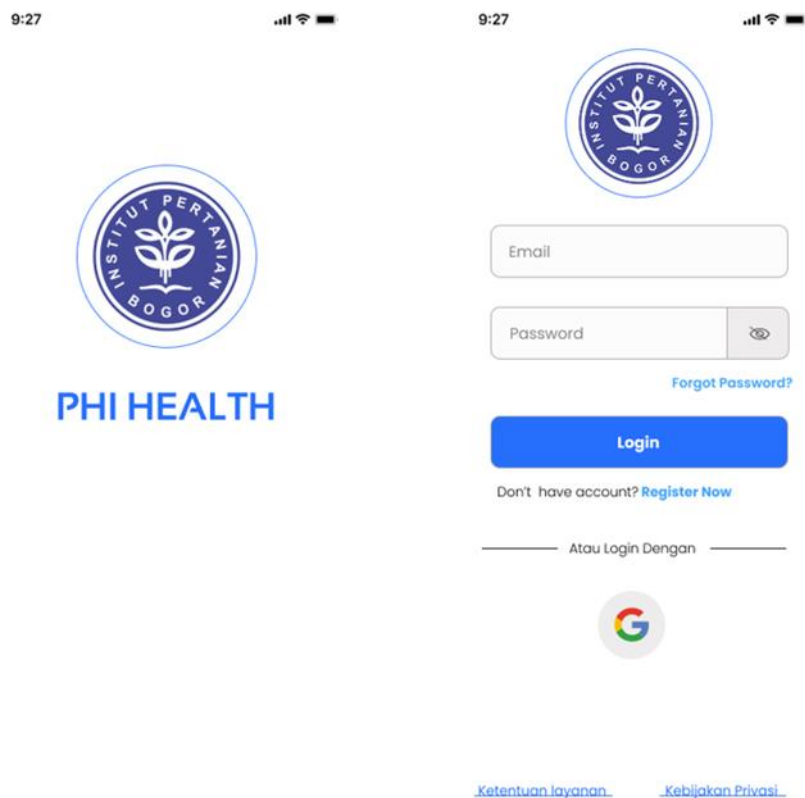
**Gambar 4.** Sistem Kerja Pengukuran Berat Badan dan Tekanan Darah

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, mikrokontroler ESP32 akan memproses program dan fungsi logika apabila terdapat daya listrik ke mikrokontroler ESP32. Selanjutnya, mikrokontroler ESP32 akan menerima input dari dua buah sensor, yaitu sensor berat (*load cell*) dan sensor tekanan MPS20N0040D. Masukan yang diterima mikrokontroler

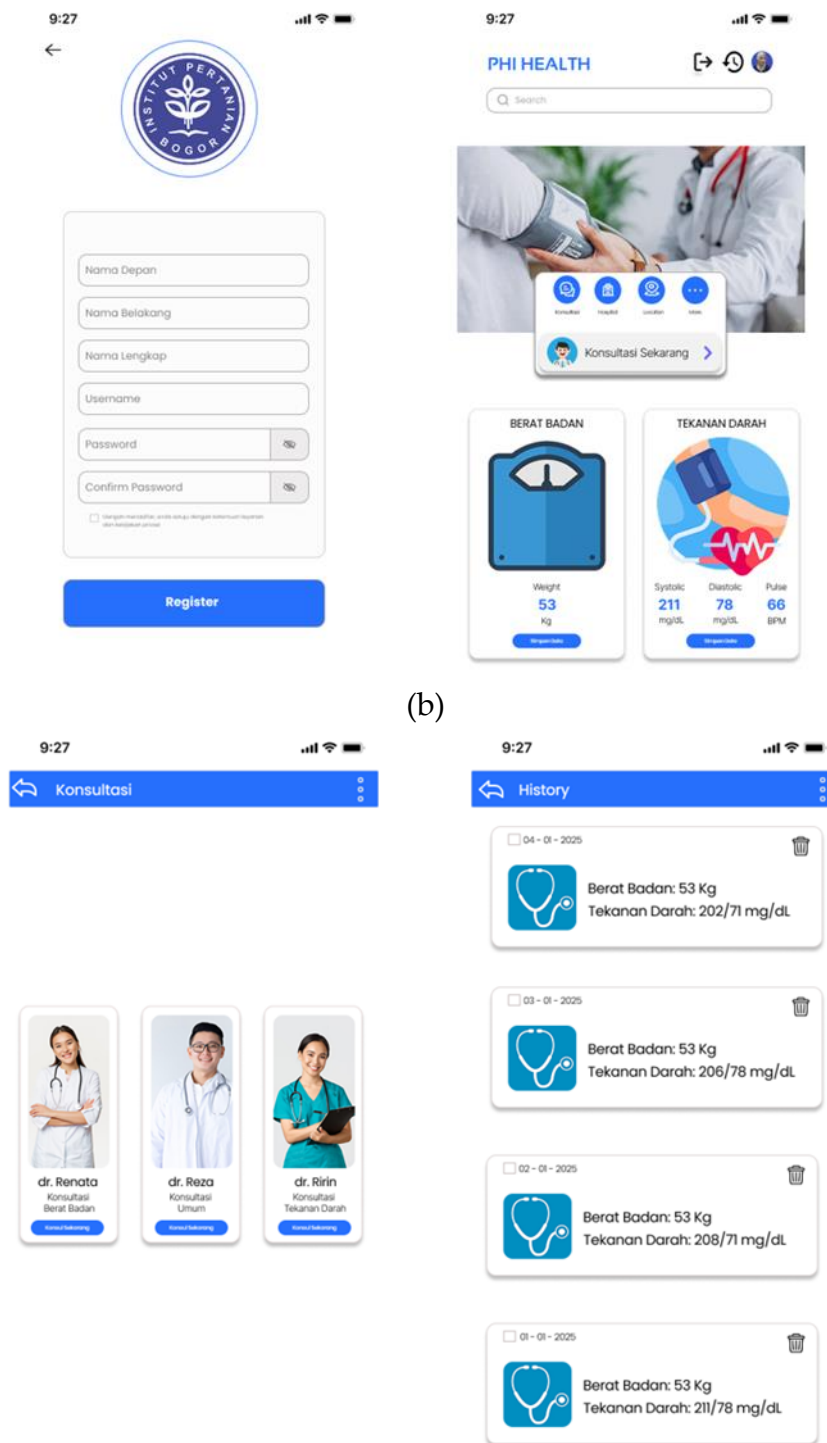
ESP32 akan dijalankan sebagai fungsi yang merupakan respons dari logika kondisi yang telah diatur programnya. Hasil akhirnya berupa penampilan nilai berat badan dan tekanan darah. Informasi pembacaan sensor akan tampil di layar LCD dan juga pada aplikasi yang telah terprogram.

Proses pembuatan aplikasi dilakukan pada *website* Figma. Aplikasi terdiri dari enam halaman, di antaranya adalah halaman awal, halaman *login*, halaman *register*, halaman utama, halaman konsultasi, dan halaman *history* pengukuran. Halaman utama akan menampilkan tampilan hasil pembacaan sensor berat dan sensor tekanan secara *real-time* bersamaan dengan *output* pada layar LCD. *Output*-nya berupa nilai berat badan dalam satuan kilogram, *systolic* dan *diastolic* dalam nilai mmHg, serta *pulse* dalam satuan BPM.

Pada tampilan awal sebelum pengukuran, hasil yang ditampilkan adalah nilai nol untuk semua aspek, nilai pengukuran akan berubah setelah kedua proses pengukuran selesai. Hasil dari pengukuran tersebut dapat disimpan di halaman *history* aplikasi. Data halaman *history* akan berurutan sesuai dengan tanggal pengukuran.



(a)



(b)

(c)

**Gambar 5.** Desain tampilan aplikasi (a) halaman *login* (b) halaman pengukuran (c) halaman riwayat medis pasien

Pada tahap awal yang dilakukan adalah proses akuisisi data yang dimulai dengan pengukuran berat badan menggunakan sensor berat *load cell*. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan tegangan akibat beban yang diberikan, kemudian hasilnya dikonversi menjadi nilai digital melalui modul HX711 untuk selanjutnya diolah. Di sisi lain,

pengukuran tekanan darah dilakukan menggunakan sensor MPS20N0040D yang berfungsi membaca tekanan udara di dalam manset. Proses inflasi dan deflasi manset dikendalikan secara otomatis oleh sistem menggunakan pompa mini serta *solenoid valve* guna memastikan tekanan udara yang sesuai dalam proses pengukuran. Data yang diperoleh dari kedua sensor ini kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses lebih lanjut sebelum diteruskan ke aplikasi.

Dalam tahap pengolahan sinyal, data berat badan yang dihasilkan oleh sensor berat *load cell* dikalibrasi menggunakan metode dua titik, yaitu titik nol dan skala penuh, untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran. Selain itu, untuk mengurangi kemungkinan gangguan atau *noise* yang dapat terjadi selama proses akuisisi data, diterapkan Kalman Filter sebagai metode pemrosesan sinyal. Setelah data berhasil difilter, tahap berikutnya adalah normalisasi guna memastikan bahwa nilai yang dihasilkan sesuai dengan standar medis yang berlaku. Proses normalisasi ini dilakukan agar hasil pengukuran lebih andal, seragam, serta dapat digunakan dalam berbagai kondisi klinis tanpa mengurangi validitas data.

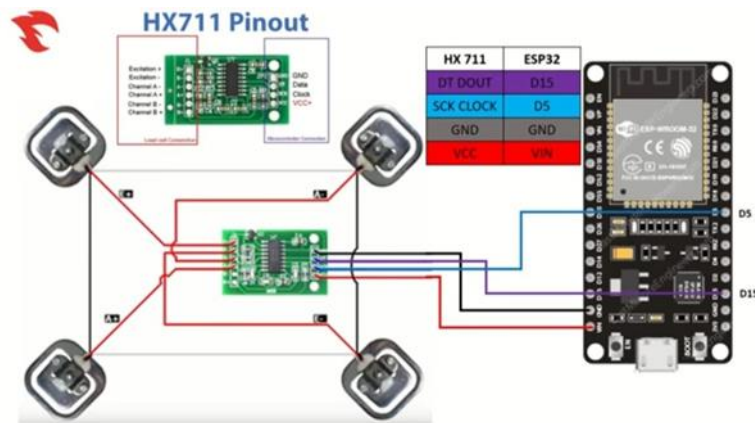
Dalam aspek komunikasi data, mikrokontroler ESP32 berperan dalam mentransmisikan hasil pemrosesan sensor ke aplikasi secara *real-time* menggunakan koneksi *Wi-Fi*. Metode ini dipilih karena mampu mengirimkan data dengan tingkat stabilitas tinggi, efisiensi daya yang baik, serta konsumsi energi yang rendah, sehingga perangkat dapat beroperasi dalam durasi lebih lama tanpa perlu sering mengisi daya.

Tahap validasi dan evaluasi dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi serta keandalan perangkat dalam berbagai skenario penggunaan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran perangkat dengan alat medis standar seperti timbangan dan tensimeter digital guna memastikan keakuratan data yang dihasilkan. Selain itu, dilakukan analisis statistik untuk menilai tingkat presisi perangkat, serta serangkaian uji coba dalam berbagai kondisi lingkungan, seperti variasi berat badan pengguna dan posisi tubuh selama pengukuran. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat dapat berfungsi secara optimal dalam berbagai situasi.

Proses perangkaian komponen elektronika timbangan diawali dengan menghubungkan keempat *load cell* ke dalam konfigurasi jembatan Wheatstone, yang selanjutnya dihubungkan ke modul HX711 sebagai penguat dan pengubah sinyal analog ke digital. Keempat *load cell* yang digunakan bertipe tiga kabel (merah, putih, dan hitam), masing-masing disambungkan secara paralel pada titik potensial yang sama untuk memperoleh distribusi gaya yang seimbang saat pengguna menimbang berat badan.

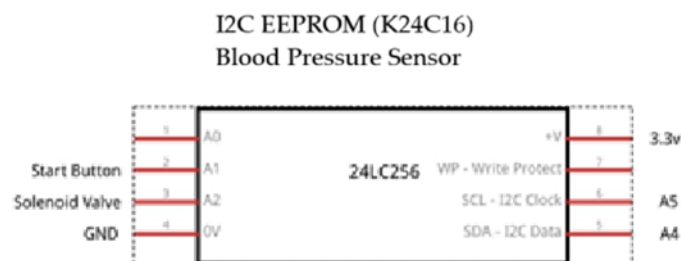
Setelah *wiring* selesai, dilakukan serangkaian proses kalibrasi awal menggunakan *software* berbasis Arduino IDE. Nilai kalibrasi (*calibration factor*) diperoleh dengan membandingkan hasil pembacaan digital dari HX711 terhadap berat sebenarnya dari benda

uji (misalnya beban 10 Kg atau 50 Kg standar). Nilai ini kemudian disesuaikan secara iteratif sampai pembacaan digital menghasilkan data berat yang presisi dan konsisten. Proses ini dilakukan karena setiap *load cell* bisa memiliki sensitivitas yang sedikit berbeda meskipun berasal dari tipe dan *batch* produksi yang sama.



**Gambar 6.** Wiring Load Cell dan Modul Sinyal HX711

Perangkaian elektronika untuk sensor tekanan darah menggunakan modul sensor tekanan dengan tipe 0-40 kPa yang kompatibel dengan ESP32. Sensor ini ditempatkan secara *inline* dengan selang manset tensimeter dan akan membaca perubahan tekanan udara saat proses inflasi dan deflasi berlangsung.



**Gambar 7.** Rangkaian I2C EEPROM

Sensor ini akan menghasilkan tegangan analog yang dibaca oleh ADC internal dari ESP32. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan sensor terhadap tensimeter digital medis yang telah terverifikasi (sebagai pembanding). Nilai kalibrasi dikonversikan dari nilai tegangan ke satuan mmHg, disesuaikan menggunakan rumus:

$$\text{Tekanan (mmHg)} = \frac{(V_{out} - V_{offset}) \times skala}{V_{ref}}$$

Parameter skala dan *offset* disesuaikan dari hasil beberapa pengujian tekanan yang divalidasi dengan alat standar. Kalibrasi ini juga penting untuk memastikan bahwa pembacaan tekanan darah, baik sistolik, diastolik, maupun *pulse*, berada dalam rentang yang akurat dan dapat dipercaya.

Pemrograman menggunakan bahasa C++ melalui Arduino IDE dengan mikrokontroler ESP32. Langkah pertama adalah inisialisasi dan konfigurasi sensor. Kedua, proses akuisisi data, di mana mikrokontroler akan membaca sinyal digital dari HX711 dan ADC dari sensor tekanan. Ketiga, algoritma perhitungan tekanan darah, yang mencakup deteksi gelombang denyut (*oscillometric method*) untuk menentukan nilai sistolik, diastolik, dan denyut jantung (BPM). Keempat, antarmuka pengguna, termasuk tampilan LCD *display* dan konektivitas IoT, seperti pengiriman data ke server Firebase menggunakan *Wi-Fi* internal dari ESP32. Kode dilengkapi dengan logika kontrol pompa udara dan *solenoid valve* pada tensimeter otomatis, serta pengaturan siklus kerja pompa untuk menghasilkan tekanan sesuai standar medis.

Pengujian sistem diawali dengan proses kalibrasi. Proses kalibrasi dan konversi tegangan ke tekanan (mmHg) dilakukan melalui dua tahap. Di antaranya adalah melalui proses pembacaan tegangan oleh sensor serta penentuan parameter kalibrasi (*offset* dan skala). Sensor tekanan menghasilkan tegangan analog sesuai tekanan yang diterima. Tegangan dibaca oleh ADC (*Analog Digital Converter*) internal ESP32 dengan kode:

```
int adcValue = analogRead(A1);
float Vout = (adcValue / 4095.0) * 3.3
```

Pada penentuan Parameter Kalibrasi (*offset* dan skala), ukur tegangan saat tekanan 0 mmHg (tidak ada udara di manset),  $V_{offset} = 0.3$  V. Kemudian isi manset hingga 150 mmHg (dengan pompa), lalu ukur  $V_{out}$ . Catat hasil tegangan dengan rumus:

$$\text{Tekanan (mmHg)} = \frac{(V_{out} - V_{offset}) \times \text{skala}}{V_{ref}}$$

Di mana skala merupakan perbandingan antara perubahan tekanan dan perubahan tegangan, dengan kode:

```
float tekanan = ((Vout - Voffset) / Vref) * skala;
```

Proses pengukuran berat badan menggunakan *load cell*, HX711, dan mikrokontroler ESP32 melibatkan dua tahap utama, yaitu pembacaan sinyal dari sensor dan kalibrasi data untuk memperoleh nilai berat dalam satuan kilogram. *Load cell* sendiri bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi pada elemen *strain gauge* di dalamnya. Saat beban diberikan, struktur mekanik pada *load cell* mengalami deformasi, sehingga resistansi *strain gauge* berubah. Perubahan ini menyebabkan ketidakseimbangan pada rangkaian *Wheatstone bridge*, yang merupakan konfigurasi empat buah resistansi (*strain gauge*) yang dirancang untuk menghasilkan perbedaan tegangan yang sangat kecil saat beban diterapkan. Dalam kondisi tanpa beban, *bridge* berada dalam keadaan seimbang dan tegangan *output*-nya mendekati nol. Namun, ketika beban diterapkan, ketidakseimbangan terjadi dan menghasilkan tegangan diferensial dalam skala milivolt.

Tegangan kecil ini tidak dapat langsung dibaca oleh ESP32, sehingga diperlukan modul HX711, yaitu ADC (*Analog-to-Digital Converter*) 24-bit yang dilengkapi penguat internal. Modul ini bertugas membaca tegangan diferensial dari *Wheatstone bridge*, menguatkannya (dengan *gain default* 128), dan mengubahnya menjadi data digital yang dapat diproses oleh ESP32. Komunikasi antara HX711 dan ESP32 dilakukan melalui dua pin utama, yaitu SCK (*clock*) dan DT (*data*). Pada tahap awal pengukuran, sistem perlu dilakukan proses *tare*, yaitu menetapkan nilai nol (0 kg) dengan memanggil fungsi *scale.tare()*. Hal ini memastikan bahwa pembacaan berikutnya akan mengacu pada titik dasar yang benar.

Setelah *tare*, dilakukan proses kalibrasi dengan memberikan beban yang sudah diketahui secara pasti, misalnya 5 kg, di atas *load cell*. Nilai digital yang terbaca saat beban ini diletakkan dibandingkan dengan nilai saat kosong (0 kg), dan selisihnya digunakan untuk menghitung faktor kalibrasi atau *calibration factor*. Perhitungan kalibrasi dapat dirumuskan sebagai:

$$\text{Faktor Kalibrasi} = \frac{\text{Nilai HX711 (5 kg)} - \text{nilai HX711 kosong}}{5}$$

Faktor ini kemudian disimpan dalam kode program menggunakan perintah *scale.set\_scale(calibration\_factor)*. Setelah proses ini, setiap kali fungsi *scale.get\_units()* dipanggil, ESP32 dapat langsung mengembalikan berat dalam satuan kilogram karena telah memperhitungkan nilai dasar (*tare*) dan faktor kalibrasi yang ditentukan. Dengan demikian, keseluruhan sistem pengukuran berat badan ini terdiri dari konversi gaya mekanik menjadi perubahan resistansi oleh *load cell*, penerapan prinsip *Wheatstone bridge* untuk menghasilkan sinyal tegangan kecil, penguatan dan digitalisasi sinyal oleh HX711, serta pemrosesan akhir oleh ESP32 untuk mendapatkan hasil berat secara akurat. Contoh implementasi program untuk pembacaan berat menggunakan pustaka HX711 adalah:

```
#include "HX711.h"
HX711 scale;
scale.begin(DT, SCK);
scale.set_scale(2100.0); // hasil kalibrasi
scale.tare(); // inisialisasi 0 kg
float berat = scale.get_units(); // pembacaan berat
```

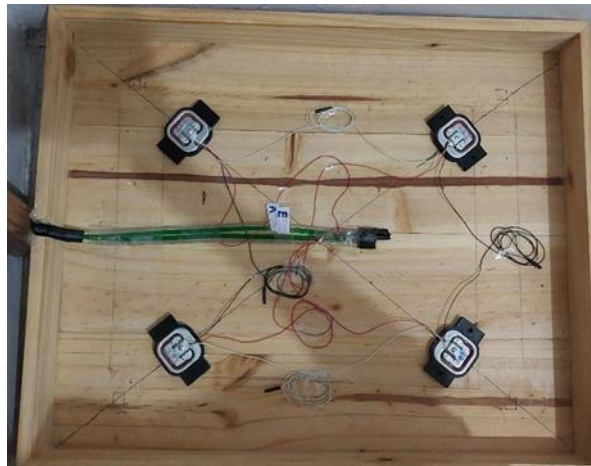
## Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, sistem pengukuran berat badan dan tekanan darah berbasis mikrokontroler ESP32 menunjukkan kinerja yang baik dengan rata-rata eror pengukuran berat badan sebesar 1,51%, serta eror tekanan darah sistolik, diastolik, dan pulsa masing-masing 1,44%, 1,47%, dan 1,77%. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh (Rahman et al, 2021) yang mengembangkan sistem pemantauan tekanan darah nirkabel berbasis sensor tekanan dan memperoleh rata-rata eror sekitar 1,39% untuk tekanan sistolik dan 1,01% untuk diastolik. Temuan serupa juga dilaporkan oleh (Kim dan Lee, 2022) yang memanfaatkan sensor MAX30102 berbasis ESP32 untuk pengukuran tekanan darah tanpa manset, di mana hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi tinggi berkat penerapan algoritma kalibrasi digital dan pengolahan sinyal lanjutan. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa integrasi sensor dan pemrosesan data *real-time* menggunakan ESP32 dapat menghasilkan sistem yang akurat, stabil, dan efisien untuk aplikasi kesehatan.

Secara konseptual, perangkat ini juga mendukung tren *self-monitoring* dalam sistem kesehatan digital, sebagaimana dijelaskan oleh (McManus et al, 2018) yang menemukan bahwa pemantauan tekanan darah mandiri dapat menurunkan rata-rata tekanan darah hingga 3,2 mmHg dibandingkan pemeriksaan konvensional di fasilitas medis. Selain itu, penelitian oleh (Rogers et al, 2023) menegaskan bahwa sistem pemantauan mandiri berbasis IoT dapat meningkatkan keterlibatan pasien dan efisiensi tenaga medis melalui transmisi data otomatis ke aplikasi klinis. (Hernandez dan Park, 2022) juga menunjukkan bahwa sistem pemantauan tekanan darah otomatis memiliki nilai *cost-effectiveness* yang signifikan dalam layanan kesehatan primer. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa sistem pengukur berat badan dan tekanan darah *self-service* berbasis ESP32 memiliki potensi besar dalam mendukung pelayanan kesehatan yang efisien, responsif, dan akurat.

Sistem pengukuran yang dirancang, menggabungkan dua parameter, yaitu berat badan dan tekanan darah dalam satu alat yang dapat digunakan secara mandiri (*self-service*). Rangkaian sistem dirancang agar pengguna duduk di atas kursi timbangan dan menempatkan lengan di manset otomatis, kemudian alat bekerja secara otomatis mulai dari pengukuran hingga menampilkan hasil. Pengujian alat dilakukan dalam beberapa skenario berbeda, melibatkan subjek uji dengan variasi berat dan tekanan darah. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil alat terhadap alat medis standar (timbangan digital dan tensimeter digital). Pengukuran dilakukan berulang sebanyak 10 kali per subjek untuk mendapatkan nilai rata-rata kesalahan (eror).

Pengukuran berat badan dilakukan dengan menggunakan empat *load cell* 50 Kg yang disusun dalam bentuk jembatan Wheatstone, dihubungkan ke modul HX711, dan dikendalikan oleh ESP32. Sistem ini mampu membaca berat dengan resolusi tinggi dan tingkat presisi yang baik.



**Gambar 8.** Pengkabelan Loadcell dan Modul Sinyal HX711

Rangkaian menunjukkan integrasi empat sensor *load cell* dengan modul HX711 dan mikrokontroler ESP32 untuk sistem pengukuran berat badan. Keempat *load cell* disusun dalam konfigurasi *Wheatstone Bridge* penuh (*full-bridge*), di mana masing-masing sensor berkontribusi sebagai elemen resistif yang akan berubah nilainya saat mengalami tekanan atau tarikan. Perubahan resistansi ini menghasilkan perbedaan tegangan yang sangat kecil pada titik tengah jembatan, yang kemudian diperkuat dan dikonversi oleh modul HX711.

Modul HX711 menerima sinyal dari jalur A+ dan A- (*input diferensial load cell*), memberikan tegangan eksitasi melalui E+ dan E-, serta mengirim data digital ke ESP32 melalui pin DOUT dan SCK. Tegangan keluaran dari *Wheatstone Bridge* bersifat proporsional terhadap beban yang diterima sensor, agar sistem membaca nilai berat secara akurat meskipun perubahannya kecil. *Wheatstone Bridge* digunakan untuk meningkatkan sensitivitas dan kestabilan pembacaan beban.



**Gambar 9.** Rangkaian pengukur tekanan darah

Sistem pengukuran tekanan darah menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke sensor tekanan MPS20N0040D dan modul tekanan HX710B melalui jalur komunikasi I2C. I2C adalah cara komunikasi digital yang hanya menggunakan dua kabel, yaitu SDA (*data*) dan SCL (*clock*). Ketika tombol start ditekan, proses pengukuran dimulai dan katup akan terbuka untuk mengatur tekanan udara pada manset. Setelah selesai,

pengguna menekan tombol lagi untuk menyimpan hasil pengukuran ke dalam memori (EEPROM). Data ini nantinya akan dibaca oleh ESP32 melalui I2C bus.



**Gambar 10.** Pengkabelan pada ESP32

Dalam rangkaian, ESP32 bertindak sebagai master, sedangkan EEPROM atau sensor tekanan bertindak sebagai *slave*. Setiap *slave* memiliki alamat tertentu (contohnya 0x50) agar ESP32 bisa mengenalinya. Komunikasi antara ESP32 dan *slave* dilakukan dengan bantuan kode program di Arduino IDE, menggunakan *library Wire.h*. Dengan perintah seperti `Wire.beginTransmission()` dan `Wire.requestFrom()`, ESP32 bisa membaca data tekanan darah yang disimpan oleh *slave*. Untuk memastikan komunikasi berjalan lancar, SDA dan SCL juga diberi resistor *pull-up* ke tegangan 3,3V.



**Gambar 11.** Tampilan hasil pengukuran pada LCD

Setelah data berhasil diambil oleh ESP32, hasil tekanan darah dapat ditampilkan di layar atau dikirim ke aplikasi melalui koneksi *Wi-Fi*. Dengan cara ini, alat pengukur tekanan

darah tidak hanya berfungsi secara otomatis, tapi juga bisa menjadi bagian dari sistem IoT (*Internet of Things*). Hal ini sangat bermanfaat untuk pemantauan kesehatan jarak jauh, baik di rumah sakit maupun di rumah pasien.

Alat yang dihasilkan memiliki dimensi ringkas dan mampu digunakan oleh satu orang tanpa bantuan tenaga medis. Desain *casing* memadukan bahan kayu dan rangka logam untuk menahan beban pengguna. Komponen yang digunakan meliputi, mikrokontroler ESP32, modul HX711 dan empat buah *load cell*, sensor tekanan MPS20N0040D 0 – 40 *kPa*, pompa udara dan solenoid valve, modul Wi-Fi internal ESP32 untuk konektivitas IoT, tombol nyala-mati. Seluruh komponen ini dirancang agar dapat bekerja secara harmonis dalam satu siklus kerja pengguna yang efisien.

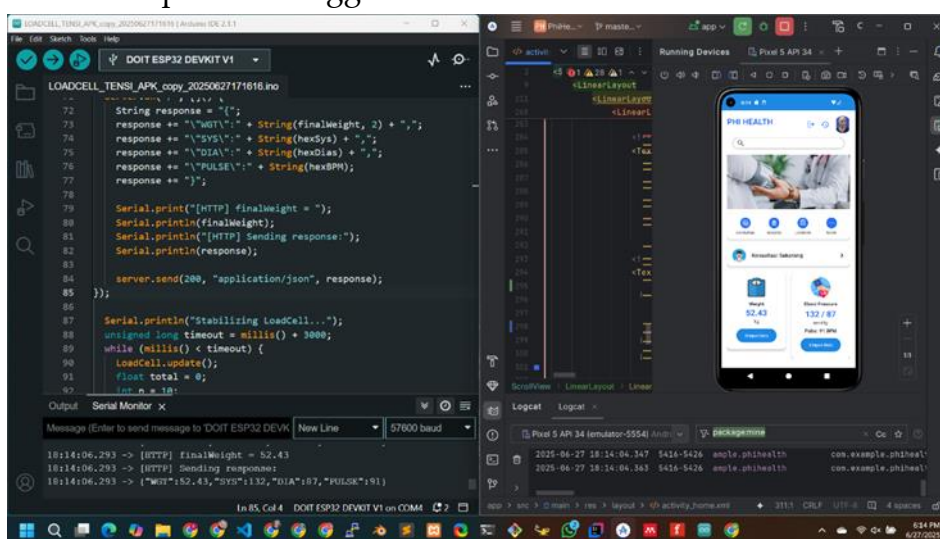


**Gambar 12.** Alat Pengukur Berat Badan dan Tekanan Darah

Program pengukuran berat badan dan tekanan darah menggunakan mikrokontroler ESP32 menampilkan hasilnya melalui server web lokal. Sistem ini menggabungkan sensor *load cell* yang terhubung melalui modul HX711 untuk mengukur berat badan, dan tensimeter digital yang berkomunikasi melalui jalur UART (Serial2) untuk membaca tekanan darah. Setelah ESP32 dinyalakan, *load cell* dikalibrasi terlebih dahulu dengan nilai yang tersimpan di EEPROM, kemudian dilakukan proses pengambilan rata-rata bobot awal

guna mendapatkan hasil pengukuran yang stabil. Nilai berat ini disimpan sementara dan akan digunakan sebagai berat akhir ketika data dari tensimeter telah berhasil dibaca.

Sementara itu, sensor tekanan darah akan mengirim data melalui Serial 2 ke ESP32. Ketika data "err:0" diterima (menandakan tidak ada kesalahan), ESP32 mulai membaca data tekanan secara bertahap. Setelah seluruh data diterima, hasil pengukuran tekanan sistolik (SYS), diastolik (DIA), dan denyut nadi (BPM) dikonversi dari format heksadesimal ke desimal menggunakan fungsi *hexToDec()*. Bersamaan dengan itu, sistem akan menyimpan data dari berat badan (*finalWeight*) sebagai bagian dari satu set data vital tubuh. Semua hasil ini kemudian dicetak ke Serial Monitor dan tersedia dalam bentuk JSON yang bisa diakses melalui browser atau aplikasi menggunakan IP ESP32.



Gambar 13. Hasil pembacaan pada aplikasi

Melalui web server berbasis *Wi-Fi* yang diaktifkan pada port 80, data tekanan darah dan berat badan bisa diakses oleh perangkat lain dalam satu jaringan. Ketika pengguna mengunjungi alamat IP ESP32, server akan merespons dengan JSON yang berisi nilai WGT, SYS, DIA, dan PULSE, sehingga cocok untuk diintegrasikan dengan aplikasi *mobile* atau sistem pemantauan kesehatan jarak jauh. Sistem ini juga dilengkapi dengan fitur kalibrasi dan penyimpanan nilai kalibrasi *load cell* secara permanen ke EEPROM, memungkinkan perangkat tetap akurat tanpa perlu pengaturan ulang setiap kali dinyalakan.

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa alat mampu bekerja secara akurat dan konsisten. Uji coba dilakukan pada beberapa subjek uji dengan variasi berat badan dan kondisi tekanan darah.

Pengukuran berat dilakukan dengan membandingkan hasil alat dengan timbangan digital referensi GoTo GT TMBD-TP. Uji coba tahap satu dilakukan dengan tidak memberi berat di atas timbangan sebagai uji titik nol. Hasil pengujian pertama adalah sebagai berikut.

**Tabel 1.** Uji coba timbangan tanpa memberi beban

Timbangan Digital (kg)	Timbangan Modul Loadcell (kg)
0,00	0,00

Tabel 1 menunjukkan hasil uji coba timbangan dengan tidak memberikan beban berat pada kedua timbangan, yaitu timbangan berat digital dan timbangan modul *load cell*. Kedua timbangan menunjukkan angka yang sama yaitu 0,00 kg menyatakan bahwa uji titik nol akurat

**Tabel 2.** Uji coba timbangan dengan beban di bawah 10 kg

Timbangan Digital (kg)	Timbangan Modul Loadcell (kg)	Persentase Error (%)
7,20	7,16	0,56

Tabel 2 menunjukkan hasil uji coba timbangan dengan memberikan beban berat di bawah 10 kg pada kedua timbangan sebagai uji coba awal pembacaan sensor load cell. Kedua timbangan menunjukkan angka yang berbeda, dimana timbangan modul load cell menghasilkan pengukuran sebesar 7,16 kg dan timbangan digital menghasilkan pengukuran sebesar 7,20 kg, sehingga didapatkan persentase error sebesar 0,16% dengan perhitungan sebagai berikut.

$$Error = \left| \frac{Hasil Timbangan Digital - Hasil Timbangan Loadcell}{Hasil Timbangan Digital} \right| \times 100\%$$

$$Error = \left| \frac{7,20 - 7,16}{7,20} \right| \times 100\% = 0,56\%$$

**Tabel 3.** Uji coba timbangan dengan beban di atas 10 kg

Pengguna	Timbangan Digital (kg)	Timbangan Modul Loadcell (kg)	Persentase Error (%)
1	38,17	37,42	1,96
2	41,12	40,46	1,61
3	44,03	43,13	2,05
4	47,54	46,76	1,64
5	51,37	50,18	2,32
6	51,46	50,74	1,40
7	52,35	51,73	1,18
8	55,28	54,53	1,35
9	55,46	54,68	1,41
10	56,13	55,25	1,57
11	57,30	56,59	1,23
12	60,28	59,47	1,34
13	63,34	62,57	1,21
14	63,67	62,75	1,45
15	86,71	85,91	0,92
Rata-rata Error (%)			1,51

Berdasarkan Tabel 3 yang memuat hasil pengujian 15 pengguna dengan beban di atas 10 kg, diperoleh hasil perbandingan antara timbangan digital dan timbangan berbasis modul load cell HX711. Data menunjukkan bahwa nilai berat badan yang diukur menggunakan modul load cell umumnya lebih rendah dibandingkan dengan hasil dari timbangan digital. Selisih ini kemudian dihitung dalam bentuk persentase error untuk mengevaluasi akurasi pengukuran.

Persentase error dari masing-masing pengguna berkisar antara 0,92% hingga 2,32%. Nilai error tertinggi ditemukan pada pengguna ke-11 (2,32%) dan nilai terendah pada pengguna ke-14 (0,92%). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan antara kedua metode pengukuran, nilai error masih berada dalam rentang yang relatif kecil dan dapat diterima dalam konteks pengukuran non-medis atau penggunaan sehari-hari.

Secara keseluruhan, diperoleh rata-rata persentase error sebesar 1,51% dari 15 data pengguna. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem timbangan berbasis sensor load cell yang dikembangkan mampu memberikan hasil pengukuran yang cukup akurat dan konsisten, meskipun terdapat sedikit deviasi dibandingkan timbangan digital konvensional. Faktor error ini bisa disebabkan oleh berbagai hal seperti kalibrasi yang belum sempurna, posisi penimbangan, atau sensitivitas sensor terhadap beban tidak merata. Namun demikian, hasil ini cukup menjanjikan untuk pengembangan alat monitoring berat badan otomatis yang terintegrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32.

Pengujian tekanan darah dilakukan dengan membandingkan hasil alat dengan tensimeter digital medis Polygreen KP-6230. Data hasil pengukuran ditampilkan sebagai berikut:

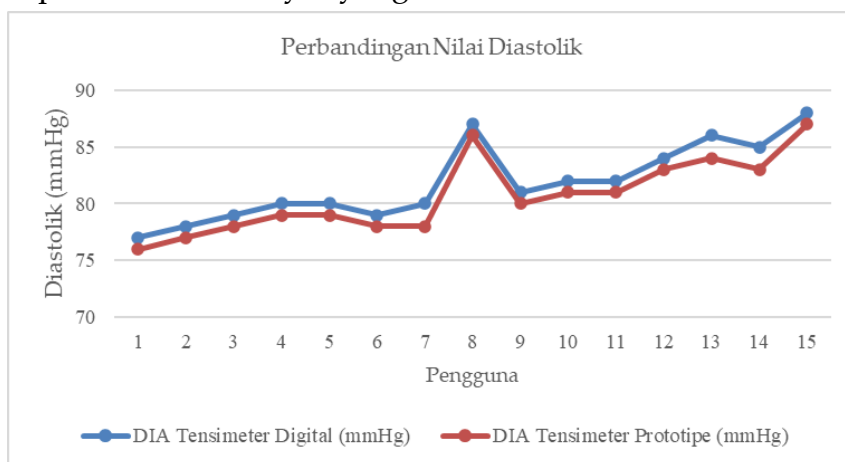
**Tabel 4.** Uji coba tensimeter

No.	Tensimeter Digital			Tensimeter Prototipe			Error (%)		
	SYS (mmHg)	DIA (mmHg)	PUL (BPM)	SYS (mmHg)	DIA (mmHg)	PUL (BPM)	SYS (mmHg)	DIA (mmHg)	PUL (BPM)
1	95	77	74	93	76	73	2,11	1,30	1,35
2	98	78	73	97	77	72	1,02	1,28	1,37
3	103	79	72	102	78	71	0,97	1,27	1,39
4	108	80	75	107	79	74	1,73	1,25	1,33
5	115	80	75	113	79	74	1,68	1,25	1,33
6	119	79	76	117	78	75	1,58	1,27	1,32
7	126	80	76	124	78	75	1,50	2,50	1,32
8	133	87	84	131	86	82	1,43	1,15	2,38
9	140	81	77	138	80	76	1,38	1,23	1,30
10	145	82	78	143	81	77	1,33	1,22	1,28
11	150	82	84	148	81	81	0,65	1,22	1,28
12	155	84	79	154	83	78	1,26	1,19	1,27
13	160	86	82	158	84	80	1,81	2,33	3,58
14	165	85	80	162	83	78	2,35	2,35	2,50
15	170	88	85	166	87	83	1,45	1,14	2,35
Rata-rata Error (%)							1,44	1,47	1,77

Hasil pengujian pada tabel 4 menunjukkan bahwa sistem prototipe tensimeter menghasilkan data tekanan darah sistolik (SYS), diastolik (DIA), dan denyut nadi (PUL) yang cukup akurat jika dibandingkan dengan tensimeter digital medis. Rata-rata eror masing-masing parameter berada di bawah 2%, yakni 1,44% untuk SYS, 1,77% untuk DIA, dan 1,68% untuk PUL. Ini menunjukkan bahwa sistem prototipe memiliki keandalan pengukuran yang baik untuk penggunaan dasar atau pendukung monitoring kesehatan.

Namun demikian, terdapat tiga data (No. 13, 14, dan 15) yang menunjukkan eror mendekati 3%, khususnya pada parameter DIA dan PUL. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti ketidakteraturan denyut jantung saat pengukuran, kestabilan sensor tekanan, atau adanya delay saat membaca data sensor. Meski demikian, deviasi masih dalam batas toleransi untuk alat ukur non-medis atau alat prototipe yang belum dikalibrasi secara ketat sesuai standar klinis.

Secara umum, sistem prototipe yang diuji menunjukkan pengukuran yang baik, terutama karena erornya tergolong rendah dan konsisten. Untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut, pengembangan dapat difokuskan pada kalibrasi sistem sensor serta peningkatan algoritma pembacaan dan pemrosesan sinyal tekanan darah, terutama untuk mengurangi eror pada kondisi denyut yang fluktuatif.



**Gambar 14.** Selisih hasil pengukuran nilai diastolik

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran berat badan dan tekanan darah dengan baik dan konsisten. Implementasi *load cell* dengan HX711 terbukti mampu memberikan hasil pengukuran berat dengan ketelitian tinggi, terutama setelah proses kalibrasi yang akurat dilakukan. Demikian juga dengan pembacaan tekanan darah menggunakan metode *oscillometric*. Sistem ini dapat mendeteksi titik sistolik dan diastolik melalui pengolahan sinyal tekanan menggunakan metode penurunan tekanan bertahap.

Adanya konektivitas IoT menambah nilai fungsional dari alat, di mana hasil pengukuran dapat disimpan dan dipantau secara jarak jauh. Hal ini sangat penting untuk

mendukung pelayanan kesehatan modern yang berbasis digital dan terintegrasi. Kelebihan sistem ini adalah dapat digunakan tanpa tenaga medis (*self-service*), memiliki dua fungsi utama dalam satu alat, pengukuran akurat dan konsisten, terhubung ke *cloud* dan bisa digunakan untuk rekam medis digital. Keterbatasan pengukuran hanya bisa dilakukan satu per satu, belum memiliki autentikasi pengguna untuk personalisasi data, sensor tekanan belum dilengkapi fitur validasi denyut secara optik.

## Simpulan

Alat yang dikembangkan berhasil menjawab permasalahan terkait proses pengukuran berat badan dan tekanan darah yang masih dilakukan secara manual dan terpisah. Sistem ini mampu mengintegrasikan kedua jenis pengukuran dalam satu perangkat, sehingga lebih efisien dan praktis digunakan, khususnya pada tahap awal pemeriksaan medis. Dengan adanya fitur otomatisasi dan tampilan hasil secara *real-time*, pengguna tidak lagi perlu mencatat atau memasukkan data secara manual, yang seringkali menjadi sumber kesalahan dalam pencatatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu mengukur berat badan dengan rata-rata eror 1,51% dan tekanan darah dengan rata-rata eror pada nilai sistolik sebesar 1,44%, diastolik sebesar 1,47%, dan *pulse* sebesar 1,77%. Selanjutnya, sistem dapat mengirimkan hasil pengukuran ke layar LCD dan aplikasi secara *real-time* melalui koneksi *Wi-Fi* secara otomatis. Perangkat ini telah diuji pada beberapa subjek dan menunjukkan kinerja yang stabil serta responsif. Dengan adanya perangkat ini, diharapkan proses pemeriksaan kesehatan menjadi lebih cepat dan nyaman, serta membantu tenaga medis dalam mendeteksi kondisi pasien secara lebih akurat dan meminimalisir kesalahan *input* data manual.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, disarankan agar pengembangan selanjutnya difokuskan pada peningkatan akurasi dan fungsionalitas sistem melalui integrasi sensor tambahan seperti sensor detak jantung atau oksigen darah ( $SpO_2$ ) untuk memperoleh data kesehatan yang lebih komprehensif. Selain itu, penerapan algoritma *machine learning* dapat digunakan untuk melakukan kalibrasi otomatis serta adaptasi terhadap variasi pengguna sehingga hasil pengukuran menjadi lebih presisi. Dari sisi desain, perlu dilakukan pengembangan perangkat dengan bentuk yang lebih ergonomis dan sistem keamanan data berbasis enkripsi guna melindungi privasi pengguna. Integrasi dengan basis data *cloud* atau sistem rekam medis elektronik juga direkomendasikan agar hasil pengukuran dapat tersimpan secara otomatis dan diakses oleh tenaga medis secara *real-time*. Terakhir, perlu dilakukan uji klinis dengan jumlah subjek yang lebih besar dan beragam untuk memastikan reliabilitas serta validitas perangkat dalam berbagai kondisi penggunaan di lapangan.

## Daftar Pustaka

- Alamsyah MS, Ikhlaiel M, Setijadi E. 2020. Internet of things-based vital sign monitoring system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 10(6):5891–5898. [doi:10.11591/ijece.v10i6.pp5891-5898](https://doi.org/10.11591/ijece.v10i6.pp5891-5898).
- Antoni M, Rumiati F, Rickie, Heriyanto, Satriabudi MI, William, Sumadikarya IK. 2024. Hubungan indeks massa tubuh dengan tekanan darah mahasiswa FKIK Ukrida angkatan 2023. *Journal Ners*. 8(2): 1330-1334. [doi:10.31004/jn/v8i2.27021](https://doi.org/10.31004/jn/v8i2.27021).
- Caesar MV, Yunidar, Alfisyahrin, Zulhelmi, Meutia ED. 2024. Rancang bangun alat ukur tekanan darah berbasis mikrokontroler ESP-32. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*. 9(3):135-140. [diakses 2025 Feb 12]. <https://jurnal.usk.ac.id/kitektro/article/view/42971/22724>.
- Chen JH, Chen PJ, Kantha P, Tsai YC, Lai DM, Hsu WL. 2024. Examining the influence of the body fat distribution on standing balance and functional performance in overweight female patients with degenerative lumbar disease. *Front Bioeng Biotechnol*. [doi:10.3389/fbioe.2024](https://doi.org/10.3389/fbioe.2024).
- Dewantara D, Sasmoko P. 2015. Alat penghitung berat badan manusia dengan standart body mass index (BMI) menggunakan sensor load cell berbasis arduino mega 2560 R3. *Gema Teknologi*. 18(3):100-104. [doi:10.14710/gt.v18i3.21931](https://doi.org/10.14710/gt.v18i3.21931).
- Erliwati, E. 2023. Rancang bangun alat hitung indeks massa tubuh berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*. 6(3):804-812. [doi:10.31004/jutin.v6i3.17297](https://doi.org/10.31004/jutin.v6i3.17297).
- Erwandha GIS. 2021. Rancang bangun sistem Internet of Things pada timbangan digital dengan kapasitas 100 Kg berbasis ESP32 & Thingsboard IoT platform untuk mengukur massa. [Doctoral dissertation] Universitas Brawijaya. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/184558>.
- Farandy MR., Marno M, Sena B. 2024. Rancang bangun alat ukur digital untuk suhu tubuh, berat badan dan tinggi badan dengan tampilan LCD dan output suara berbasis Arduino Uno. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 6(5):2263-2275. [doi:10.38035/rrj.v6i5](https://doi.org/10.38035/rrj.v6i5).
- Hadis, Mohamad NS, Amirnarullah MN, Jafri MM, Abdullah S. 2020. IoT based patient monitoring system using sensors to detect, analyse and monitor two primary vital signs. *Journal of Physics: Conference Series*. [doi:10.1088/1742-6596/1535/1/012004](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1535/1/012004).
- Hernandez, L., & Park, S. 2022. *Cost-Effectiveness of Automated Blood Pressure Monitoring in Primary Care*. *JAMA Network Open*, 5(11), e2240853.
- Ibrahim N, Tomari R, Zakaria WNW, Othman N. 2017. Non-contact heart rate monitoring analysis from various distances with different face regions. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 7(6):3030–3036. [doi:10.11591/ijece.v7i6.pp3030-3036](https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3030-3036).

- Islamy S, Gusti WR, Zakarijah M. 2023. Penerapan IoT pada prototipe pengukur tekanan darah non-invasif berbasis ESP8266. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 12(3):823-832. doi:10.23887/jstundiksha.v12i3.56356.
- Khasanah DA, Nelissa D, Triandari L, Fauziah E, Ananda D, Sari DP. 2023. Hubungan tekanan darah sistolik dengan berat badan pada lansia di panti jompo kasih bapa. *Equator Physiotherapy*. 1(2):23-27. [diakses 2025 Februari 23]. <https://jurnal.upb.ac.id/index.php/equator/article/view/428>.
- Kim, H., & Lee, J. 2022. *Cuffless Blood Pressure Monitoring Using ESP32 and MAX30102 Sensor*. *Computers*, 13(5), 125.
- Malinti E. 2020. Tekanan darah dan hubungannya dengan indeks massa tubuh dan aktivitas fisik pada wanita dewasa. *Jurnal Ilmiah Keperawatan*. 5(2):178-183. doi:10.33023/jikep.v6i2.578.
- McManus, R. J., Little, P., & Mant, J. 2018. *Home and Online Blood Pressure Monitoring: Individual Patient Data Meta-Analysis*. *PLOS Medicine*, 15(9): e1002389.
- Melyana, Sarotama A. 2019. Implementasi peringatan abnormalitas tanda-tanda vital pada telemedicine workstation. Di dalam: Melyana, editor. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi; Tangerang Selatan, Indonesia*. Pusat Teknologi Elektronika: Prosiding Semnastek. hlm 009; [diakses 2025 Feb 09]. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5236>.
- Nurlette D, Wijaya TK. 2018. Perancangan alat pengukur tinggi dan berat badan ideal berbasis Arduino. *Jurnal Sigma Teknik*. 1(2):172-184. doi:10.33373/sigma.v1i2.1515.
- Pratiwi W, Fuada S, Zanah FW, Restyasari N. 2021. Analisis rangkaian Wheatstone bridge menggunakan simulator circuit wizard, proteus, dan multisim. *Telecommunications, Network, Electronics, and Computer Technologies (TELNECT)*. 1(1):1-3. doi:10.17509/telnect.v1i1.34931.
- Rahman, A., Singh, R., & Patel, D. 2021. *Low-Cost Wireless Body Sensor Network for Blood Pressure and Heart Rate Monitoring*. *Micromachines*, 12(8), 918.
- Rifky MIK. 2023. Pendataan dan penganalisaan berat badan secara otomatis menggunakan load cell. *Exact Papers in Compilation*. 5(4):13-18. [diakses 2025 Februari 23]. <https://ojs.unwaha.ac.id/index.php/epic/article/view/992>.
- Rogers, D., Chen, Y., & Brown, K. 2023. *IoT-Based Remote Health Monitoring System for Efficient Patient Management*. *Journal of Medical Systems*, 47(2), 205–217.
- Safitri FA, Erwanto D, Yuliana DE. 2025. Analisis pengaruh jumlah load cell timbangan jembatan elektronik pada pengujian eksentrisitas sesuai rekomendasi OIML R76. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 13(01). doi:10.23960/jtaf.v12i01.477.

- Samodra TJ, De'airlangga AN, Rejeki HS, Wati ID, Sastaman P. 2022. Perbedaan tekanan darah pada posisi baring, duduk, berdiri setelah fitnes dan satu jam setelah fitnes. *Jendela Olahraga*. 16(7):212-222. doi:10.26877/jo.v7i2.12075.
- Suparman, Supriyanto G, Kumara A. 2024. Rancang bangun timbangan menggunakan sensor load cell dan mikrokontroler berbasis Internet of Things (IoT). *Agricultural Engineering Innovation Journal*. 2(01). doi:10.55180/aei.v2i1.1024.
- Tadon YA, Lapono LAS, Tarigan J. 2021. Rancang bangun alat ukur suhu tubuh, detak jantung, dan tekanan darah pada manusia berbasis Arduino UNO. Di dalam: Lebutokan, editor. *Seminar Nasional Ilmu Fisika dan Terapannya*; Kota Kupang, Indonesia: hlm 57-66; [diakses 2025 Feb 09]. <https://conference.undana.ac.id/index.php/snift/article/view/246>.
- Utomo MF, Sulhatun. 2024. Eksplorasi peran smartwatch Android berbasis IoT dalam bidang kesehatan. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 1(2):15-23. [diakses 2025 Feb 09]. <https://jurnal.komputasi.org/index.php/jst/article/view/23/25>.
- Yualianto A, Yudono DDT. 2020. Analisis perbedaan hasil pengukuran tekanan darah pasien hipertensi pada posisi duduk, berdiri, dan berbaring. *Profesi (Profesional Islam)*. 18(1):15-21. doi:10.26576/profesi.v18i1.33.
- Zadon H, Michnik R, Lipiec KN. 2024. Assessment of musculoskeletal loads among office workers due to predicted BMI increase. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. doi:10.3390/app14198928.
- Zuo SJ, Shen Y, Xie FM, Chen JD, Li YQ, Tang JX. 2020. Recent advances in organic light-emitting iodes: towards smart lighting and displays. *Materials Chemistry Frontiers*. 4(3):788-820. doi:10.1039/C9QM00716D.