

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Peningkatan proporsi obesitas di Indonesia menjadi perhatian serius dalam bidang kesehatan masyarakat. Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, angka penderita obesitas terus merangkak naik dari 10,5% pada tahun 2007, menjadi 14,8% pada tahun 2013, dan mencapai 21,8% pada tahun 2018. Kondisi tersebut sering kali dipicu oleh pola konsumsi makanan tinggi lemak jenuh serta gaya hidup sedentari yang minim aktivitas fisik. Sebagai langkah antisipasi, pemantauan kondisi fisik secara berkala sangat diperlukan guna menekan risiko penyakit penyerta seperti gangguan jantung koroner. Umumnya masyarakat masih banyak yang tidak mengetahui berapa berat badan ideal yang sesuai dengan status gizinya dan hanya menebak-nebak atau mengandalkan penilaian visual hasil pengukuran berat badannya (Salmi, 2023). Aktivitas fisik memiliki peran penting bagi orang dengan obesitas untuk menurunkan berat badan karena aktivitas fisik merupakan komponen utama dari pengeluaran energi non-istirahat yang berkontribusi terhadap penurunan massa lemak tubuh (Ugam, 2021). Sebagai langkah untuk memastikan apakah penurunan massa lemak tersebut telah menghasilkan proporsi tubuh yang ideal, diperlukan parameter tinggi badan sebagai komponen dasar dalam perhitungan status gizi seseorang

Indikator utama yang sering digunakan untuk menilai status gizi dan risiko kesehatan adalah Indeks Massa Tubuh (IMT) serta frekuensi detak jantung istirahat. IMT merupakan suatu pengukuran langsung yang sering digunakan untuk menilai status gizi individu, dihitung dengan membagi berat badan seseorang dalam kilogram dengan kuadrat tinggi badan dalam meter (kg/m^2) (Kaparang *et al.*, 2022). IMT merupakan hasil kalkulasi yang melibatkan variabel berat badan dan tinggi badan, yakni berat badan dibagi dengan tinggi badan yang dikuadratkan, dan dapat digunakan untuk menilai status gizi orang dewasa khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan

kelebihan berat badan (Anggreni *et al.*, 2023). Detak jantung merupakan parameter dasar yang mencerminkan kondisi kesehatan seseorang secara umum, di mana jumlah denyut jantung per menit dapat mencerminkan kondisi fisiologis seseorang dan detak jantung istirahat umumnya digunakan sebagai indikator kesehatan jantung (Handayani & Jayadilaga, 2024). Oleh sebab itu, integrasi pengukuran berat badan, tinggi badan, dan detak jantung menjadi paket parameter yang penting dalam pemantauan kesehatan mandiri.

Permasalahan yang ditemukan di lapangan menunjukkan bahwa alat pengukur tinggi dan berat badan di tempat umum seperti apotek atau pusat kebugaran masih banyak yang bersifat manual dan terpisah. Kondisi ini terjadi karena pada umumnya pengukuran tinggi dan berat badan masih dilakukan secara tersendiri menggunakan alat yang berbeda, sementara alat pengukur yang masih manual perlu ditingkatkan fungsinya seiring dengan kemajuan teknologi di bidang kesehatan (Marga, 2021).

Penelitian yang relevan pertama yaitu berjudul Sistem Pengukuran Indeks Massa Tubuh dan Detak Jantung Berbasis Aplikasi dan Web Cloud yang dilakukan oleh Karyadi (2022). Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah utama, sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan secara non-kontak, load cell dengan HX711 untuk berat badan, dan MAX30102 untuk detak jantung serta saturasi oksigen; data diproses menghitung IMT dengan rumus standar (berat/tinggi^2), denyut nadi via algoritma PPG, lalu dikirim ke Firebase Cloud untuk tampilan *real-time* di aplikasi Android dan web, dengan printer termal untuk struk hasil. Cara kerjanya melibatkan kalibrasi sensor, pembacaan paralel, perhitungan otomatis, dan notifikasi status kesehatan (kurus, normal, obesitas); kesimpulannya, sistem berhasil dengan error rata-rata 0,093%-1,697% untuk pengukuran dan delay struk 1,8 detik, efektif untuk monitoring kesehatan masyarakat secara portable dan terintegrasi IoT. Penggunaan sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi badan memiliki risiko akurasi yang rendah karena kinerjanya sangat dipengaruhi oleh pantulan objek di sekitar serta tekstur permukaan kepala atau rambut pengguna.

Selain itu, sistem ini masih memiliki jeda waktu (*delay*) dalam pencetakan struk hasil pengukuran

Penelitian yang relevan kedua yaitu Rancang Bangun Alat Pengukur Berat Badan dan Denyut Nadi Otomatis Menggunakan Sensor Loadcell dan Oximeter MAX30102 dengan Mikrokontroler ESP8266 Berbasis IoT yang dilakukan oleh Sinaga & Ginting (2024). Penelitian tersebut menggunakan ESP8266 NodeMCU (kompatibel Arduino IDE), load cell dengan HX711 untuk berat badan, dan sensor oximeter MAX30102 untuk denyut nadi serta SpO₂; data ditampilkan di OLED dan dikirim via WiFi ke platform IoT Blynk untuk monitoring jarak jauh. Cara kerjanya meliputi kalibrasi sensor, pembacaan denyut via fotoplethysmografi (PPG) dari jari pengguna, perhitungan IMT otomatis dari berat, dan notifikasi abnormal; kesimpulannya, sistem efektif dengan akurasi tinggi untuk deteksi dini risiko obesitas dan gangguan jantung, mendukung integrasi berat-denyut nadi dalam satu perangkat portable. Perangkat yang dikembangkan belum mengintegrasikan pengukur tinggi badan secara otomatis ke dalam sistem, sehingga perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) tidak dapat dilakukan secara mandiri oleh alat tanpa input manual variabel tinggi badan.

Penelitian yang relevan ketiga yaitu Pembuatan Alat Pengukur Indeks Massa Tubuh (IMT) Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Anwari (2023). Alat ini menggunakan Arduino Uno R3, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk tinggi badan, load cell 5 kg dengan HX711 untuk berat, dan LCD 20x4 untuk tampilan hasil IMT serta kategori (kurus, normal, gemuk, obesitas). Cara kerjanya melibatkan trigger ultrasonik untuk jarak, konversi berat analog-digital, perhitungan IMT via rumus BMI, dan klasifikasi berdasarkan standar Kemenkes; kesimpulannya, alat akurat dan murah untuk skrining obesitas di tingkat komunitas, dengan hasil langsung dibaca tanpa koneksi eksternal. Sensor beban (load cell) yang digunakan hanya memiliki kapasitas 5 kg, sehingga alat tersebut tidak dapat digunakan untuk mengukur berat badan orang dewasa secara umum. Di samping itu, penelitian tersebut hanya berfokus pada IMT tanpa menyertakan parameter detak jantung sebagai indikator kesehatan tambahan.

Penelitian yang relevan keempat yaitu Karakterisasi Sensor MAX30102 Sebagai Alat Ukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Berbasis Photoplethysmograph yang dilakukan oleh Muthmainah, dkk (2022). Alat ini berbasis Arduino Uno, sensor MAX30102 untuk detak jantung dan suhu (via PPG dan inframerah), serta LCD untuk display hasil. Cara kerjanya mencakup penempelan jari telunjuk ke sensor, pembacaan denyut (76,4-110,4 bpm) dan suhu (36,32-36,53°C) pada 8 naracoba dengan usia variatif, pemrosesan data real-time, dan perbandingan dengan alat standar; kesimpulannya, akurasi detak jantung 97% (vs *pulse oximeter*, std dev 1,19) dan suhu 99% (vs termometer, std dev 0,07), membuktikan MAX30102 andal untuk monitoring vital signs berbasis Arduino. Fokus utama penelitian hanya terbatas pada karakterisasi satu jenis sensor (MAX30102) untuk detak jantung dan suhu, sehingga belum diimplementasikan menjadi sebuah sistem pemantauan kesehatan yang komprehensif untuk menentukan status gizi.

Penelitian yang relevan kelima yaitu Sistem Pemantauan Kesehatan Berbasis Sensor dan Arduino Uno Wearable Aidah, dkk (2025). Alat ini merupakan perangkat *wearable* berbasis Arduino Uno, dilengkapi pulse sensor untuk detak jantung *real-time*, sensor gerak MPU6050 untuk orientasi/akselerasi tubuh (mendukung aktivitas fisik terkait obesitas), layar OLED untuk tampilan data, dan LED sebagai indikator visual, ditenagai baterai 3.7V dengan modul TP4056 untuk portabilitas. Cara kerjanya melibatkan perakitan rangkaian dengan kabel jumper/resistor, pemrograman mikrokontroler untuk pembacaan simultan denyut jantung dan gerak, pengolahan data *real-time*, serta testing performa untuk monitoring kesehatan harian; kesimpulannya, sistem berhasil sebagai *wearable* portabel untuk skrining sederhana dan informasi awal aktivitas fisik, dengan hasil awal menunjukkan akurasi tinggi dalam kondisi nyata, ideal untuk integrasi dengan pengukur IMT guna pencegahan obesitas. Meskipun unggul dalam aspek portabilitas sebagai perangkat *wearable*, sistem tersebut tidak memiliki mekanisme untuk mengukur berat dan tinggi

badan secara fisik, sehingga tidak dapat digunakan untuk skrining obesitas berdasarkan kriteria IMT.

Sistem yang akan dikembangkan menggunakan sensor VL53L0X untuk pengukuran tinggi badan karena sensor tersebut menggunakan pulsa laser inframerah yang memberikan hasil lebih akurat dibandingkan sensor ultrasonik konvensional. Untuk pengukuran berat badan, digunakan load cell yang dipadukan dengan modul HX711 guna memastikan konversi sinyal analog ke digital memiliki tingkat gangguan (*noise*) yang rendah. Selain itu, sensor MAX30102 dipilih untuk membaca nilai detak jantung karena mampu membaca sinyal optik dari aliran darah secara *real-time*. Integrasi ketiga sensor ini diatur oleh mikrokontroler Arduino untuk memastikan proses pengambilan data berjalan sinkron dan cepat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka dirancanglah sebuah alat pengukur Indeks Massa Tubuh dan kondisi detak jantung pada tubuh manusia menggunakan mikrokontroler Arduino. Perangkat yang dikembangkan dalam penelitian ini diposisikan sebagai alat bantu awal atau instrumen skrining awal sederhana guna memudahkan masyarakat untuk mengetahui informasi awal kondisi fisik secara mandiri. Hasil pengukuran yang ditampilkan pada LCD dimaksudkan sebagai informasi awal mengenai mengenai tinggi badan, berat badan, IMT, dan nilai detak jantung dan bukan merupakan sebuah diagnosis medis final. Melalui sistem yang dikembangkan, pengguna dapat memperoleh informasi awal berupa tinggi badan, berat badan, IMT, dan detak jantung secara lebih praktis.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka diidentifikasi masalah sebagai berikut:

1. Belum optimalnya integrasi pengukuran Indeks Massa Tubuh (IMT) dan detak jantung sebagai informasi awal kondisi fisik pengguna.
2. Potensi kesalahan pembacaan atau *human error* pada penggunaan alat ukur manual yang dapat mengakibatkan ketidakakuratan data perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT).

3. Belum tersedianya alat terintegrasi yang dapat mengukur berat badan, tinggi badan, menghitung IMT, serta membaca nilai detak jantung dalam satu sistem otomatis dan terintegrasi.
4. Perlunya pengujian dan perbandingan performa sensor VL53L0X, load cell, dan MAX30102 terhadap alat ukur referensi, yaitu meteran, timbangan, dan pulse *oximeter* untuk mengetahui tingkat akurasi dan nilai *error* absolut dari masing-masing sensor sehingga kelayakan alat dapat divalidasi secara empiris.
5. Kurangnya alat bantu informasi awal berbasis teknologi yang mudah digunakan masyarakat umum untuk memberikan informasi awal fisik manusia berupa tinggi badan, berat badan, dan detak jantung.
6. Kebutuhan akan alat bantu informasi awal yang sederhana, otomatis, dan terukur akurasinya untuk memberikan gambaran informasi kondisi fisik awal secara *real-time* sebelum melakukan konsultasi medis lebih lanjut.

1.3 Pembatasan Masalah

Batasan masalah rancang bangun alat pengukur Indeks Massa Tubuh dan kondisi detak jantung pada tubuh manusia menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai berikut:

1. Parameter yang diukur meliputi berat badan menggunakan load cell dan modul HX711 dalam satuan kilogram (kg), tinggi badan menggunakan sensor VL53L0X dalam satuan sentimeter (cm) yang kemudian akan dikonversi ke meter (m), detak jantung menggunakan sensor MAX30102 dalam satuan *beats per minute* (bpm), serta kalkulasi otomatis Indeks Massa Tubuh (IMT) untuk menentukan kategori status gizi pengguna.
2. Fungsi perangkat dibatasi hanya sebagai instrumen skrining sederhana atau penyedia informasi awal mengenai kondisi fisik pengguna.
3. Objek penelitian adalah tubuh manusia dalam kategori dewasa dengan posisi pengukuran dilakukan saat pengguna dalam kondisi berdiri tegak di atas perangkat.

4. Rentang pengukuran tinggi badan dibatasi hingga maksimal 200 cm menggunakan sensor VL53L0X.
5. Rentang pengukuran detak jantung dibatasi pada pembacaan sensor MAX30102 dalam rentang nilai 50 hingga 180 bpm.
6. Tingkat pengembangan alat dalam penelitian ini adalah berupa prototipe skala laboratorium untuk membuktikan fungsionalitas sistem, sehingga belum ditujukan untuk diproduksi secara massal atau dipasarkan secara komersial.
7. Validasi akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan prototipe terhadap alat ukur standar, yaitu timbangan berat badan digital, pengukur tinggi badan manual (meteran), dan *pulse oximeter* yang telah terkalibrasi.
8. Batasan keluaran (*output*) sistem hanya berupa tampilan informasi pada layar LCD yang meliputi nilai berat badan, tinggi badan, nilai bpm yang dikategorikan normal dan abnormal, angka IMT yang dikategorikan kurus, normal, gemuk, dan obesitas.
9. Subjek pengujian adalah pengguna dewasa usia 17 sampai 60 tahun yang dapat berdiri tegak tanpa bantuan.
10. Alat tidak digunakan untuk diagnosis medis, tidak menggantikan tenaga kesehatan, dan hanya prototipe laboratorium.

1.4 Perumusan Masalah

Dengan mengacu pada latar belakang masalah dan identifikasi masalah di atas maka disusun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah Bagaimana mengembangkan rancang bangun alat pengukur Indeks Massa Tubuh dan kondisi detak jantung pada tubuh manusia menggunakan mikrokontroler Arduino?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun prototipe alat pengukur Indeks Massa Tubuh (IMT) serta kategori detak jantung berdasarkan nilai bpm pada

tubuh manusia yang terintegrasi menggunakan mikrokontroler Arduino, bukan menentukan kondisi kesehatan.

2. Menguji tingkat akurasi dan fungsionalitas sensor load cell, sensor VL53L0X, dan sensor MAX30102 pada perangkat prototipe yang dikembangkan.
3. Memvalidasi hasil pengukuran alat dengan melakukan perbandingan data terhadap alat ukur standar yang meliputi timbangan berat badan, pengukur tinggi badan manual (meteran), serta *pulse oximeter*.
4. Menghasilkan instrumen skrining sederhana yang mampu memberikan informasi awal berupa tinggi badan, berat badan, IMT, dan kategori detak jantung berdasarkan nilai bpm.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian rancang bangun alat pengukur Indeks Massa Tubuh dan kondisi detak jantung pada tubuh manusia menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai berikut:

1. Memberikan referensi integrasi sensor load cell, HX711, VL53L0X, MAX30102, Arduino Uno dan LCD serta analisis *error* alat ukur.
2. Mengoptimalkan efisiensi waktu dan prosedur dalam proses pengukuran antropometri serta detak jantung melalui sistem integrasi otomatis yang mampu meminimalisir kompleksitas pengukuran manual.
3. Menjadi referensi ilmiah serta dasar pengembangan lebih lanjut dalam penerapan teknologi mikrokontroler dan sensor digital untuk pengembangan alat ukur berbasis mikrokontroler dan sensor digital.
4. Menjadi referensi untuk prodi terkait penerapan load cell, HX711, VL53L0X, MAX30102, Arduino Uno, LCD, dan analisis *error* alat ukur.