

PERANCANGAN ALAT PENGUKUR INDEKS MASSA TUBUH (IMT) ORANG DEWASA MENGGUNAKAN RASPBERRY PI

Destyawan S. ^{*)}, Munawar A.R, and Sudjadi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

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

Abstrak

Kesadaran manusia akan pentingnya kesehatan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perkembangan teknologi pada bidang kesehatan sangat maju. Parameter kesehatan manusia yang sederhana adalah berat dan tinggi badan, parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT adalah metode yang digunakan untuk mendiagnosa keadaan tubuh manusia, dengan menghitung keseimbangan antara berat dengan tinggi badan. IMT berfungsi memberikan informasi tentang kriteria keadaan tubuh berdasarkan berat dan tinggi badan pasien. Informasi tersebut adalah keadaan obesitas, gemuk (*overweight*), sangat kurus (*underweight*), kurus atau normal. Pada keadaan obesitas dan sangat kurus (*underweight*,) pasien akan memiliki resiko penyakit yang tinggi. Oleh karena itu, pada penelitian ini diciptakan alat pengukur IMT dengan kemampuan mengukur tinggi badan, berat badan, menghitung IMT serta menentukan kriteria IMT secara otomatis. Alat pengukur IMT ini menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler yang mengatur keseluruhan sistem. Kemampuan alat tersebut adalah melakukan pengukuran berat badan dengan range dari 0 Kg hingga 150 Kg dan range pengukuran tinggi badan dari 0 m hingga 2m. Setiap masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali dengan interval 0.1 S, dengan tujuan meningkatkan akurasi. Keluaran yang ditampilkan pada alat pengukur IMT adalah berupa keadaan tubuh beserta nilai IMT, berat badan dalam Kg dan tinggi badan dalam meter.

Kata Kunci: *Indeks Massa Tubuh, Underweight, Overweight, ,Obesitas, Raspberry Pi*

Abstract

Humans' consciousness toward the importance of health is one of the factors driving the advancement of technological development in the field of health. Height and weight is a simple parameter for humans' health. This parameters is used to calculate Body Mass Index (BMI). BMI is a method used to diagnose condition of human body by calculating the balance between wight and height. BMI provides informations about condition of human body based on their weight and height. The information given by BMI is obese, overweight, underweight or ideal. In case of obese and underweight, the patient will have a high risk of disease. Therefore, the aim of this research is designing devices to measure BMI that comes with the ability to measure height and weight, calculate the BMI,as well as determine the BMI criteria automatically. Raspberry pi used as microcontroller which controll entire activity of device. The ability of this device is to measure the height within range from 0 to 2 m and the weight within range from 0 to 150 Kg. Every measurements is performed 3 times by 0,1 S intervals in order to increase the accuracy. The output of the device are criteria of body condition, weight on Kg, height on m.

Keywords : *Body Mass Index, Underweight, Overweight, Obese, Raspberry Pi.*

1. Pendahuluan

Kesadaran manusia akan pentingnya kesehatan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perkembangan teknologi pada bidang kesehatan sangat maju. Perkembangan tersebut adalah menciptakan teknologi yang dapat meningkatkan kinerja para ahli kesehatan untuk mendiagnosis, melakukan terapi dan mengganti organ biologis pasien.

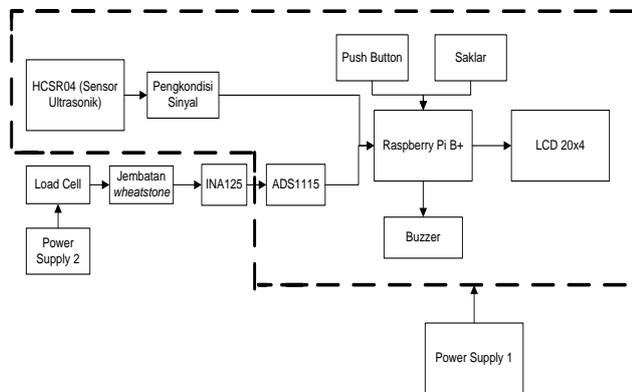
Diagnosis merupakan salah satu komponen penting dalam dunia kesehatan, diagnosis adalah penetapan suatu keadaan yang menyimpang atau keadaan normal berdasarkan dasar pemikiran dan pertimbangan ilmu pengetahuan. Diagnosis yang tepat diperlukan ilmu pengetahuan yang luas mengenai keadaan normal dan keadaan abnormal pasien[1]. Keadaan abnormal pada pasien memiliki banyak parameter, salah satu parameternya adalah keadaan tubuh pasien tampak

underweight atau obesitas. Pada keadaan tersebut pasien memiliki resiko kesehatan yang kompleks.

Obesitas berhubungan dengan pola makan, selain itu adalah faktor demografi, faktor sosialkultur, faktor biologi dan faktor perilaku. Obesitas juga dapat disebabkan oleh faktor genetik atau faktor keturunan. Menurut dietz dalam penentuan diet anak (2003), kemungkinan seorang anak beresiko menderita obesitas sebesar 80% jika kedua orangtuanya mengalami obesitas. Sedangkan seorang anak akan beresiko menderita obesitas sebesar 40% jika salah satu orang tuanya mengalami obesitas.[2] Keadaan tubuh ketika obesitas maupun *underweight* dapat dideteksi secara tepat dengan mengukur berat dan tinggi badan pasien kemudian menghitung nilai Indeks Massa Tubuh (IMT) pasien. IMT merupakan kalkulasi angka dari berat dan tinggi badan seseorang, yang kemudian IMT tersebut dapat menunjukkan kriteria tubuh pasien[3].

Berdasarkan latar belakang tersebut, Penelitian ini mengambil judul “Perancangan alat pengukur Indeks Massa Tubuh (IMT) orang dewasa menggunakan Raspberry Pi” yang memiliki 3 buah proses penting, yaitu pengukuran tinggi badan, berat badan dan perhitungan IMT.

2. Metode



Gambar 1 Blok diagram sistem pengukuran BMI

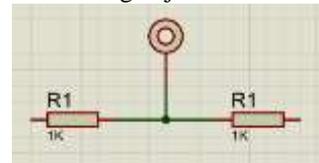
Diagram blok seperti ditunjukkan pada gambar 1 merupakan gambaran umum dari keseluruhan sistem pengukur IMT.

- Raspberry Pi B+, berfungsi sebagai pengontrol seluruh kegiatan sistem pengukuran IMT.
- Sensor Ultrasonik (HC-SR04), berfungsi untuk melakukan pengukuran tinggi badan. Pada perancangan pengukuran tinggi badan, sensor ultrasonik diletakkan pada ketinggian 2,02 m maka persamaan yang digunakan untuk mengukur tinggi badan adalah sebagai berikut.

$$\text{Tinggi Badan} = 2,02 - S$$

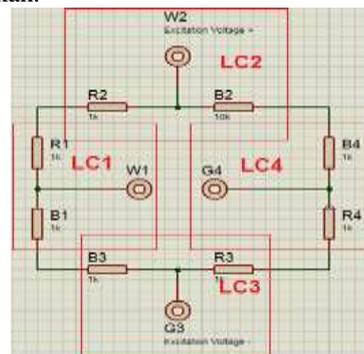
Tegangan yang dihasilkan pin echo pada HC-SR04 ketika melakukan pengukuran tinggi adalah 5 V. Pembacaan data digital pada raspberry pi adalah 0 hingga 3.3 volt, maka untuk melakukan pembacaan data pengukuran tinggi dibutuhkan sebuah pengkondisi sinyal.

- Pengkondisi sinyal sensor ultrasonik berupa pembagi tegangan yang berfungsi untuk mengurangi tegangan output dari pin echo pada HC-SR04. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menentukan rangkaian pembagi tegangan yang digunakan.
- Power Supply 2 adalah baterai yang digunakan untuk memberikan tegangan pada sensor *load cell*. Pada blok diagram ini digunakan IC regulator 7805 untuk membuat tegangan keluaran baterai menjadi 5 V.
- Power Supply 1 berupa tegangan 5 V yang digunakan untuk memberi daya pada mikrokontroler.
- Sensor *load cell* yang digunakan pada pengukuran berat badan adalah sesuai dengan gambar 10. Sensor *load cell* terdiri setengah jembatan wheatstone.



Gambar 2 Sensor *load cell*

- Pengkondisi sinyal (jembatan *wheatstone*) berfungsi untuk mengatur *load cell* agar dapat mengukur perubahan berat menjadi tegangan. Berikut pada gambar 11 adalah konfigurasi 4 buah *load cell* yang digunakan.



Gambar 3 Konfigurasi *load cell*

Sesuai dengan gambar 3 maka persamaan berikut untuk menghitung nilai tegangan yang dihasilkan dari jembatan *wheatstone*.

$$V_o = \frac{(B_2 B_2 - 2\Delta R)}{(R_1 R_2 + 2\Delta R) + (B_2 B_2 - 2\Delta R)} W_2 - \frac{(R_2 R_4 + 2\Delta R)}{(B_2 B_4 - 2\Delta R) + (R_2 R_4 + 2\Delta R)} W_2$$

Berdasarkan persamaan diatas maka didapatkan hasil perhitungan pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil perhitungan output wheatstone

No	ΔR (Ω)	R_{12} (Ω)	B_{24} (Ω)	R_{34} (Ω)	B_{13} (Ω)	V_o (mV)
1	0	2000	2000	2000	2000	0,00
2	0,1	2000,1	1999,9	2000,1	1999,9	0,25
3	0,2	2000,2	1999,8	2000,2	1999,8	0,50
4	0,3	2000,3	1999,7	2000,3	1999,7	0,75
5	0,4	2000,4	1999,6	2000,4	1999,6	1,00
6	0,5	2000,5	1999,5	2000,5	1999,5	1,25
7	0,6	2000,6	1999,4	2000,6	1999,4	1,50
8	0,7	2000,7	1999,3	2000,7	1999,3	1,75
9	0,8	2000,8	1999,2	2000,8	1999,2	2,00
10	0,9	2000,9	1999,1	2000,9	1999,1	2,25
11	1	2001	1999	2001	1999	2,50
12	1,1	2001,1	1998,9	2001,1	1998,9	2,75
13	1,2	2001,2	1998,8	2001,2	1998,8	3,00
14	1,3	2001,3	1998,7	2001,3	1998,7	3,25
15	1,4	2001,4	1998,6	2001,4	1998,6	3,50

- INA125, digunakan untuk menguatkan sinyal *output* pengkondisi sinyal sebesar 100 kali. Pengaturan nilai R_G untuk penguatan *gain* sebesar 100 adalah 625Ω , dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

$$G = 4 + \frac{60k\Omega}{R_G}$$

$$G = 4 + \frac{60000}{625}$$

$$G = 100$$

- Modul ADC (ADS1115) berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi 16 bit sinyal digital. Pada perancangan digunakan PGA sebesar ± 1.024 V dan 8 sps.
- Push Button berfungsi untuk menampilkan kembali hasil pengukuran IMT, pengukuran tinggi badan dan pengukuran berat badan.
- Saklar digunakan untuk mematikan sistem pada raspberry pi.
- Buzzer digunakan untuk memberi peringatan ketika hasil perhitungan IMT telah berhasil, selain itu digunakan untuk memberikan peringatan pada saat melakukan pengukuran tinggi badan.
- LCD 20x4, digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran IMT, tinggi dan berat badan.

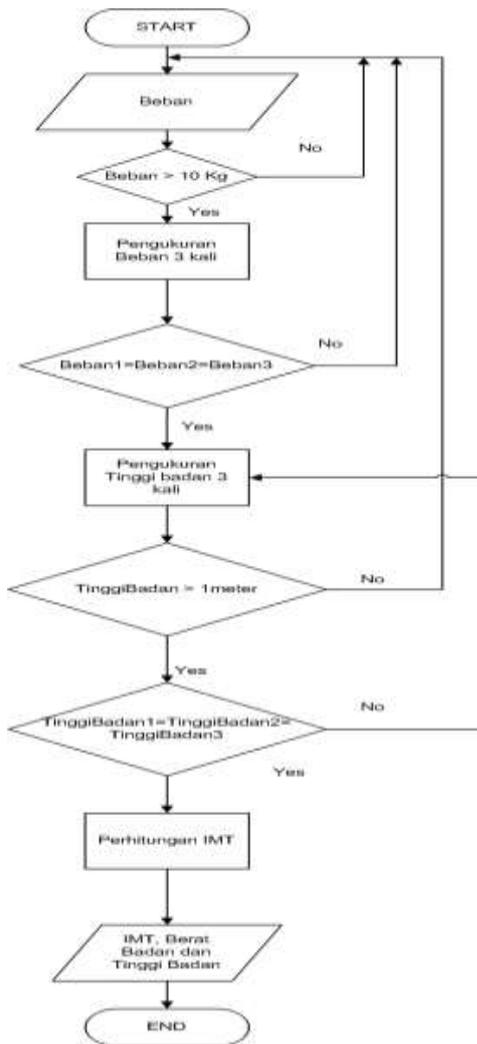
2.1. Flowchart Sistem Pengukuran IMT

Penjelasan algoritma sistem perhitungan IMT yang digunakan seperti gambar 4 adalah sebagai berikut :

- Sistem dimulai dengan tampilan “Ready for measurement”
- Pembacaan berat badan pada sensor load cell

- Ketika pembacaan berat badan lebih dari 10 Kg maka sistem akan melakukan pembacaan berat badan sebanyak 3 kali dalam interval 0.1 S.
- Perbandingan ketiga hasil pembacaan berat badan, ketika ketiga hasil perbandingan adalah sama maka proses selanjutnya dapat dilakukan namun ketika ketiga hasil pembacaan adalah tidak sama maka proses pembacaan akan diulang dan akan muncul tampilan “Wait” pada LCD. Pada saat proses perbandingan ketiga hasil pembacaan berat badan berhasil, akan muncul tampilan “Dimohon kepala tegak lurus ke depan” sebagai tanda proses pembacaan tinggi badan akan dimulai.
- Pengukuran tinggi badan sebanyak 3 kali dalam interval 0.1 S, dan selama hasil pengukuran lebih dari 1 m maka perbandingan ketiga hasil pengukuran akan dilakukan. Namun ketika hasil pengukuran kurang dari 1 m maka akan muncul sebuah peringatan berupa tampilan “Dimohon melakukan pengukuran tinggi badan” selama 3 S pada LCD dan suara peringatan dari buzzer. Selama 3 S hasil pembacaan masih kurang dari 0,2 m maka proses akan dikembalikan ke awal proses dan suara peringatan dari buzzer. Ketika perbandingan ketiga hasil pengukuran tinggi badan adalah tidak sama maka proses pengukuran tinggi badan akan diulang. Pada saat proses perbandingan tinggi badan berhasil maka akan muncul tampilan berupa “Calculating” pada LCD sebagai tanda pengukuran tinggi badan telah berhasil dan proses perhitungan IMT akan dimulai.
- Perhitungan IMT akan dilakukan berdasarkan data hasil pembacaan berat badan dan tinggi badan yang didapat dalam satuan kilogram dan meter. Ketika sistem melakukan proses perhitungan, buzzer akan mengeluarkan suara untuk sebuah peringatan kepada pengguna agar melihat LCD. Setelah mendapatkan nilai IMT, IMT akan dicocokkan kriterianya berdasarkan tabel 1 yang kemudian mendapatkan kriteria IMT pengguna.
- Proses terakhir adalah menampilkan kriteria IMT, hasil perhitungan IMT, berat badan dan tinggi badan secara bergantian pada LCD. Semua hasil tampilan tersebut akan disimpan dalam sebuah variabel.

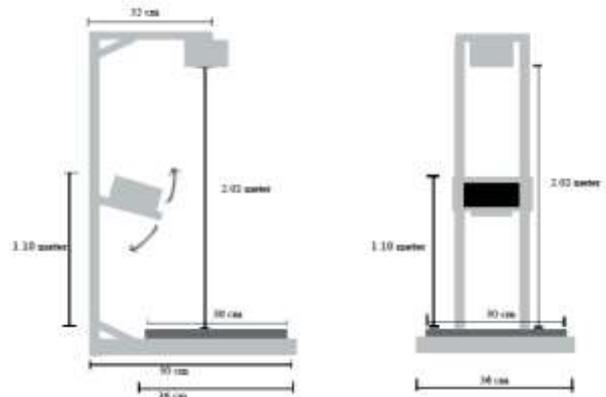
Sistem perhitungan IMT akan kembali ke keadaan awal ketika telah melewati seluruh proses dan menampilkan hasil perhitungan IMT, berat badan dan tinggi badan.



Gambar 4 Flowchart sistem pengukuran IMT

2.2. Perancangan Konstruksi

Perancangan konstruksi yang digunakan adalah menggunakan bahan *stainless steel*, bahan ini dipilih karena memiliki beban yang tidak terlalu berat. Pada perancangan, alat pengukur berat badan berada pada bagian bawah konstruksi dan alat pengukur tinggi badan berada pada bagian atas konstruksi seperti pada gambar 5.



Gambar 5 Desain konstruksi

Sensor ultrasonik diletakkan pada tiang dengan tinggi 2,02 m, sehingga ketinggian maksimal yang dapat diukur adalah 2 m. Sensor load cell diletakkan pada plat di bagian bawah konstruksi, sehingga setelah melakukan pengukuran berat badan pengguna dapat melakukan pengukuran tinggi badan secara langsung.

Box untuk LCD dapat dinaik-turunkan sesuai dengan keinginan pengguna. Selain dinaik-turunkan, box LCD dapat diatur kemiringannya sesuai sudut pandang pengguna. Tombol push button terletak disamping LCD, sehingga mudah dijangkau oleh pengguna.

3. Hasil dan Analisa

Pengujian hasil perancangan menggunakan software LT-spice untuk mengetahui fungsional dan *timing delay* dari hasil ekstraksi layout yang dibuat.

3.1. Metode Pengujian

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian tentang fungsional dari masing-masing elemen sistem pengukuran IMT, yaitu pengujian sensor berat badan, pengujian sensor ultrasonik, pengujian tampilan LCD, dan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian sensor berat badan terdiri dari pengujian tegangan *output wheatstone bridge*, pengujian *gain INA125*, dan pengujian pengukuran berat badan. Sedangkan pengujian sistem secara keseluruhan terdiri dari pengujian pengukuran tinggi badan, pengujian pengukuran berat badan, dan pengujian perhitungan IMT.

3.2. Pengujian Sensor Berat Badan

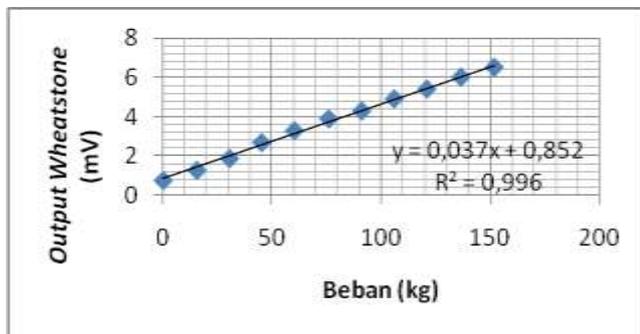
Pengujian pada sensor berat badan meliputi beberapa subsistem, yaitu pengujian pada tegangan *output wheatstone bridge*, penguatan INA125 dan pengukuran berat.

Berdasarkan penjelasan diatas maka proses pengujian yang pertama adalah pengujian tegangan *output wheatstone bridge*. Berikut pada tabel 6 adalah hasil pengujian *wheatstone*.

Tabel 6 Hubungan berat dan tegangan keluaran *wheatstone bridge*

No.	Berat (kg)	ΔV (mV)
1.	0	0,79
2.	15,5	1,3
3.	30,4	1,9
4.	45,2	2,7
5.	60,2	3,3
6.	76	3,9
7.	91,1	4,3
8.	106	4,9
9.	121	5,4
10.	136,6	6
11.	151,9	6,5

Berdasarkan tabel 6 maka didapatkan grafik seperti gambar 6.



Gambar 6 Grafik hubungan berat dengan tegangan output jembatan *wheatstone*

Padaa tabel 5, keluaran jembatan *wheatstone* memiliki *zero offset* (tegangan saat beban 0 Kg) adalah 0,7 mV, hal ini terjadi karena *load cell* terkena beban oleh plat pada alat. Berdasarkan grafik 15 perubahan beban (kg) sudah linier terhadap perubahan keluaran tegangan jembatan *wheatstone* (mV).

Berikut perubahan resistansi menggunakan persamaan pada gambar 4 dengan perhitungan pada saat beban = 0 Kg.

$$2\Delta R = \frac{\Delta V \times R}{V_s} = \frac{0,00079 \times 2000}{5} = 0.316 \Omega$$

Dengan menggunakan persamaan diatas maka didapatkan hasil seperti pada tabel 7 berikut.

Tabel 7 Hubungan antara beban dengan resistansi

No	Beban(Kg)	$2\Delta R$ (Ω)
1	0	0,316
2	15,5	0,52
3	30,4	0,76
4	45,2	1,08
5	60,2	1,32
6	76	1,56
7	91,1	1,72
8	106	1,96
9	121	2,16
10	136,6	2,4
11	151,9	2,6

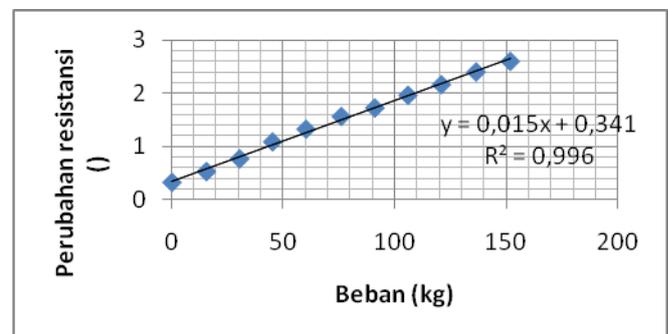
Pada gambar grafik 16 diatas dapat dilihat bahwa perubahan resistansi terhadap beban menghasilkan grafik yang linier. Sensitivitas sensor dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta S = \frac{\Delta R}{\Delta Kg}$$

$$\Delta S = \frac{2.284}{151.9} = 0.015 \frac{\Omega}{Kg}$$

Pada pengujian berikutnya adalah pengujian *gain* pada INA125.

Pada tabel 8 dibawah, dapat diketahui perbandingan antara hasil pengukuran dan perhitungan tegangan *output* setelah diberikan penguatan. Error maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 3.33 %. *Error* disebabkan nilai resistansi yang masuk ke dalam INA125P mengalami perubahan. Perubahan ini disebabkan adanya elemen lain seperti timah dan tembaga yang digunakan sebagai jalur pada board *load cell*, sehingga resistansi yang terukur saat masuk ke dalam INA125 mengalami penambahan. Dengan bertambahnya nilai resistansi, maka besar penguatan mengalami penurunan. Oleh karena itu, nilai tegangan *output* pada pengukuran lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai tegangan *output* pada perhitungan.



Gambar 7 Grafik hubungan antara beban (kg) dengan resistansi (Ω)

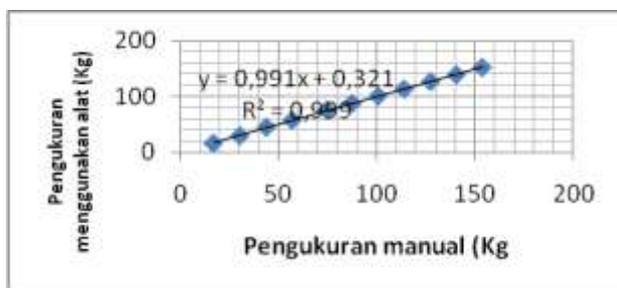
Tabel 8 Perbandingan antara tegangan keluaran INA125 dengan tegangan keluaran wheatstone bridge

No.	$\Delta V(mV)$	Vout(V)		Error (V)	Error (%)
		Perhitungan (S)	Pengukuran (Y)		
1.	0,79	0,08	0,079	0,001	1,25
2.	1,3	0,13	0,13	0	0,00
3.	1,9	0,19	0,19	0	0,00
4.	2,7	0,27	0,27	0	0,00
5.	3,3	0,33	0,32	0,01	3,03
6.	3,9	0,39	0,39	0	0,00
7.	4,3	0,43	0,43	0	0,00
8.	4,9	0,49	0,48	0,01	2,04
9.	5,4	0,54	0,53	0,01	1,85
10.	6	0,6	0,58	0,02	3,33
11.	6,5	0,65	0,63	0,02	3,08
Error Rata-rata = $\frac{\sum E}{11}$				0,01	1,33

Pada pengujian berikutnya adalah pengujian pengukuran berat. Berikut pada tabel 9 adalah pengujian sensor load cell.

Tabel 9 Perbandingan antara hasil pengukuran berat menggunakan manual dengan alat

No	Pengukuran Berat (Kg)		Error (Kg)	Error (%)
	Manual (S)	Alat (Y)		
1	17	16	1	6,25
2	30,5	29,5	1	3,39
3	44	44,9	-0,9	2,00
4	57	57,4	-0,4	0,70
5	74,7	75,4	-0,7	0,93
6	87,6	87,8	-0,2	0,23
7	100,8	100,7	0,1	0,10
8	114	113,3	0,7	0,62
9	127,5	126,5	1	0,79
10	140,5	139,1	1,4	1,01
11	153,6	152	1,6	1,05
Error Rata-rata = $\frac{\sum E}{11}$			0,42	1,55



Gambar 8 Grafik pengujian load cell

Gambar 8 adalah grafik hubungan antara pengukuran manual dengan alat dan hasil pengujian load cell menunjukkan hasil yang linier. Hasil pengukuran berat badan mengalami error maksimal sebesar 6.25% ketika melakukan pengukuran beban 17 Kg, tetapi untuk

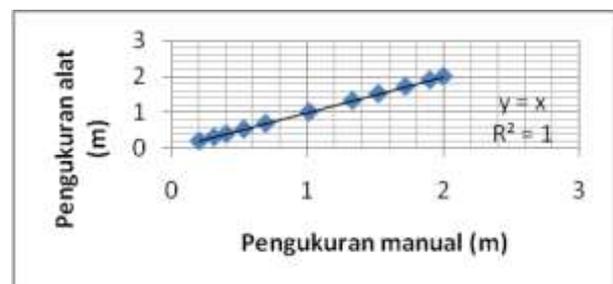
pengukuran selanjutnya pengukuran berat badan dapat menghasilkan nilai yang valid. Pengukuran yang dihasilkan valid ketika melakukan pengukuran dengan range 0 Kg hingga 150 Kg, karena error yang dihasilkan tidak terlalu besar.

3.3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik digunakan untuk mengetahui keakurasian sensor ultrasonik dalam mengukur tinggi. Pengujian dilakukan dengan mengukur ketinggian suatu benda statis, dengan perubahan tinggi yang bervariasi.

Tabel 10 Perbandingan antara hasil pengukuran tinggi menggunakan alat dengan manual

No	Pengukuran tinggi (m)		Error (m)	Error (%)
	Manual (S)	Alat (Y)		
1	0,2	0,2	0	0
2	0,31	0,31	0	0
3	0,4	0,4	0	0
4	0,53	0,53	0	0
5	0,69	0,69	0	0
6	1,01	1,01	0	0
7	1,33	1,33	0	0
8	1,52	1,52	0	0
9	1,72	1,72	0	0
10	1,9	1,9	0	0
11	2	2	0	0
Error Rata-rata = $\frac{\sum E}{11}$			0	0



Gambar 9 Grafik pengujian sensor ultrasonik

.Grafik hasil pengujian sensor ultrasonik ditunjukkan pada gambar 18 diatas. Grafik yang dihasilkan linier dan berdasarkan tabel 10 hasil pengukuran tinggi menggunakan sensor ultrasonik tidak terjadi error maka sensor ultrasonik sudah berfungsi dengan baik.

3.4. Pengujian LCD

Pada sistem alat ukur IMT, LCD 20x4 digunakan untuk memberi sejumlah informasi pada pengguna berupa angka dan huruf. Pengujian pada LCD berupa mengirimkan data berupa karakter dan angka.



Gambar 10 Pengujian LCD berupa angka 5678



Gambar 11 Pengujian LCD berupa angka 69.8 dan karakter “KILOGRAM”

Berdasarkan gambar 19 dan 20, gambar 19 adalah pengujian LCD dengan masukan dari mikrokontroler berupa angka “567.8” sedangkan pada gambar 20 adalah pengujian LCD dengan masukan berupa angka dan huruf “KILOGRAM” Berdasarkan pengujian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa LCD sudah berfungsi dengan baik dan tidak ada masalah.

3.5. Pengujian Sistem Keseluruhan

Langkah- langkah pengujian sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

1. Pasien berdiri pada plat timbangan untuk mengukur berat badan
2. Tunggu 1 sampai 3 S, hingga muncul tulisan “Dimohon kepala tegak lurus ke depan selama 5 detik”
3. Tunggu selama 1 sampai 3 S, hingga muncul tulisan “Calculating”
4. Hasil pengukuran alat berupa kriteria IMT beserta nilai IMT, berat badan dalam kilogram dan tinggi badan berupa meter pada layar LCD.
5. Mengukur tinggi dan berat badan pasien secara manual menggunakan meteran dan timbangan digital
6. Mencatat seluruh hasil pengukuran alat dan hasil pengukuran manual.

Berdasarkan langkah pengujian maka pengujian sistem secara keseluruhan dimulai dengan melakukan pengujian pada pengukuran berat badan.

Pengujian berat badan adalah membandingkan hasil pengukuran berat badan pada alat dengan hasil pengukuran berat badan pada timbangan digital.

Tabel 11 Perbandingan antara hasil pengukuran berat badan secara manual (timbangan digital) dengan menggunakan alat

No	Berat Badan (kg)		Error (Kg)	Error (%)
	Manual (S)	Alat (Y)		
1.	46,4	46,3	0,1	0,21
2.	55,4	55,4	0	0
3.	89,4	89,6	-0,2	0,22
4.	45,6	45,3	0,3	0,65
5.	57,2	56,3	0,9	1,57
6.	52,6	52,2	0,4	0,76
7.	66,7	66,4	0,3	0,44
8.	57,7	57,3	0,4	1,03
9.	73,5	72,7	0,8	1,08
10.	52,1	52,3	-0,2	0,38
Error rata-rata			0,28	0,63

Pada tabel 11, error maksimal yang dihasilkan adalah 1,57%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem sudah bekerja dengan baik, error maksimal yang tercatat adalah sebesar 1,57%. Error disebabkan posisi berdiri pasien yang kurang sesuai dengan posisi plat pengukuran berat badan, sehingga berat yang terukur oleh alat kurang tepat. Hal tersebut menyebabkan pengukuran berat badan memiliki error dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan timbangan digital.

Proses pengujian berikutnya adalah pengujian pengukuran tinggi badan. Berikut pada tabel 12 adalah pengujian pengukuran tinggi badan.

Tabel 12 Perbandingan antara hasil pengukuran tinggi badan secara manual dengan menggunakan alat

No	Tinggi Badan (m)		Error (m)	Error (%)
	Manual (S)	Alat (Y)		
1.	1,64	1,64	0	0
2.	1,63	1,62	0,01	0,61
3.	1,85	1,85	0	0
4.	1,55	1,55	0	0
5.	1,66	1,67	-0,01	0,6
6.	1,69	1,69	0	0
7.	1,66	1,67	-0,01	0,6
8.	1,73	1,72	0,01	0,578
9.	1,70	1,70	0	0
10.	1,56	1,57	-0,01	0,64
Error rata-rata			0,001	0,303

Hasil pengukuran tinggi badan menggunakan alat memiliki rata-rata error sebesar 0,303% dan error maksimal 0,64% pada saat pengukuran 1,56 m sesuai tabel 11. Error yang dihasilkan terjadi karena posisi kepala tidak tegak lurus dan pengguna banyak bergerak saat pengukuran sehingga sensor ultrasonik tidak dapat mengukur tinggi badan dengan tepat.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan IMT menggunakan alat dengan perhitungan IMT menggunakan timbangan manual dan meteran

Pada tabel 13 merupakan perbandingan antara nilai IMT yang didapatkan dari perhitungan manual dengan menggunakan alat. Perhitungan manual IMT menggunakan nilai tinggi dan berat badan yang didapatkan secara manual dan menggunakan persamaan 2.1.

Berdasarkan tabel 12, error rata-rata yang dihasilkan alat adalah sebesar 1,04 % dengan error maksimal sebesar 2,84% maka dapat disimpulkan alat sudah berfungsi dengan baik. Error disebabkan pengukuran tinggi dan berat badan menggunakan alat sudah memiliki error, sehingga perhitungan IMT yang dihasilkan akan meleset dan memiliki error.

Tabel 13 Perbandingan hasil pengukuran IMT secara manual dengan menggunakan alat

No	Pengukuran manual		Pengukuran alat		Error (kg/m ²)	Error (%)
	IMT (kg/m ²)	Kondisi Tubuh	IMT (kg/m ²)	Kondisi Tubuh		
1.	17,25	Kurus	17	Kurus	0,25	1,44
2.	21,1	Normal	20,5	Normal	0,6	2,84
3.	26,12	Gemuk	26,5	Gemuk	-0,38	1,45
4.	18,98	Normal	19,2	Normal	-0,22	1,15
5.	20,5	Normal	20,4	Normal	0,1	0,49
6.	18,4	Kurus	18,3	Kurus	0,1	0,55
7.	24,2	Normal	23,8	Normal	0,4	1,68
8.	19,5	Normal	19,5	Normal	0	0
9.	25,4	Gemuk	25,3	Gemuk	0,1	0,39
10.	21,1	Normal	21,2	Normal	-0,1	0,47
		Error rata-rata			0,08	1,04

4. Kesimpulan

Telah Berdasarkan hasil dan analisis yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Alat ukur Indeks Massa Tubuh (IMT) pada orang dewasa menggunakan raspberry pi sebagai mikrokontroller telah berhasil dibuat dengan range maksimal pengukuran berat badan sebesar 150 Kg dan range maksimal pengukuran tinggi badan adalah 2 meter.
2. Sensor *load cell* memiliki sensitivitas sebesar $0.015 \frac{\Omega}{Kg}$ berdasarkan hasil pengujian tegangan *output* jembatan *wheatstone*.
3. Berdasarkan hasil pengujian *gain* INA125 tegangan yang dihasilkan oleh INA125 sudah sesuai dengan *gain* yang diberikan, yaitu 100 kali. Pada pengujian *gain*, error maksimal yang dihasilkan adalah 3.33% dan error rata-rata adalah 1.33%.
4. Sensor *load cell* dapat berfungsi dengan baik dan menghasilkan keluaran yang valid. Error maksimal

yang dihasilkan pada pengujian pengukuran berat adalah 6.25% dan error rata-rata adalah 1.55%.

5. Sensor ultrasonik dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan hasil pengujian sensor ultrasoink. Pada hasil pengujian sensor ultrasonik, pengukuran tinggi tidak memiliki error.
6. LCD dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan hasil pengujian LCD, keluaran yang ditampilkan sudah sesuai dengan data yang dikirim.
7. Pada pengujian keseluruhan sistem, dihasilkan keluaran tinggi badan dan berat badan yang valid, serta perhitungan IMT dan penggolongan kondisi pasien sesuai dengan kriteria yang ditentukan. *Error* maksimum terjadi pada perhitungan IMT, yaitu sebesar 2,84%. Sedangkan *error* rata-rata masing-masing elemen yaitu :
 - Tinggi badan : 0,303%
 - Berat badan : 0,63%
 - IMT : 1,04%
8. Spesifikasi alat berdasarkan pengujian keseluruhan sistem yaitu :
 - Range Tinggi Badan : 0 m – 2 m
 - Range Optimal Tinggi Badan : 1 m – 2 m
 - Range Timbangan : 0 – 150 Kg
 - Akurasi Tinggi Badan : ± 0,1 cm
 - Akurasi Berat Badan : ± 0,28 Kg
 - Akurasi IMT : ±0,085 Kg/m²
 - Error Rata-Rata Tinggi Badan : 0,303 %
 - Error Rata-Rata Berat Badan : 0,63 %
 - Error Rata-Rata IMT : 1,04 %

Referensi

- [1]. W. Ardhana, "Diagnosis Ortodontik," pp. 44–62, 2010.
- [2]. D. N. Wijayanti, "Analisis Faktor Penyebab Obesitas dan Cara Mengatasi Obesitas pada Remaja Putri," *Skripsi*, p. 13, 2013.
- [3]. Hendrik, "Hubungan Indeks Massa Tubuh Dengan Tekanan Darah Pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara," *Skripsi*, 2012.
- [4]. M. K. R. Indonesia, "Pedoman Gizi Seimbang Permenkes RI," 2014.
- [5]. I. Purnamawati, "Prevalens Obesitas pada Anak Taman Kanak-kanak di Kelurahan Cikini, Kecamatan Menteng, DKI Jakarta, dan Hubungannya dengan Melewatkan Makan Pagi," *Skripsi*, pp. 5–19, 2009.
- [6]. D. Khairina, "FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN STATUS GIZI BERDASARKAN IMT PADA PEMBANTU RUMAH TANGGA (PRT) WANITA DI PERUMAHAN DUTA INDAH BEKASI TAHUN 2008," *Skripsi*, pp. 16–17, 2008.
- [7]. D. Nataliana, I. Syamsu, and G. Giantara, "Sistem Monitoring Parkir Mobil menggunakan Sensor Infrared berbasis RASPBERRY PI," *ELKOMIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 68–84, 2014.
- [8]. Acromag Incorporated, "Introduction to strain & strain measurement," no. 248. Acromag Inc, Wixom, 2001.

- [9]. M. Technologi Company Limited, "MLC902 personal scales load cell." [Online]. Available: http://manyyear.en.alibaba.com/product/359992876-211895070/MLC902_personal_scales_load_cell.html. [Accessed: 23-May-2015].
- [10]. W. Kester, "Bridge Circuits," in *Op Amp Applications Handbook*, Burlington: Elsevier Inc, 2005, pp. 231–246.
- [11]. Texas Instruments, "INA125 Datasheet," vol. 6133, no. 520. Burr-Brown Corp., Tucson, 1998.
- [12]. Texas Instruments, "Analog-to-Digital Converter with Internal Reference," *Datasheet*, 2009.
- [13]. Indoware, "Ultrasonic Ranging Module HC - SR04," *Datasheet*, pp. 1–4, 2013.