

PERANCANGAN ALAT ESTIMASI INDEKS MASSA TUBUH UNTUK PENGGUNA BERKEBUTUHAN KHUSUS

Kholid Mawardi^{1*)}, Munawar Agus Riyadi² dan Yuli Christyono³

¹²³Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

^{*)E-mail: kholidmawardi212@gmail.com}

Abstrak

Indeks Massa Tubuh (IMT) dapat diperoleh dari hasil pembagian berat badan dalam kg dengan tinggi badan di kuadratkan dalam cm. Dalam kondisi tertentu pengukuran. *World Health Organization* (WHO) menyarankan pada kondisi khusus pengukuran tinggi badan untuk perhitungan IMT dapat dilakukan dengan estimasi tinggi badan berdasarkan tinggi lutut. Perancangan alat Estimasi IMT dibuat guna mengatasi masalah pada kondisi khusus tersebut. Alat estimasi IMT terdiri dari 3 komponen utama yaitu komponen pengukur tinggi badan, komponen pengukur berat badan, dan box interface. Alat estimasi IMT memanfaatkan sensor jarak ultrasonic HC-SR04 untuk mengukur tinggi lutut kemudian hasil dari pengukuran digunakan untuk estimasi tinggi badan dengan persamaan Fatmah. Untuk pengukuran berat badan menggunakan sensor berat load cell. Box interface digunakan untuk berinteraksi dengan pengguna, melakukan pengukuran dan menampilkan hasil pengukuran dalam box interface terdapat mikrokontroler arduino UNO untuk mengatur dan memproses data. Dari pengujian waktu yang diperlukan alat untuk kalibrasi yaitu kurang dari 10 detik. Nilai galat rata-rata antara real dengan pengukuran dengan alat Estimasi IMT untuk pengukuran tinggi badan sebesar 1,61 % dan nilai galat rata-rata dari pengukuran berat badan sebesar 0,65 %.

Kata kunci: Perancangan Alat Estimasi IMT, pengukuran tinggi badan, pengukuran berat badan, Aduino UNO

Abstract

Body Mass Index (BMI) can be obtained by dividing the weight in kg by the square of the height in cm. The World Health Organization (WHO) recommend in these special conditions, the measurement of height for calculating BMI can be done by estimating height based on knee height. The design of the BMI Estimation Tool was made to overcome problems in these special conditions. The BMI estimation tool consists of three main components: the height measuring component, the weight measuring component, and the box interface. The BMI estimation tool utilizes the HC-SR04 ultrasonic sensor to measure knee height, then uses that measurement to estimate body height with the FATMAH value. for weight measurement using a load cell weight sensor. The interface box is used to interact with the user, take measurements, and display measurement results. In the interface box, there is an Arduino UNO microcontroller to manage and process data. Based on testing, the time required for calibration of the tool is less than 10 seconds. The average value of error between real and measured values with the BMI Estimation Tool for measuring height is 1.61%, and the average value of error for measuring body weight is 0.65%.

Keywords: BMI Estimation Tool Design, Height Measurement, Weight Measurement, Aduino UNO

1. Pendahuluan

Dalam penerapannya alat ukur Indeks Massa Tubuh (IMT) untuk memperoleh tinggi badan biasanya terlebih dahulu melakukan pengukuran berat badan dan tinggi badan, untuk memperoleh tinggi badan pada umumnya mengukur objek berdiri sehingga pada kondisi tertentu akan mengalami beberapa masalah, misalnya kondisi seperti lansia yang tulang badannya yang sudah membungkuk, kondisi saat mengalami kelainan pada tulang belakang, atau pada keadaan tidak dapat berdiri. Dengan adanya

kondisi-kondisi diatas World Health Organization (WHO) memberikan solusi dengan menggunakan tinggi lutut sebagai parameter untuk melakukan estimasi tinggi pada badan dengan adanya kondisi-kondisi khusus tersebut[1]. Tinggi lutut yang oleh WHO direkomendasikan sebagai estimasi tinggi badan dengan pertimbangan panjang tulang kaki pada manusia tidak terpengaruh pada kondisi tertentu khususnya penuwaan yang di alami pada lansia[2].

Sensor gelombang ultrasonic HC-SR04 tergolong gelombang suara yang memiliki frekuensi 20 kHz dimana

frekuensi ini tidak dapat didengar oleh manusia. Di alam ini ada beberapa hewan yang memanfaatkan gelombang ultrasonic seperti ikan paus dan ikan lumba-lumba yang menggunakan gelombang ultrasonic untuk komunikasi, dan kelelawar memanfaatkannya untuk melakukan navigasi. Seperti yang telah di ketahui suara ultrasonic dapat merambat melalui beberapa medium seperti cair, medium padat, dan bisa juga pada medium gas, gelombang ultrasonic juga dapat dipantulkan di beberapa media yaitu pada permukaan cair dan benda padat[3].

Load cell didalam bidang elektronik biasanya digunakan untuk sensor berat dengan memanfaatkan tekanan yang dialami oleh load cell kemudian di ubah menjadi besaran listrik. Sensor load cell didalamnya terdapat strain gauge yang merupakan komponen elektronika yang biasanya dipakai untuk mengukur tekanan. Nilai dari strain gauge yang telah dikonfigurasi menjadi rangkaian jembatan wheatstone. Jembatan wheatstone terdiri dari empat buah resistor yang dirangkai seri dan paralel.

Dalam perancangan alat untuk makalah kali ini, dirancang beberapa komponen perangkat keras dan pemrograman yang digunakan untuk alat estimasi indeks masa tubuh dengan mengukur berat badan menggunakan sensor berat atau load cell dan pengukuran tinggi badan diperoleh berdasarkan pengukuran tinggi lutut dengan persamaan Fatmah untuk memperoleh tinggi badan dan dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengukur jarak dan Arduino Uno sebagai kontroler. Hasil pengukuran yang didapat akan dikirim ke database menggunakan kabel USB serial.

2. Dasar Teori

2.1 Indeks Massa Tubuh

Indeks Massa Tubuh atau bisa kita sebut dengan IMT merupakan salah satu ukuran yang biasanya pada dunia kedokteran digunakan untuk mengetahui kategori berat badan pada seseorang yang didapatkan dari nilai perbandingan antara berat badan dan tinggi badan. Adapun langkah – langkah untuk melakukan IMT yaitu dengan cara kita membagi berat badan (dengan satuan kilogram) dengan tinggi badan objek (dengan satuan meter kuadrat). Seperti diperlihatkan pada persamaan (1).

$$IMT = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{\{\text{Tinggi Badan}\}^2 (m^2)} \quad (1)$$

Dalam menggolongkan IMT menurut WHO (World Health Organization), Nilai IMT di wilayah Asia, salah satunya Indonesia, untuk pengelompokan IMT yaitu dapat dilihat sebagai berikut:

1. Badan dikatakan Obesitas apabila nilai dari IMT lebih dari atau sama dengan 25
2. Memiliki berat badan yang berlebih jika nilai IMT nya antara 23-24,9
3. Memiliki badan normal atau ideal apabila nilai dari

IMT antara 18,5-22,9

4. Memiliki badan yang dibawah normal apabila IMT di bawah 18,5

2.2 Konsep yang Umum dari Alat Ukur

Alat ukur dibuat untuk melakukan pengukuran dengan Berikut merupakan konsep yang umum pada alat ukur biasanya dapat digambarkan dengan dua kategori utama. Adapun kategori yang pertama yaitu operasi serta daya guna yang ditinjau berdasarkan unsur dari kegunaan dari suatu sistem indera alat ukur. Kemudian yang kedua dilihat berdasarkan karakteristik dari alat ukur yang statis dan dinamis. Unsur fungsional indera dari alat ukur atau sistem dari pengukuran biasanya mencakup unsur primer, unsur pengkonversi atau perubah, unsur dari pengubah pengiriman data akan ditanggapi indera manusia.[4].

2.3 Karakteristik Kerja Alat Ukur

Suatu alat ukur tentunya harus memenuhi beberapa karakteristik yang biasanya dimiliki oleh alat ukur berikut beberapa karakteristik dari suatu alat ukur yaitu [5]:

- a. Ketelitian suatu alat ukur biasanya memiliki ketelitian yang berbeda-beda disesuaikan dengan jenis dan fungsinya. Semakin tinggi ketelitiannya maka semakin bagus alat ukur tersebut. Ketelitian suatu alat ukur diukur dari kesesuaian alat ukur saat melakukan pengamatan dengan aslinya. Jika nilainya mendekati sama dengan beberapa kali saat pengukuran maka ketelitian alat tersebut tinggi.
- b. Ketepatan dari alat ukur ketepatan suatu alat ukur dilihat dari hasil pengukuran dan nilai sebenarnya. Jika nilai dari selisih dari pengukuran dan aslinya semakin kecil maka semakin bagus kualitas alat ukur tersebut. Biasanya untuk mendapatkan hasil ukur dan aslinya mendekati sama maka diperlukannya kalibrasi secara berkala agar nilai ketepatan dari alat sesuai dengan yang dikehendaki..
- c. Kalibrasi alat ukur alat ukur perlu dilakukan kalibrasi secara berkala agar memiliki nilai ketepatan yang sesuai dengan yang diharapkan agar selisih nilai dari pengukuran dan nilai dari aslinya tidak jauh berbeda. Dikarenakan nilai dari suatu alat ukur dapat berubah dari sewaktu-waktu dalam kondisi-kondisi tertentu. nilai kalibrasi sendiri adalah nilai awal dari saat pengukuran dan ditetapkan sebagai titik nol.
- d. Karakteristik statis pada alat ukur karakteristik statis pada alat ukur adalah sebagai kriteria dari daya guna pada alat ukur yang dapat menunjukkan kualitas dari suatu pengukuran dengan mengabaikan adanya perubahan suatu nilai yang melibatkan suatu persamaan diferensial.
- e. Jangkauan dari alat ukur, jangkauan dari suatu alat ukur yaitu beberapa kondisi atau batasan yang dimiliki oleh

alat ukur dalam melakukan pengukuran biasanya memiliki rentang minimum dan maksimum ataupun nilai lainnya seperti bentuk ataupun beberapa hal yang tidak bisa dilakukan oleh alat ukur sebagai syarat pengukuran.

- f. Kepekaan alat ukur, kepekaan suatu alat ukur yaitu apabila nilai perubahan dari perubahan terkecil yang mampu diukur serta mampu memberikan suatu tanggapan.

2.4 Persamaan Fatmah

Pada tahun 2006, Fatmah melakukan penelitian pada lansia etns Jawa di 6 lokasi terpilih [6]. Persamaan Fatmah adalah persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung estimasi tinggi badan seseorang berdasarkan tinggi lututnya. Pengukuran tinggi lutut dilakukan dengan cara pergelangan kaki dan lutut membentuk sudut 90° [7]. Kemudian tinggi lutut dapat diketahui nilainya, untuk kemudian dapat dicari nilai tinggi badan dengan memasukkan ke persamaan. Dalam melakukan perhitungan tinggi badan dengan persamaan fatmah diperlukan data jenis kelamin. Berikut ini merupakan persamaan fatmah yang ditunjukkan pada rumus persamaan (2) untuk perhitungan tinggi badan pria dan rumus persamaan (3) untuk perhitungan tinggi badan wanita [8].

$$hpria = 56,343 + 2,102 * hlutut \quad (2)$$

$$hwanita = 62,682 + 2,175 * hlutut \quad (3)$$

Keterangan :

hpria = tinggi badan pria dalam cm

hwanita = tinggi badan wanita dalam cm

hlutut = tinggi lutut dalam cm

2.5 Arduino UNO

Menurut Massimo Banzi, salah satu pendiri atau pembuat arduino, Arduino merupakan sebuah platform hardware open source yang mempunyai input/output (I/O) yang sederhana [9]. Board Arduino Uno merupakan perangkat yang terdiri dari rangkaian komponen-komponen elektronik yang mempunyai program yang bersifat open source dengan komponen utama yaitu mikrokontroler Atmega328. Mikrokontroler pada Arduino berjenis AVR keluaran dari perusahaan Atmel. Pin pada arduino terdiri dari 14 pin digital output/input adapun 6 pin sebagai output PWM, 6 pinnya sebagai pin analog dengan 16 mega Hz osilator kristal, pada board arduino terdapat tombol untuk reset yang berfungsi untuk mereset, tersedia pula port untuk USB Type B, port ini berfungsi untuk komunikasi serial dengan komputer ataupun laptop dalam mengirimkan data ataupun untuk mengupload data selain itu port USB juga dapat memberikan daya pada arduino padasaat dihubungkan ke komputer ataupun laptop, selain port USB untuk memberi catu daya pada arduino juga

terdapat port untuk catu daya, port ini digunakan untuk memberikan kepada arduino agar board arduino dapat menyala ataupun dapat beroperasi gambar board Arduino dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Board Arduino Uno

Untuk menghubungkan arduino uno ke komputer, laptop ataupun PC diperlukan kabel USB type B 2.0 kebel USB ini diperlukan untuk menjembatani komunikasi antara arduino uno dan komputer untuk mengirim data baik dari arduino ke komputer ataupun dari komputer ke arduino. Selain untuk arduino uno USB type B biasanya juga dipakai untuk menghubungkan printer ke komputer untuk mencetak. Gambar kabel USB type B dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kabel USB Board Arduino Uno

2.6 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek dari sensor menggunakan pantulan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20kHz. Sensor ini terbagi menjadi 2 bagian utama yaitu transmitter dan receiver. Transmitter berfungsi untuk memancarkan gelombang dan pantulan gelombang akan diterima oleh receiver. Jangkauan pengukuran dari sensor ini sejauh 2cm hingga 400cm dengan akurasi 3mm. Sensor ultrasonik ini memiliki 4 pin yaitu [10]:

- Pin VCC sebagai input tegangan.
- Pin GND sebagai ground.
- Pin Trigger sebagai pengirim sinyal.
- Pin Echo sebagai penerima sinyal.

Jarak antara sensor dan objek yang memantulkan kembali gelombang suara ultrasonik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4).

$$s = \frac{v.t}{2} \quad (4)$$

Dalam hal ini s merupakan jarak benda, v merupakan kecepatan gelombang suara yaitu 344m/detik dan t merupakan waktu tempuh dari sinyal ultrasonik dipancarkan transmitter hingga sinyal diterima oleh receiver.

Agar sensor ini dapat bekerja, pin Trigger perlu diberi tegangan positif, lalu sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik berfrekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal yang dipantulkan akan diterima pada pin Echo. Pengukuran jarak benda dilakukan dengan menghitung perbandingan atau selisih waktu dari pengiriman dan penerimaan, seperti yang dinyatakan pada persamaan 4.

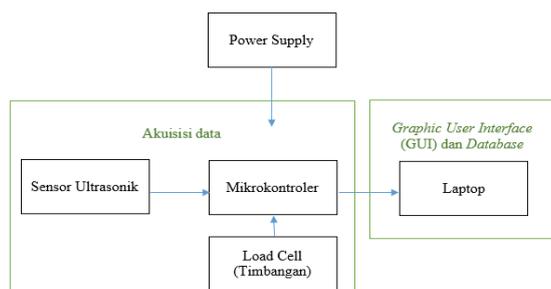
2.7 Load Cell

Sensor load cell adalah jenis sensor beban yang banyak digunakan untuk mengubah beban atau gaya menjadi perubahan tegangan listrik. Perubahan tegangan listrik tergantung dari tekanan yang berasal dari pembebanan. Pada sensor load cell terdapat strain gauge yaitu komponen elektronika yang digunakan untuk mengukur tekanan. Strain gauge dikonfigurasi menjadi rangkaian jembatan wheatstone. Jembatan wheatstone terdiri dari empat buah resistor yang dirangkai seri dan paralel.

Rangkaian Jembatan Wheatstone adalah rangkaian yang digunakan untuk menyederhanakan susunan hambatan yang semula tidak dapat disederhanakan secara seri paralel menjadi dapat disederhanakan secara seri-paralel. Satu rangkaian hambatan dapat dihitung dengan prinsip jembatan Wheatstone jika hasil dua kali hambatan saling berhadapan sama besar.

3. Perancangan Alat

Pada perancangan Alat Estimasi Indeks Massa Tubuh (IMT) pada dasarnya terdiri dari tiga blok komponen utama, yang pertama yaitu sensor untuk akuisisi tinggi badan dan berat badan yang kedua adalah mikrokontroler dan yang ke tiga yaitu aplikasi software untuk GUI dan Database. Pada bab tiga ini hanya membahas tentang perancangan perangkat keras untuk akuisisi data dan program pada mikrokontroler pada Arduino. Berikut diagram blok perancangan Alat Estimasi IMT pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram blok alat estimasi IMT

Sebelum melakukan perancangan alat estimasi IMT ada beberapa komponen dan bahan yang harus dipersiapkan .

3.1 Alat dan Bahan

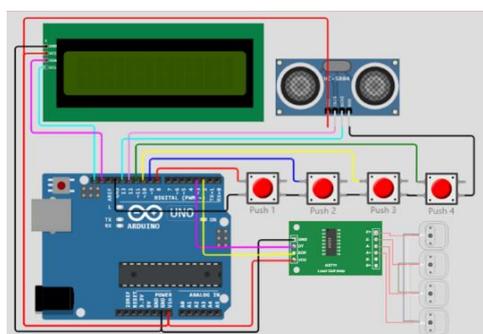
1. Arduino UNO didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh berfungsi untuk mengatur dan memproses data sehingga alat dapat membaca nilai sensor kemudian dapat diproses menjadi data yang di inginkan.
2. LCD 16x2(Liquid Crystal Display) didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk antar muka pengguna dengan alat ukur estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk menampilkan menu dan hasil dari perhitungan
3. Modul I2C, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk memberikan lebih banyak pin di arduino dalam menghubungkan arduino dengan LCD yang biasanya didalam pemasangan LCD membutuhkan 6 pin dengan modul I2C cukup dengan 2 pin saja ditambah 1 ground dengan ini membuat rangkaian lebih mudah dan efisien.
4. Load Cell atau sensor berat, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk memberikan data input untuk diolah menjadi data berat badan. Load Cell yang digunakan ada empat buah.
5. Modul Amplifier HX 711, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk menghubungkan load cell dan arduino hasil pengukuran yang di kirimkan oleh load cell kemudian dikuatkan dan diolah lalu dikirimkan ke arduino untuk di proses dan di konversi.
6. Sensor Ultrasonic HC-SR04, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk membaca dan menghasilkan data jarak yang dikirimkan ke arduino untuk di proses menjadi data tinggi badan
7. Keypad 4x1, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk antarmuka antara alat dan pengguna. Keypad digunakan untuk menginputkan nilai untuk menjalankan alat.
8. Tripod, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk meletakkan sensor Ultrasonic HC-SR04, tripod yang digunakan pada perancangan yaitu tripod 3110 dengan baras teinggian 1 meter.
9. Kabel Jumper, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk menghubungkan antar komponen elektronika. Dimana dalam perancangan alat estimasi merupakan komponen tidak kalah penting tanpa kabel jumper kompoten tidak dapat terhubung antara satu dengan yang lainnya.
10. Aplikasi Arduino IDE, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk

melakukan listing program pada arduino. Aplikasi arduino IDE sangat dibutuhkan untuk merancang, menulis, dan mengedit pemrograman pada board Arduino yang ingin diprogram.

11. Kursi, didalam perancangan alat estimasi indeks massa tubuh digunakan untuk tempat duduk objek yang akan diukur dalam hal ini manusia yang akan di ukur indeks massa tubuhnya. Kursi yang di gunakan tifak boleh melebihi ukuran dudukan untuk timbangan yang telah dibuat.

3.2 Perancangan Alat dan Diagram Alir

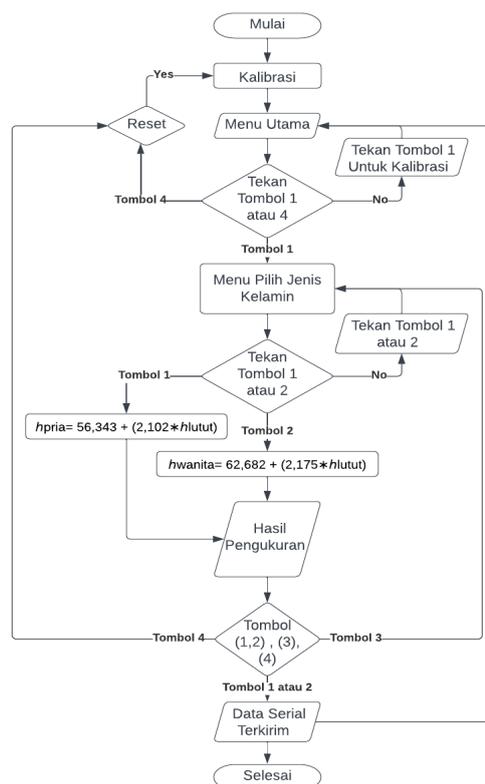
Dalam perancangan Alat Estimasi IMT memiliki tiga komponen perangkat keras utama yaitu : Perangkat pengukur tinggi badan, perangkat pengukur berat badan dan Box Interface . Rangkaian alat estimasi indeks massa tubuh ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian alat estimasi BMI berdasarkan tinggi lutut

Gambar 4 menunjukkan rangkaian alat estimasi indeks massa tubuh dengan merangkai load cell dengan rangkaian jembatan Wheatstone kemudian hubungkan dengan modul HX 711 lalu hubungkan pin 2 dan 3 pada Arduino dengan pin DT dan SCK, hubungkan pin vcc HX 711 ke vcc arduino, sambungkan pin GND pada HX 711 ke ground, pin 8 hingga 11 pada Arduino hubungkan dengan keypad 4x1 dan digroundkan, kemudian pin 12 hingga 13 pada Arduino dengan sensor ultrasonik HC-SR04 pin 12 ke pin trig pada sensor ultrasonik HC-SR04 dan pin 13 arduino ke pin echo pada sensor ultrasonik HC-SR04. Hubungkan LCD dengan modul I2C kemudian hubungkan modul I2C dengan Arduino. Arduino juga akan dihubungkan pada komputer menggunakan kabel USB Type B serial sebagai komunikasi data dan sumber daya untuk mengaktifkan alat.

Diagram alir dari alat estimasi tinggi badan berdasarkan tinggi lutut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir akuisisi data alat

Dari flowchart diatas meunjukkan alur kinerja dari Alat Estimasi IMT yang dirancang mulai dari saat dihidupkan sampai dengan mengirim data serial.

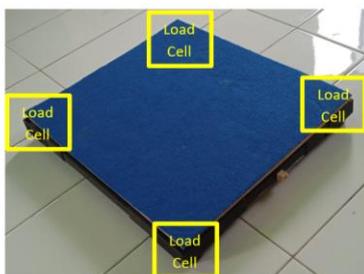
3.3 Perancangan Alat Pengukur Tinggi dan Berat Badan

Alat estimasi tinggi badan berdasarkan tinggi lutut menggunakan tripod sebagai penyangga dan lengan untuk menempatkan sensor ultrasonik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



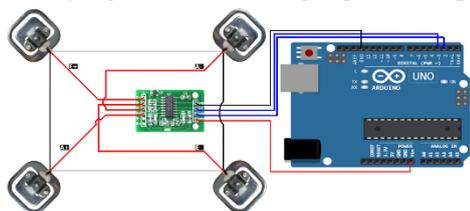
Gambar 6 Perangkat Pengukur Tinggi Badan

Timbangan untuk mengukur berat badan menggunakan material logam, kayu dan kain untuk membuat timbangan agar tidak licin saat di beri kursi. dimensi dari alat pengukur berat badan yaitu memiliki panjang 44 cm, lebar 50 cm dan tinggi 6,6 cm adapun gambar dari perangkat untuk pengukur berat badan dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7 Perangkat Pengukur Berat Badan

Dalam alat tersebut didalamnya terdapat sensor berat load cell di masing-masing sudutnya masing-masing load cell memiliki kapasitas beban maksimal 50 kg sehingga dari alat tersebut dapat mengukur beban maksimal 200 kg. Adapun gambar untuk rangkaian pada alat pengukur berat badan yang hendak dirancang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Rangkaian pengukur berat badan

3.4 Perancangan Box untuk Interface dan Listing Program

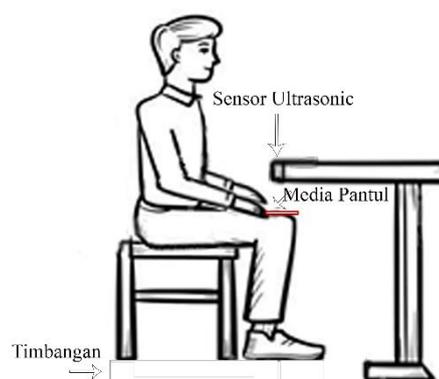
Box interface dibuat dengan pengguna menggunakan material plastic untuk melindungi komponen arduino dan komponen yang lain agar rapi serta agar tidak mudah rusak.Box Antarmuka dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Box Antarmuka dengan pengguna

Pada perancangan alat estimasi IMT menggunakan aplikasi arduino IDE (Integrated Development Environment) untuk menulis program yang akan dijalankan oleh sistem. Tampilan menu pada LCD terbagi menjadi 3 bagian yaitu menu kalibrasi, menu jenis kelamin serta menu tinggi badan dan berat badan . Ketika Arduino pertama kali dinyalakan, LCD akan menampilkan menu kalibrasi dan dapat mengganti tampilan ke menu selanjutnya yaitu menu jenis kelamin dengan menggunakan push button 1. Pada menu jenis kelamin push button 1 untuk memilih jenis kelamin laki-laki dan push button 2 untuk memilih jenis kelamin perempuan. Adapun untuk listing program perancangan alat. *Perancangan Prosedur Operasi Alat* Alat ukur tinggi badan berdasarkan tinggi lutut dirancang dengan standar spesifik untuk mendapatkan hasil pengukuran yang tepat. Proses pengukuran dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Letakkan alat pada lantai yang rata kemudian hubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB Type B serial sebagai sumber daya untuk alat dan komunikasi dengan database.
2. Ukur ketinggian
3. Ukur ketinggian sensor ultrasonic dengan meteran
4. Saat LCD pada box interface menyala dan nilai dari kalibrasi sesuai dengan pengukuran menggunakan meteran maka tekan tombol 1
5. Jika nilai kalibrasi pada LCD tidak sesuai maka tekan tombol 4 untuk mereset hingga nilai dari kalibrasi sesuai.
6. Pengukuran tinggi lutut dilakukan dengan subjek dalam posisi duduk di kursi, dengan lutut tegak lurus terhadap timbangan, telapak kaki menyentuh timbangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan sensor ultrasonik berada tepat diatas lutut subjek untuk pengukuran lebih akurat letakkan media berupa kertas atau kain yang datar untuk media pemantulan sinyal ultrasonik



Gambar 10 Posisi duduk subjek saat melakukan proses pengukuran

7. Pada menu jenis kelamin tekan tombol 1 untuk memilih jenis kelamin laki-laki dan tombol 2 untuk memilih perempuan.

8. Saat hasil pembacaan pada LCD sudah stabil, lakukan pengiriman data ke *database* dengan menekan tombol 1 atau 2 pada alat.
9. Untuk kembali ke menu jenis kelamin pada saat pengukuran tekan tombol 3 dan tombol 4 untuk mereset atau ke menu utama.

4. ANALISIS DAN PENGUJIAN

4.1 Pengujian Waktu untuk Reset

Untuk mereset alat dapat dilakukan dengan menekan tombol 4 pada box interface ..Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian waktu kalibrasi saat alat di reset

Pengujian	Waktu Kalibrasi (detik)
1	9,51
2	9,6
3	9,5
4	9,44
5	9,54
6	9,34
7	9,6
8	9,38
9	9,48
10	9,44
Rata-rata	9,483

Dari Tabel 1 diatas dari hasil pengujian waktu kalibrasi saat di reset waktu tercepat untuk kalibrasi yaitu 9,34 detik dan untuk waktu kalibrasi terlama yaitu 9,6 detik, adapun nilai rata-rata dari pengujian kalibrasi alat yaitu 9,483 detik. dari hasil tersebut maka dapat di simpulkan bahwa waktu yang diperlukan alat untuk kalibrasi yaitu kurang dari 10 detik.

4.2 Pengujian Load Cell

Dalam pengujian yang dilakukan adalah pengambilan data berat badan dan hasil dari pengukuran sampel didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2 Pengukuran berat badan

NO	Berat Real	Berat Pengukuran	Selisih	Galat
	1	46,2		
2	59,3	59,4	0,1	0,16 %
3	62,3	62,5	0,2	0,32 %
4	45,7	45,9	0,2	0,43 %
5	114,2	115,3	1,1	0,96 %
6	64,2	64,3	0,1	0,15 %
7	66,3	66,4	0,1	0,15 %
8	61,7	61,9	0,2	0,32 %
9	60,6	60,8	0,2	0,33 %
10	72,3	72,5	0,2	0,27 %

Berdasarkan Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa nilai galat dari pengujian berat badan yaitu kuang dari 1 sehingga alat tersebut menunjukkan hasil pengukuran yang telah sesuai dengan pengukuran berat aslinya nilai galat ter rendah yaitu sebesar 0,08 % dan galat tertinggi yaitu 0,96 % hal ini terjadi dikarenakan berat referensi yang digunakan yaitu berkisar 68 kg sehingga saat nilai berat yang di ukur memiliki selisih yang tinggi maka hasil galatnya semakin tinggi pula.

4.3 Pengujian Kalibrasi Alat

Pada pengujian alat Estimasi IMT perlu dilakukan pengujian kalibrasi pada sensor jarak ultrasonic untuk menguji keakuratan pembacaan sensor ultrasonic dan untuk mencari posisi ketinggian sensor ultrasonic yang paling tepat dengan selisih dan galat terkecil. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran jarak sensor dengan lantai dengan 10 variasi jarak antara sensor dan lantai dengan 5 kali pengambilan data untuk menguji konsistensi pada sensor ultrasonic. Untuk jarak asli antara sensor dan lantai di ukur secara manual dengan meteran. untuk mengkalibrasi alat dapat menekan tombol 4 pada alat. Hasil dari pengujian kalibrasi dapat dilihat pada Tabel di Lampiran Tabel Pengujian kalibrasi pada sensor jarak .

Dari Lampiran Tabel Selisih dan galat pada variasi kalibrasi 85 cm, 90 cm, 95 cm, dan 100 cm, dapat dilihat bahwa untuk ke empat variasi pengujian kalibrasi alat nilai selisih terendah yaitu pada variasi 90 cm dan 95 cm dengan selisih antara pengukuran atau hasil baca dari sensor ultrasonic dan pengukuran manual yaitu 0,6 cm, nilai galat terendah yaitu pada variasi 95 cm dengan galat antara pengukuran atau hasil baca dari sensor ultrasonic dan pengukuran manual yaitu 0,63 %, selisih dan galat tertinggi adalah pada variasi 85 cm dengan selisih rata-rata 1 dan nilai galat rata-rata 1,17 %. Hasilnya adalah untuk ketinggian antara alat dan sensor yang paling pesisi dengan selisih dan galat terkecil yaitu pada ketinggian 55 cm sampai dengan 80 cm, dengan selisih 0 cm dan galat 0 %.

4.4 Pengujian Pengukuran Tinggi Lutut dan Tinggi Badan dengan 10 Variasi

Dari pengujian sebelumnya untuk pengujian kalibrasi, kali ini pengujian dilakukan dengan mengukur objek manusia dengan tinggi lutut 52 cm dan tinggi badan 165 cm. adapun untuk variasinya masih sama dengan percobaan sebelumnya yaitu dengan 10 variasi percobaan. Percobaan ini dilakukan untuk melihat dari ke 10 variasi percobaan, dari percobaan sebelumnya variasi manakah yang memiliki pengukuran yang lebih presisi. Adapun tabel percobaannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel. 3 Percobaan variasi ketinggian alat dengan pengukuran objek

Variasi Jarak (cm)	TL Ukur	S	G	TB Ukur	S	G
55	51	1	1,92	165	0	0
60	52	0	0	165	0	0
65	52	0	0	165	0	0
70	52	0	0	165	0	0
75	52	0	0	165	0	0
80	52	0	0	165	0	0
85	52	0	0	165	0	0
90	51	1	1,92	163	2	1,21
95	52	0	0	165	0	0
100	52	0	0	165	0	0
Rata-rata	51,8	0,2	0,38	165	0,2	0,12

Keterangan :

TL Asli = Nilai tinggi lutut asli dalam cm

TL Ukur = Nilai tinggi lutut dari pengukuran dengan alat Estimasi IMT dalam cm

TB Asli = Nilai tinggi badan asli dalam cm

TB Ukur = Nilai tinggi badan dari pengukuran dengan alat Estimasi IMT dalam cm

S = Selisih antara tinggi asli dan pengukuran

G = Galat antara tinggi asli dan pengukuran dalam persen

Dari Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa nilai selisih antara tinggi lutut asli dengan pengukuran tinggi lutut dengan alat nilai selisih terkecilnya yaitu 0 cm, nilai selisih terbesar dari pengukuran tinggi lutut sebesar 1 cm yaitu pada variasi 55 cm dan 90 cm , untuk nilai galat antara tinggi lutut asli dan pengukuran tinggi lutut dengan alat nilai galat terkecilnya yaitu 0 % , nilai galat terbesar dari pengukuran tinggi lutut yaitu sebesar 1,92 % pada variasi 55 cm dan 90 cm, untuk nilai selisih rata-rata pengukuran tinggi lutut yaitu 0,2 cm dan dengan galat rata-rata 0,38 %. Untuk nilai selisih antara tinggi badan asli dengan pengukuran tinggi badan dengan alat nilai selisih terkecilnya yaitu 0 cm, nilai selisih terbesar dari pengukuran tinggi badan sebesar 2 cm yaitu pada variasi 90 cm , untuk nilai galat antara tinggi badan asli dan pengukuran tinggi badan dengan alat nilai galat terkecilnya yaitu 0 % , nilai galat terbesar dari pengukuran tinggi badan yaitu sebesar 1,21 % pada variasi 90 cm, untuk nilai selisih rata-rata pengukuran tinggi badan yaitu 0,2 cm dan dengan galat rata-rata 0,12 %.

4.5 Pengujian Pengujian dan Analisis Alat Estimasi IMT

Setelah melakukan pengujian pada perangkat pengukur tinggi badan dan perangkat pengukur berat badan maka alat dapat digunakan untuk pengukuran. Alat pengukur tinggi badan dan alat pengukur berat badan disambungkan ke mikrokontroler arduino atau pada box interface agar dapat dilakukan pengukuran. Untuk mencari nilai berat

badan dan tinggi badan agar dapat di hitung nilai IMT nya pada aplikasi software penghitung IMT maka diperlukan pengambilan data.

Pada pengujian kali ini dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dan mencari selisih dan galat pada pengukuran berat badan dan tinggi badan menggunakan alat Estimasi IMT dengan nilai berat dan tinggi badan asli. untuk pengukuran berat badan menggunakan timbangan digital yang ada di klnik dan untuk pengukuran tinggi badan di ukur menggunakan pengukur tinggi badan yang ada di klinik. Nilai kalibrasi pada saat pengukuran adalah 75 cm yang berarti jarak antara sensor jarak dan timbangan alat pengukur berat badan yang telah dirancang adalah 75 cm. Adapun data dari hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Selisih dan galat antara pengukuran tinggi badan asli dan dengan alat estimasi IMT

Tinggi Badan Ukur	Tinggi Badan Asli	Selisih Tinggi	Galat Tinggi (%)
168	165	3	1,82
169	167	2	1,19
166	165	1	0,6
156	155	1	0,64
168	164	4	2,43
170	168	2	1,19
166	164	2	1,21
172	170	2	1,17
166	163	3	1,84
171	169	2	1,18
152	158	6	3,79
150	151	1	0,66
145	148	3	2,02
152	147	5	3,4
159	157	2	1,27
155	152	3	1,97
150	149	1	0,67
158	156	2	1,28
153	150	3	2
158	155	3	1,93
Rata-rata		2,55	1,61

Berdasarkan tabel selisih dan galat antara pengukuran tinggi badan asli dan dengan alat estimasi IMT dari 20 data yang diambil nilai selisih tinggi badan terkecil yaitu sebesar 1 cm, nilai selisih terbesar yaitu sebesar 6 cm dan nilai rata-rata dari selisih pengukuran tinggi badan asli dan dengan pengukuran tinggi badan menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 2,55 cm. Untuk nilai galat yang dihasilkan dari pengukuran tinggi badan asli dan pengukuran tinggi badan menggunakan alat estimasi IMT nilai galat tinggi badan terkecil sebesar 0,6 % dan nilai

galat dari pengukuran tinggi badan menggunakan alat estimasi IMT tertinggi yaitu sebesar 3,79 %. Adapun nilai galat rata-rata dari hasil pengukuran tinggi badan menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 1,61 %.

Tabel 5 Selisih dan galat antara pengukuran Berat badan asli dan dengan alat estimasi IMT

Berat Badan Ukur	Berat Badan Asli	Selisih Berat Badan	Galat Berat (%)
72,1	72,9	0,8	1,10
72	72	0	0,00
76,1	76,6	0,5	0,65
85,4	85,5	0,1	0,12
67,3	67,7	0,4	0,59
75	75,2	0,2	0,27
64,5	64,7	0,2	0,31
62	60	2	3,33
81,5	81,7	0,2	0,24
76	76	0	0,00
54,2	54,4	0,2	0,37
64	64	0	0,00
58	58	0	0,00
52	51,3	0,7	1,36
60,5	60	0,5	0,83
58	58,5	0,5	0,85
64,5	65,6	0,1	0,15
63	62,2	0,8	1,29
60	59,2	0,8	1,35
65	65,1	0,1	0,15
Rata-rata		0,4	0,65

Berdasarkan Tabel 5 selisih dan galat antara pengukuran berat badan asli dan dengan menggunakan alat estimasi IMT dari 20 data yang diambil nilai selisih berat badan terkecil yaitu sebesar 0 Kg, nilai selisih berat badan terbesar yaitu sebesar 0,8 Kg dan nilai rata-rata dari selisih pengukuran berat badan asli dengan pengukuran berat badan menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 0,4 Kg. Untuk nilai galat yang dihasilkan dari pengukuran berat badan asli dengan pengukuran berat badan menggunakan alat estimasi IMT yaitu diperoleh nilai galat berat badan terkecil sebesar 0 % dan nilai galat dari pengukuran berat badan menggunakan alat estimasi IMT tertinggi yaitu sebesar 1,36 %. Adapun nilai galat rata-rata dari hasil pengukuran berat badan menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 0,65 %.

5. Kesimpulan

1. Alat alat yang telah dirancang dapat bekerja dan dapat digunakan untuk melakukan pengukuran.
2. Listing program dapat berjalan dan tidak error serta dapat di upload di arduino
3. Alat dapat digunakan dan dapat membaca tinggi dan berat badan objek yang diukur
4. Dengan persamaan Fatmah tinggi lutut yang di peroleh dapat digunakan untuk mencari tinggi badan
5. Waktu tercepat untuk kalibrasi yaitu 9,34 detik dan untuk waktu kalibrasi terlama yaitu 9,6 detik, adapun nilai rata-rata dari pengujian kalibrasi alat yaitu 9,483 detik. dari hasil tersebut maka dapat di artikan bahwa waktu yang diperlukan alat untuk kalibrasi yaitu kurang dari 10 detik.
6. Untuk posisi sensor untrasonik pada alat yang paling efektif yaitu pada ketinggian 60 cm sampai dengan 80 cm karena pada posisi tersebut memili galat dan selisih yang paling kecil yaitu dengan selisih 0 cm dan galat 0%.
7. Sensor load cell digunakan untuk mengukur berat badan data dari pengukuran dapat dibaca oleh alat
8. Untuk pengujian alat pengukur berat nilai rata-rata dari selisih pengukuran berat badan asli dan penggukuran berat badan dengan menggunakan alat yang telah dirancang yaitu sebesar 0,16 kilo gram.
9. Untuk pengujian alat pengukur berat nilai rata-rata galat yang terjadi antara pengukuran berat badan secara manual dengan timbangan dan pengukuran berat badan menggunakan alat pengukur berat badan yang telah dirancang yaitu sebesar 0,31 %.
10. Untuk nilai rata-rata galat yang terjadi antara pengukuran berat badan secara manual dengan timbangan dan pengukuran berat badan menggunakan alat pengukur berat badan yang telah dirancang yaitu sebesar 0,31 %.
11. Nilai galat rata-rata dari hasil pengukuran tinggi badan menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 1,61 %.
12. Nilai rata-rata dari selisih pengukuran berat badan asli dengan pengukuran berat bandan menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 0,4 Kg
13. Nilai galat rata-rata dari hasil pengukuran berat badan dengan alat yang sudah jadi menggunakan alat estimasi IMT yaitu sebesar 0,65 %.
14. Pengukuran tinggi dan berat badan masih memiliki selisih antara pengukuran dan aslinya

Referensi

- [1] World Health Organization,. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry,. Geneva: Organization Technical Report Series WHO; 1995. 854.
- [2] Hidayatul Anis, Yuli. "Pengembangan Alat Ukur Tinggi Badan Manusia Secara Otomatis dengan Arduino" *Joined Journal : Journal of Informatics Education* vol.3 no.2, 2020.
- [3] P. S. F. Yudha, R. A. Sani. 2017. "Implementasi Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Sebagai Sensor Parkir Mobil Berbasis Arduino". Medan: Universitas Negeri Medan.
- [4] Anizar dkk. "Instrumentasi & Alat Ukur". Yogyakarta, Indonesia: Graha Ilmu, 2008.
- [5] Sulistiadji, Koes & Joko Pitoyo. 2009. "Alat ukur dan instrumentasi". Serpong: Staf Perekayasa pada BBP Mektan.
- [6] Fatmah. Persamaan (Equation) Tinggi Badan Manusia Usia Lanjut (Manula) berdasarkan Usia dan Etnis pada 6 Panti Terpilih di DKI Jakarta dan Tangerang Makara Kesehatan. 2006;
- [7] Azkiyah, Wulan Sari Nur. 2016. "Validitas estimasi tinggi badan berdasarkan tinggi lutut pada lansia di kota malang". *Indonesian journal of human nutrition* Vol. 3 No. 2: 93-104.
- [8] Fatmah. 2008. Model Prediksi Tinggi Badan Lansia Etnis Jawa Berdasarkan Tinggi Lutut, Panjang Depa dan Tinggi Duduk. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- [9] Banzi,Massimo.2011."Getting Started with Arduino". 2nd ed
- [10] Morgan Elijah J. 2014. "HC-SR04 Ultrasonic Sensor". *Datasheetpdf*