

RANCANG BANGUN TIMBANGAN DIGITAL DENGAN FASILITAS KLASIFIKASI INDEKS MASSA TUBUH MENGGUNAKAN ALGORITMA LOGIKA FUZZY

Alfian Nurroqim¹, Akhmad Musafa²

1. Program Studi Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
1752500031@student.budiluhur.ac.id
2. Program Studi Teknik Elektro : Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
akhmad.musafa@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Secara umum sudah ada cara untuk menghitung nilai Indeks Massa Tubuh (IMT). Tetapi penentuan dengan cara tersebut sangat kaku, karena jika ada perbedaan nilai yang kecil bisa mengakibatkan perbedaan status IMT. Dengan menggunakan logika fuzzy dapat memberikan toleransi kepada nilai IMT, sehingga jika ada sedikit perubahan kecil tidak akan menyebabkan perbedaan status IMT yang signifikan. Dalam tugas akhir ini dirancang timbangan digital yang dilengkapi dengan fasilitas untuk menentukan IMT menggunakan algoritma logika fuzzy Mamdani berdasarkan hasil pengukuran tinggi badan dan berat badan. Pengukuran tinggi badan menggunakan sensor ultrasonic sedangkan pengukuran berat badan menggunakan sensor load cell. Input tinggi dan berat badan hasil pembacaan sensor akan difuzzifikasi menjadi variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan, dan output fuzzy berupa nilai IMT Yang difuzzifikasi menjadi nilai tegas menggunakan variabel linguistik dari Fungsi keanggotaan input. Fungsi implikasi dilakukan menggunakan fungsi MIN dan komposisi aturan menggunakan fungsi MAX. Besaran fuzzy IMT didefuzzifikasi menggunakan metode center of gravity. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan sampel data 7 dengan tinggi badan 50 cm sampai 200 cm dan berat badan 10 kg sampai 120 kg. Dalam sistem ini nilai IMT selain ditampilkan pada LCD juga dalam bentuk suara dengan menggunakan speaker. Hasil pengujian menunjukan terdapat perbedaan dengan hasil perhitungan IMT menggunakan logika tegas sebagai acuan, secara keseluruhan terdapat rata-rata error hasil IMT menggunakan logika tegas dengan logika fuzzy sebesar 19,35%.

Kata Kunci: Timbangan Digital, Fuzzy Logic, Indeks Massa Tubuh, Klasifikasi

ABSTRACT

In general, there is already a way to calculate the value of Body Mass Index (BMI). But the determination in this way is very rigid, because if there is a small difference in value it can result in differences in BMI status. Using fuzzy logic can give tolerance to the BMI value, so that if there is a small change it will not cause a significant difference in BMI status. In this final project, a digital scale is designed which is equipped with facilities for determining BMI using the Mamdani fuzzy logic algorithm based on the results of measurements of height and weight. Measurement of height using an ultrasonic sensor while measurement of weight using a load cell sensor. The input height and weight from sensor readings will be fuzzified into linguistic variables using a membership function, and fuzzy output in the form of BMI values which are fuzzified into firm values using linguistic variables from the input membership function. The implication function is performed using the MIN function and the rule composition using the MAX function. The fuzzy BMI is defuzzified using the center of gravity method. System testing was carried out using 7 data samples with a height of 50 cm to 200 cm and a weight of 10 kg to 120 kg. In this system, the BMI value is not only displayed on the LCD but also in the form of sound using speakers. The test results show that there are differences with the results of BMI calculations using firm logic as a reference, overall there is an average error of BMI results using firm logic with fuzzy logic of 19.35%.

Keywords: Digital Scales, Fuzzy Logic, Body Mass Index, Classification

I. PENDAHULUAN

Sustainable Development Goals atau yang biasa disebut sebagai pembangunan berkelanjutan mempunyai 17 tujuan untuk meningkatkan sasaran pembangunan berkelanjutan, yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia pada setiap negara di dunia. Sustainable Development Goals (SDG) yang ke-3 adalah meningkatkan kesehatan dan meminimalisir kematian akibat penyakit yang tidak menular seperti Diabetes Mellitus, Asma, Hipertensi, Jantung, Obesitas, Kanker dan Penyakit Paru [1].

Salah satu penyakit yang sering ditemui adalah obesitas yang menjadi suatu penyebab pada gangguan kesehatan kronis. Peningkatan obesitas bisa dikaitkan dengan kebiasaan seseorang dalam mengkonsumsi makanan yang berlebih dari yang dibutuhkan. Dengan adanya indeks massa tubuh (IMT) seseorang dapat mengetahui status berat badan dirinya apakah berat badannya kurang, normal, atau berlebih. Untuk mengetahui Indeks massa tubuh (IMT) adalah dengan cara mengukur dan menghitung berat badan terhadap tinggi badan untuk mengklasifikasikan IMT kelebihan berat badan atau obesitas pada orang dewasa [2].

Pengukuran adalah suatu hal yang penting dalam dunia ilmu pengetahuan. Panjang dan tinggi merupakan suatu besaran fisik yang bisa diukur untuk berbagai keperluan seperti mengukur tinggi badan seseorang. Alat ukur tinggi badan pada umumnya sebagian besar tidak memperoleh data yang akurat karena sebagian besar alat ukur tinggi badan masih menggunakan cara konvensional atau manual. Tinggi dan berat adalah suatu besaran fisik yang sering diukur untuk berbagai keperluan. Diperlukan data tinggi badan (sentimeter) dan berat badan (kilogram) tubuh seseorang diukur dalam. Untuk mengetahui indeks massa tubuh seseorang harus mengukur tinggi dan berat badan pada seseorang tersebut [3].

Load cell merupakan sensor yang digunakan untuk pengukuran berat (timbangan elektronik). Prinsip kerja sensor load cell yaitu dengan memproses terjadinya suatu *shears* atau *stress* dari sebuah benda. Dalam sensor load cell, *shears* dan *stress* ini diwujudkan berbentuk perubahan panjang atau regangan pada permukaan, dan perubahan panjang ini diproses pada sensor sekunder berupa *strain gauge* yang bisa merubah regangan menjadi suatu perubahan resistansi [4].

Sensor ultrasonik HCSR04 adalah alat yang digunakan untuk mengukur jarak ke suatu objek dengan jarak yang dapat terukur sekitar 2-400 cm.

Sensor ultrasonik memiliki dua pin digital untuk memberikan komunikasi jarak. Prinsip kerja sensor ultrasonik yaitu dengan mengirim pulsa ultrasonik 40 KHz, kemudian dipantukan kembali pulsa gema dan menghitung waktu dalam mikrodetik [5]

Logika fuzzy merupakan ilmu yang mempelajari mengenai ketidakpastian. Logika fuzzy juga dapat memberikan suatu ruang input kedalam ruang output dengan tepat. Dalam teori sistem logika fuzzy dikenal sebagai konsep sistem fuzzy yang dapat digunakan dalam proses prediksi. Salah satunya dengan menggunakan metode metode mamdani. Metode mamdani adalah metode yang juga sering di sebut dengan metode Max-Min atau Max-Product. Metode mamdani memiliki empat tahap yaitu pembentukan himpunan fuzzy yaitu membentuk variabel input dan variabel output, aplikasi fungsi implikasi dapat ditentukan dari nilai yang berupa himpunan fuzzy yaitu nilai Min atau nilai terendah, komposisi aturan yaitu untuk menentukan penilaian himpunan fuzzy, proses terakhir yaitu defuzzifikasi yaitu mengolah suatu himpunan fuzzy yang didapatkan dari komposisi aturan fuzzy untuk menghasilkan output bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut [6]

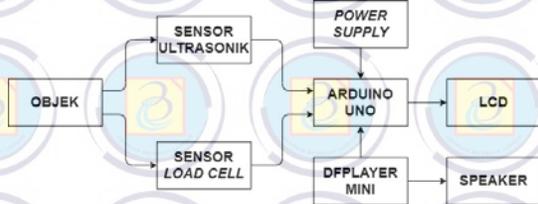
Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan, dalam tugas akhir ini akan dibangun prototype alat pengukur tinggi dan berat badan dengan menggunakan metode fuzzy logic untuk menentukan kondisi badan seseorang yang ideal, dengan menggunakan sensor load cell dan sensor ultrasonik yang di olah oleh mikrokontroler Arduino agar mendapatkan hasil real jika dibandingkan dengan menggunakan logika tegas. Supaya seseorang yang seharusnya mempunyai status IMT normal tidak di anggap sangat kurus dan seterusnya (kurus, gemuk, sangat gemuk).

II. RANCANGAN SISTEM

A. Diagram Blok Sistem.

Dapat dijelaskan bahwa sistem ini menggunakan beberapa bagian utama yaitu power supply, Arduino Uno, sensor load cell, sensor ultrasonik, Dfplayer mini, LCD dan speaker aktif. Tegangan supply untuk timbangan ini berasal dari power supply. Blok sistem sensor ultrasonik terdiri dari sensor tinggi badan digital. Sensor ultrasonik akan memberikan masukan berupa pengukuran tinggi badan dan diolah oleh Arduino menjadi sentimeter. Blok sistem load cell digunakan sebagai input berupa bobot dalam kilogram. Blok sistem LCD digunakan sebagai penampil data yang diproses oleh mikrokontroler Arduino yaitu tinggi, berat dan kondisi proporsional.

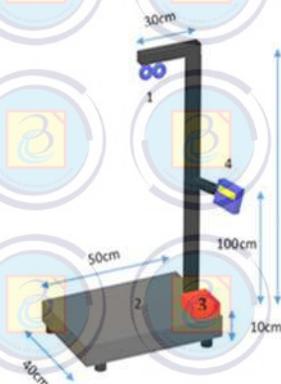
Kemudian untuk menghasilkan suara langkah pertama yaitu, rekam data suara, lalu simpan di SD Card. Agar arduino dapat mengakses data pada SD Card, ia harus menggunakan modul SD Card yaitu DFPlayer yang digunakan untuk komunikasi dengan mikrokontroler. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

B. Rancangan Prototipe Alat

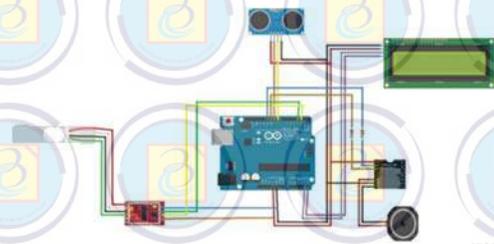
Bagian-bagian mekanik sistem terdiri dari (1) Pada bagian ujung tiang terdapat sensor ultrasonic untuk mengukur tinggi badan, (2) terdapat plat besi dengan sensor load cell untuk mengukur berat badan dan juga kotak kendali (3) sebagai tempat untuk kontroler, (4) LCD untuk menampilkan hasil dari pengukuran ditempatkan pada ketinggian 100 cm agar dapat mudah dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Prototipe Alat

C. Rangkaian Sistem Elektronik

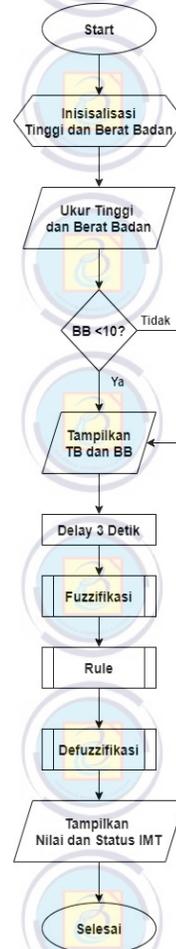
Perancangan ini menggunakan dua buah sensor yaitu sensor load cell dan sensor ultrasonik. Sensor load cell dipasang pada plat besi untuk mengukur berat badan dan akan bekerja jika ada beban. Sensor ultrasonik dipasang pada tiang setinggi 2 meter untuk mengukur ketinggian. Selain itu, LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan data pengukuran berat badan dan tinggi. Sementara speaker mengeluarkan suara yang menyebutkan kondisi tubuh seseorang tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Elektronik

D. Rancangan Algoritma Sistem

a) Algoritma Program Utama



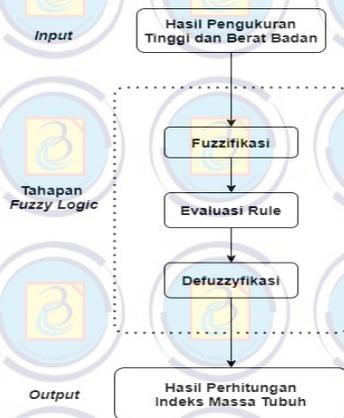
Gambar 4. Algoritma Program Utama

Pada Algoritma program keseluruhan dapat dijelaskan cara kerja sistem secara berurutan, Program diawali dengan menginisialisasi LCD dengan tampilan tinggi dan berat.

Kemudian, sensor load cell dan sensor ultrasonic akan menimbang berat dan mengukur tinggi pada seseorang dengan cara berdiri dan menginjak kotak timbangan yang sudah dibuat. Jika berat badan lebih dari 10 kg dan tinggi lebih dari 50 cm, maka dapat melanjutkan ke proses selanjutnya.

Jika berat badan kurang dari 10 kg dan tinggi kurang dari 50 cm, maka akan kembali ke inialisasi LCD. Kemudian, tunggu beberapa detik untuk menahan nilai yang sudah di dapat untuk di proses fuzzifikasi. Setelah hasil fuzzifikasi selesai, maka selanjutnya adalah menentukan status IMT yaitu sangat kurus, kurus, normal, gemuk dan sangat gemuk, dengan menampilkan data pada LCD dan suara, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 diatas.

b) Algoritma Logika Fuzzy Untuk Klasifikasi IMT
 Pengolahan data pada mikrokontroler masih mengeksekusi beberapa data, sehingga alat yang akan digunakan menggunakan metode logika fuzzy. Metode logika fuzzy yang digunakan akan menangani ketidakpastian tampilan data, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

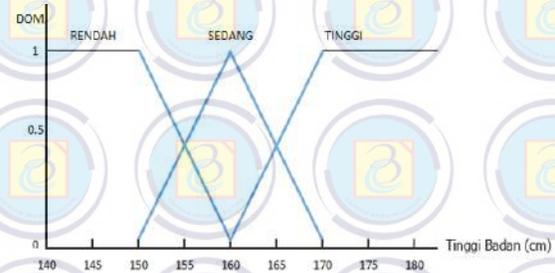


Gambar 5. Algoritma Logika Fuzzy Untuk Klasifikasi IMT

Variabel input dibagi menjadi dua, yaitu: Variabel tinggi badan dan berat badan. Ada juga variabel output yaitu variabel nilai IMT. Variabel nilai IMT ini dibentuk menurut klasifikasi IMT. Pengukuran indeks massa tubuh tidak ada hubungannya dengan usia dan jenis kelamin.

a. Himpunan Fuzzy Dengan Variabel Tinggi Badan

Pada variabel tinggi badan memiliki tiga himpunan fuzzy yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi. Untuk variabel tinggi kurva bahu kiri yaitu himpunan fuzzy Rendah, kurva segitiga himpunan fuzzy Normal dan kurva bahu kanan yaitu himpunan fuzzy Tinggi. Himpunan fuzzy dari variabel tinggi ditunjukkan pada Gambar 6.



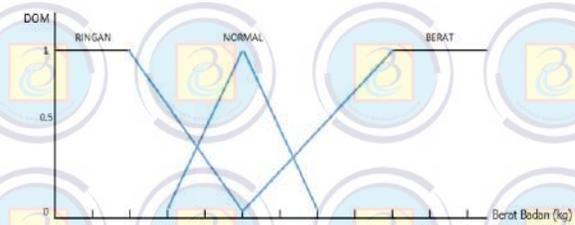
Gambar 6. Himpunan Fuzzy Tinggi Badan

Sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel tinggi badan, dan sumbu vertikal merupakan nilai derajat keanggotaan dari nilai input tersebut.

Tinggi seseorang antara 145 cm dan 165 cm adalah rendah, tinggi seseorang antara 150 cm dan 175 cm adalah sedang, dan tinggi seseorang antara 160 cm dan 190 cm adalah tinggi [7]

b. Himpunan Fuzzy Dengan Variabel Berat Badan

Pada variabel berat badan memiliki tiga himpunan fuzzy, yaitu Ringan, Normal dan Berat. Untuk variabel berat badan kurva bahu kiri yaitu himpunan fuzzy Ringan, kurva segitiga himpunan fuzzy Normal dan kurva bahu kanan yaitu himpunan fuzzy Berat. Himpunan fuzzy dari variabel berat badan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Himpunan Fuzzy Berat Badan

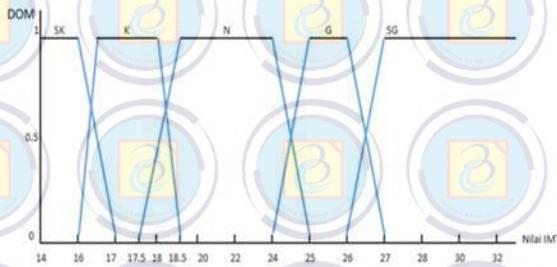
Sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel berat badan, dan sumbu vertikal merupakan nilai derajat keanggotaan dari nilai input tersebut.

Berat badan seseorang antara 35 kg sampai 55 kg adalah ringan, berat antara 45 kg sampai 65 kg adalah normal, berat antara 55 kg sampai 80 kg adalah berat [7]

c. Himpunan Fuzzy Dengan Variabel IMT

Himpunan fuzzy Indeks Massa Tubuh diperoleh sesuai dengan klasifikasi indeks massa tubuh (IMT) yang disesuaikan dengan himpunan fuzzy.

Pada variabel nilai IMT memiliki lima himpunan fuzzy, yaitu Sangat Kurus, Kurus, Normal, Gemuk, dan Sangat Gemuk. Untuk variabel nilai IMT, bentuk kurva bahu kiri yaitu himpunan fuzzy Sangat Kurus, bentuk kurva trapesium yaitu himpunan fuzzy Kurus, Normal dan Gemuk, dan bentuk kurva bahu kanan yaitu himpunan fuzzy Sangat Gemuk. Himpunan fuzzy variabel nilai IMT ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Himpunan Fuzzy Indeks Massa Tubuh

Keterangan:

- SK = Sangat Kurus
- K = Kurus
- N = Normal
- G = Gemuk
- SG = Sangat Gemuk

Sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel IMT, dan sumbu vertikal merupakan nilai derajat keanggotaan dari nilai input tersebut.

Seseorang dengan nilai IMT antara 14 sampai 17 adalah Sangat Kurus, jika nilai IMT antara 16 sampai 18,5 adalah Kurus, jika nilai IMT antara 17,5 sampai 25 adalah Normal, jika nilai IMT antara 24 sampai 27 adalah Gemuk dan jika nilai IMT antara 26 sampai 33 adalah Sangat Gemuk [2].

Setelah himpunan fuzzy terbentuk, selanjutnya membentuk aturan fuzzy. Aturan fuzzy bertujuan untuk menyatakan hubungan antara input dan output.

Tabel 1. Rule Dalam Penentuan Status IMT

		Tinggi Badan		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Berat Badan	Ringan	Normal	Kurus	Sangat Kurus
	Normal	Gemuk	Normal	Kurus
	Berat	Sangat Gemuk	Gemuk	Normal

[R1]: Jika tinggi badan adalah **Rendah** dan berat badan adalah **Ringan** maka status IMT adalah

Normal.

[R2]: Jika tinggi badan adalah **Rendah** dan berat badan adalah **Normal** maka status IMT adalah **Gemuk.**

[R3]: Jika tinggi badan adalah **Rendah** dan berat badan adalah **Berat** maka status IMT adalah **Sangat Gemuk.**

[R4]: Jika tinggi badan adalah **Sedang** dan berat badan adalah **Ringan** maka status IMT adalah **Kurus**

[R5]: Jika tinggi badan adalah **Sedang** dan berat badan adalah **Normal** maka status IMT adalah **Normal.**

[R6]: Jika tinggi badan adalah **Sedang** dan berat badan adalah **Berat** maka status IMT adalah **Gemuk.**

[R7]: Jika tinggi badan adalah **Tinggi** dan berat badan adalah **Ringan** maka status IMT adalah **Sangat Kurus.**

[R8]: Jika tinggi badan adalah **Tinggi** dan berat badan adalah **Normal** maka status IMT adalah **Kurus.**

[R9]: Jika tinggi badan adalah **Tinggi** dan berat badan adalah **Berat** maka status IMT adalah **Normal.**

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat hasil rancangan sistem ditunjukkan pada Gambar untuk memvalidasi hasil racangan yang sudah dibuat, dilakukan pengujian sistem yang terdiri dari pengujian sensor tinggi badan, pengujian sensor berat badan, pengujian output suara dan pengujian sistem secara keseluruhan.



Gambar 9. Prototipe Alat

A. Pengujian Sensor Tinggi Badan

Sensor tinggi badan yang telah dibuat dengan menggunakan ultrasonik HC-SR04, sebelum digunakan pada sistem timbangan, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk melihat kinerja sensor apakah dapat mengukur tinggi badan dengan teliti. Jarak objek dengan sensor dibuat bervariasi mulai dari 50 cm sampai 190 cm dengan perubahan jarak

setiap 5 cm yang diukur dengan menggunakan mistar (sebagai alat ukur jarak pembanding). Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tinggi Badan

No.	Tinggi Badan (cm)		
	Alat Ukur Pembanding (Mistar)	Sensor Ultrasonik	Persen Error %
1.	20	19.86	0,70
2.	25	24.84	0,64
3.	30	29.75	0,83
4.	35	34.77	0,66
5.	40	39.76	0,60
6.	45	44.73	0,60
7.	50	49.78	0,44
8.	55	54.66	0,62
9.	60	59.63	0,61
10.	65	64.65	0,54
11.	70	69.62	0,54
12.	75	74.64	0,48
13.	80	79.67	0,41
14.	85	84.45	0,65
15.	90	89.43	0,63
16.	95	94.43	0,60
17.	100	99.46	0,54
18.	105	103.42	1,50
19.	110	109.40	1,45
20.	115	113.44	1,35
21.	120	118.38	1,35
22.	125	123.35	1,32
23.	130	128.33	1,28
24.	135	133.30	1,25
25.	140	138.29	1,22
26.	145	143.24	1,21
27.	150	147.21	1,86
28.	155	153.22	1,15
29.	160	157.20	1,75
30.	165	162.87	1,29
31.	170	167.84	1,27
32.	175	172.87	1,22
33.	180	177.80	1,22
34.	185	183.77	1,20
35.	190	187.72	1,20
36.	195	192.69	1,18
37.	200	196.60	1,70
Rata – rata Error			0,97

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak hasil pengujian pada alat tidak sama dengan jarak sebenarnya yang diukur dengan mistar dan persentase error 0% sampai dengan 0,97%. Berdasarkan karakteristik sensor ultrasonic dapat menghitung pada jarak 2 cm hingga 400 cm, tetapi data pengukuran menunjukkan bahwa menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup tinggi pada jarak 200 cm dan selebihnya hanya terjadi tingkat kesalahan kecil. Hal ini

menunjukkan bahwa sensor ultrasonik bekerja dengan baik. Jika jarak yang di ukur semakin tinggi maka erornya pun cukup tinggi, untuk bisa menurunkan error tersebut perlu dilakukan kalibrasi ulang pada sensor atau bisa juga mengecek dan membetulkan posisi sensor jika posisi sensor miring atau sesuai.

B. Pengujian Sensor Berat Badan

Sensor berat badan yang telah dibuat yaitu dengan menggunakan *Load Cell*, sebelum digunakan pada sistem timbangan, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk melihat kinerja sensor apakah dapat mengukur beban berat dengan tepat. Pengujian dilakukan dengan cara menempatkan beban dengan permukaan rata pada satu titik, lalu menunggu selama 5 detik agar mendapatkan hasil yang tepat. Berat beban yang diukur dibagi dalam beberapa rentang kelompok dengan berat antara 0-10kg, berat antara 11-20kg, berat antara 21-30kg, berat antara 31-40kg, berat antara 41-50kg, berat antara 51-60kg, berat antara 61-70kg, berat antara 71-80kg, berat antara 81-90kg, berat antara 91-100kg, dengan menggunakan timbangan yang banyak dipasaran (sebagai alat ukur pembanding). Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Berat Badan

No.	Rentang Berat Beban (kg)	Berat Sebenarnya (kg)	Pembacaan Load Cell (kg)	Persen Error (%)
1.	0 – 10	7	7,00	0
2.	11 – 20	16,1	16,2	0,60
3.	21 – 30	23,7	24	1,26
4.	31 – 40	45,5	45,7	0,43
5.	41 – 50	46,1	46,2	0,21
6.	51 – 60	55,2	55,4	0,36
7.	61 – 70	68,7	68,5	0,29
8.	71 – 80	72,3	72,2	0,13
9.	81 – 90	84,3	84,1	0,23
10.	91 – 100	95,6	97	1,46
Rata – rata error				0,49

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa berat hasil pengujian pada alat tidak sama dengan berat sebenarnya yang diukur dengan timbangan yang sudah ada dan persentase error 0% sampai dengan 0,49%. Berdasarkan karakteristik sensor loadcell dapat menghitung pada berat 1 kg hingga 150 kg, tetapi data pengukuran menunjukkan bahwa menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup tinggi pada rentang berat 91-100 kg dan selebihnya hanya terjadi tingkat kesalahan kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sensor load cell bekerja dengan baik. Pada Tabel 3 diatas dapat di lihat bahwa semakin berat beban yang diukur maka semakin tinggi tingkat kesalahannya sama seperti dengan sensor ultrasonik

C. Pengujian Output Suara

Untuk menghasilkan output suara yaitu menggunakan modul DFPlayer Mini memory card dan speaker, sebelum digunakan, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk melihat kinerja dari modul DFPlayer Mini apakah dapat menghasilkan suara yang di inginkan. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan memory card ke dalam modul dfplayer mini, selanjutnya di program menggunakan software arduino ide untuk mengetahui apakah modul dfplayer mini dan speaker dapat berfungsi dengan baik. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Output Suara

No	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)	IMT	Audio yang dihasilkan	Keterangan
1.	175	84	Normal	"Tinggi badan anda 175 sentimeter, berat badan anda 84 kilogram, status imt anda normal"	Sesuai
2.	150	51	Normal	"Tinggi badan anda 150 sentimeter, berat badan anda 51 kilogram, status imt anda normal"	Sesuai
3.	158	72	Gemuk	"Tinggi badan anda 158 sentimeter, berat badan anda 72 kilogram, status imt anda Gemuk"	Sesuai
4.	164	57	Normal	"Tinggi badan anda 164 sentimeter, berat badan anda 57 kilogram, status imt anda normal"	Sesuai
5.	137	26	Normal	"Tinggi badan anda 137 sentimeter, berat badan anda 26 kilogram, status imt anda normal"	Sesuai

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan output suara sudah berfungsi dengan baik dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan.

D. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah perancangan yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang telah dirancang. Pada proses pengujian ini meliputi pengukuran tinggi badan dan berat badan dengan alat yang sudah dirancang dan akan dibandingkan dengan pengukuran secara manual serta menguji keluaran suara.

Pengujian alat timbangan digital untuk menentukan Indeks Massa Tubuh ini dilakukan dengan menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian orang dengan ketinggian 50 cm hingga 200 dan juga menggunakan sensor load cell untuk mengukur berat badan dengan berat 10 kg hingga 120kg. Hasil dari pembacaan sensor ultrasonik dan sensor load cell akan dilakukan perbandingan secara manual sebagai acuan. Berikut ini proses dan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 10 dan Tabel 5.



Gambar 10. Proses Pengujian Alat



Gambar 11 Proses Pengukuran Tinggi Badan



Gambar 12. Proses Pengukuran Berat Badan

Berdasarkan tabel pengujian diatas, pada pengujian dengan alat manual untuk tinggi 151 cm dan berat 50 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil IMT sebesar 22,66. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 151 dan berat 50 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 23,07, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 1,77%. Untuk tinggi 165 cm dan berat 56 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil IMT sebesar 21,19. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 164 dan berat 57 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 21,76, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 2,61%.

Untuk tinggi 138 cm dan berat 25 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil IMT sebesar 13,85. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 137 dan berat 26 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 21,25, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 34,82%. Untuk tinggi 125 cm dan berat 25 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil IMT sebesar 15,86. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 123 dan berat 24 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 21,25, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 25,36%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan

Orang Ke-	Tinggi (cm)		Berat (kg)	
	Alat Ukur Pemanding (mistar)	Alat TA	Alat Ukur Pemanding (timbangan biasa)	Alat TA
1	150	150	51	51
2	165	164	56	57
3	138	137	25	26
4	125	123	23	24
5	174	172	81	82
6	159	158	72	71
7	170	169	82	83

Tabel 5. Hasil Pengujian Keseluruhan (lanjutan)

Hasil					Dokumentasi
IMT Logika Fuzzy		IMT Logika Tegas		Persen Error %	
Nilai	Status	Nilai	Status		
23,07	Normal	22,66	Normal	1,77	
21,76	Normal	21,19	Normal	2,61	
21,25	Normal	13,85	Sangat Kurus	34,82	
21,25	Normal	15,86	Sangat Kurus	25,36	
21,45	Normal	27,71	Sangat Gemuk	29,18	
26,78	Gemuk	28,44	Sangat Gemuk	6,27	
21,45	Normal	29,06	Sangat Gemuk	35,47	

Untuk tinggi 174 cm dan berat 81 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil IMT sebesar 27,71. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 172 dan berat 82 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 21,45, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 29,18%. Untuk tinggi 159 cm dan berat 72 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil IMT sebesar 28,44. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 158 dan berat 71 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 26,78, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 6,27%. Untuk tinggi 170 cm dan berat 82 kg dengan perhitungan dengan logika tegas mendapatkan hasil

IMT sebesar 29,06. Sedangkan pada alat otomatis terukur tinggi 169 dan berat 83 kg dengan logika fuzzy mendapatkan hasil IMT sebesar 21,45, sehingga terapat error hasil IMT sebesar 29,06%. Dengan keterbatasan orang pada saat pengujian, jadi hanya bisa dilakukan pengujian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Pada pengujian orang ke 1 & 2 didapatkan hasil yang sesuai yaitu Normal, sedangkan untuk pengujian orang ke 3 sampai 7 mendapatkan hasil yang tidak sesuai dengan yang sebenarnya, hal dikarenakan mengacu pada rule logika fuzzy yang dirancang pada alat ini sehingga tidak mendapatkan hasil yang sesuai, jika tinggi dan berat badan tidak sesuai dengan rule logika fuzzy yang sudah di rancang, maka hasilnya pun tidak sesuai. Dari 7 kali pengujian secara keseluruhan terdapat rata-rata error hasil IMT menggunakan logika tegas dengan logika fuzzy sebesar 19,35%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan hasil pengujian yang telah dilakukan pada alat ini dapat disimpulkan:

Sensor tinggi badan yang dirancang memiliki rata-rata kesalahan pembacaan sebesar 0,97% berdasarkan hasil pengujian dengan 37 variasi data yang digunakan. Sensor berat badan yang dirancang memiliki rata-rata kesalahan pembacaan sebesar 0,49% berdasarkan hasil pengujian dengan 10 variasi data yang digunakan.

Modul DFPlayer mini dan speaker untuk menghasilkan output suara sudah sesuai dan berfungsi dengan baik berdasarkan hasil pengujian dengan 5 variasi data yang digunakan. Dari hasil penerapan fuzzy logic untuk menghasilkan nilai IMT pada seseorang terdapat perbedaan dengan hasil perhitungan IMT menggunakan logika tegas sebagai acuan. Dari 7 kali pengujian secara keseluruhan terdapat rata-rata error hasil IMT menggunakan logika tegas dengan logika fuzzy sebesar 19,35%.

V. REFERENSI

- [1] Ritaningsih, S. P. (2020) 'Hubungan Faktor Genetik Dan Asupan Natrium Dengan Risiko Kejadian Hipertensi Pada Masyarakat Di Pukesmas Sukorejo Kabupaten Jember'.
- [2] Kementerian Kesehatan RI (2018) 'Epidemi Obesitas', Jurnal Kesehatan, pp. 1–8. Available at: <http://www.p2ptm.kemkes.go.id/dokumen-ptm/factsheet-obesitas-kit-informasi-obesitas>.
- [3] Supriyono, I. A., Sudarto, F. and Fakhri, M. K. (2016) 'Pengukur Tinggi Badan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Dengan Output Suara', CCIT Journal, 9(2), pp. 148–156. doi: 10.33050/ccit.v9i2.
- [4] Mandayatma, E. (2018) 'Peningkatan Resolusi Sensor Load Cell Pada Timbangan Elektronik', Jurnal Eltek, 16(1), p. 37. doi: 10.33795/eltek.v16i1.85.
- [5] Puspasari, F.- et al. (2019) 'Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian', Jurnal Fisika dan Aplikasinya, 15(2), p. 36. doi: 10.12962/j24604682.v15i2.4393.
- [6] Rahakbauw, D. L., Rianekuy, F. J. and Lesnussa, Y. A. (2019) 'Penerapan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Karet (Studi Kasus: Data Persediaan Dan Permintaan Produksi Karet Pada Tpt Nusantara Xiv (Persero) Kebun Awaya, Teluk Elpaputih, Maluku-Indonesia)', Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan, 16(1), pp. 51–59. doi: 10.22487/2540766x.2019.v16.i1.12764
- [7] RI, Kementerian Kesehatan. 2019. "Tinggi Badan Dan Berat Badan." *Jurnal Kesehatan*, 1–2.