

**Rancang Bangun Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal Menggunakan Metode Fuzzy Logic Sugeno**

Muhammad Azizul Fikri<sup>1</sup>, Danang Erwanto<sup>2</sup>, Dian Efytra Yuliana<sup>3</sup>

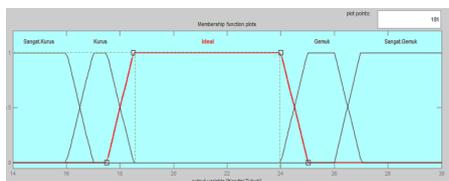
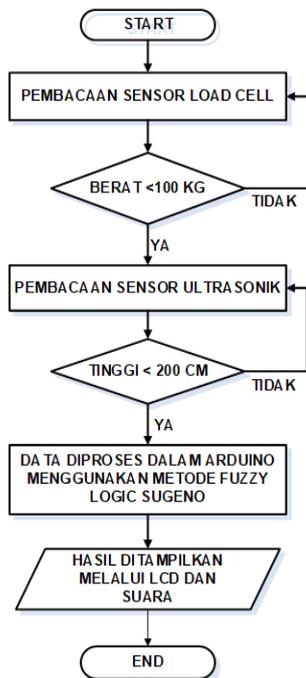
<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kadiri, Kediri.

**Informasi Artikel**

**Naskah Diterima :** 16 Maret 2018  
**Direvisi :** 14 April 2018  
**Disetujui :** 15 Juni 2018

**\*Korespodensi Penulis :**  
 azizul.fikri@yahoo.com

**Graphical abstract**



**Abstract**

Parameters used to determine one's body condition is weight and height. Manually to determine the Body Mass Index (BMI) requires two steps, namely measuring body weight and height then calculate body mass index, so less effective. Using fuzzy logic sugeno method, can be designed a device to predict the condition of the human body based on body mass index by measuring weight and height with just one step using this device. From the results of the research that has been done, the load cell is able to measure the weight well, with an average error of 3.95%, and for ultrasonic sensors are able to detect distances very well, with an average error of 1.5%. As for the overall devices testing there is an average error of IMT results of 4.61%. However, although there are differences in IMT results from of measurement by manual devices and measurement with digital devices, the results of both are still in the same category of body condition.

**Keywords:** Weight, Height, Body Mass Index (BMI), Fuzzy Logic Sugeno

**Abstrak**

Parameter yang digunakan untuk menentukan kondisi tubuh seseorang adalah berat badan serta tinggi badan. Secara manual untuk menentukan Indeks Massa Tubuh (IMT) membutuhkan dua langkah, yaitu mengukur berat badan serta tinggi badan kemudian dihitung IMT-nya, sehingga kurang efektif. Dengan Menggunakan metode logika fuzzy sugeno, dapat dirancang alat untuk memprediksi kondisi tubuh manusia berdasarkan Indeks Massa Tubuh dengan cara mengukur berat badan serta tinggi badan hanya dengan satu langkah menggunakan alat tersebut. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, *load cell* mampu mengukur berat dengan baik, dengan *error* rata-rata sebesar 3,95 %, dan untuk sensor ultrasonik mampu mendeteksi jarak dengan sangat baik, dengan *error* rata-rata sebesar 1,5%. Sedangkan untuk pengujian alat secara keseluruhan terdapat *error* rata-rata hasil IMT sebesar 4,61%. Akan tetapi meskipun terdapat perbedaan hasil IMT dari pengukuran dengan alat manual dan pengukuran dengan alat digital, hasil keduanya masih dalam kategori kondisi tubuh yang sama.

**Kata Kunci:** Berat Badan, Tinggi Badan, Indeks Massa Tubuh (IMT), Fuzzy Logic Sugeno.

**1. PENDAHULUAN**

Masalah berat badan sering sekali diabaikan dan dianggap tidak terlalu penting oleh sebagian besar orang. Padahal, kesehatan tubuh juga dipengaruhi oleh berat badan. Menurut data (*World Health Organization*) WHO tahun 2014, lebih dari 1.9 milyar orang dewasa dan yang berusia di atas 18 tahun di dunia mengalami kelebihan berat badan. Sementara, lebih dari 600 juta masyarakat dunia mengalami obesitas [1]. Kondisi kenaikan berat badan dan obesitas bisa memberikan efek buruk bagi kesehatan. Efek buruk tersebut antara lain adalah meningkatkan resiko komplikasi penyakit jantung,



diabetes, tekanan darah tinggi, kolesterol, dan sejumlah penyakit lainnya. Ada banyak tips kesehatan berupa pola hidup sehat yang dapat menstabilkan berat badan. Namun sebelum menjalani tips tersebut, alangkah baiknya jika terlebih dahulu memahami definisi tubuh ideal dan sehat serta cara menghitungnya.

Tubuh ideal adalah kondisi yang seimbang antara berat badan dan tinggi badan. Sehingga seseorang akan memiliki penampilan fisik yang tampak ideal dan sehat, tidak terlalu gemuk dan tidak terlalu kurus serta memiliki energi yang cukup untuk menjalani kegiatan penting sehari-hari. Perhitungan terhadap berat badan ideal memiliki kegunaan sebagai parameter keadaan kesehatan seseorang. Dengan mempertahankan kondisi berat badan yang ideal, kita dapat mengoptimalkan kesehatan dan kebugaran tubuh, serta menghindari dari berbagai macam ancaman penyakit tertentu [1]. Salah satu cara penentuan obesitas adalah dengan menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT) [2]. Penentuan indeks massa tubuh (IMT) dilakukan dengan mengukur berat dan tinggi badan subyek tanpa menggunakan sepatu [3]. Kebanyakan alat ukur tubuh yang ada di pasaran masih terpisah antara alat ukur berat badan dan alat ukur tinggi badan serta penggunaannya masih manual yaitu masih memerlukan bantuan tenaga manusia untuk melakukan pengukuran. Hal ini dirasa masih kurang efektif, karena selain memerlukan bantuan orang lain, hasilnya pun masih sebatas mengetahui berat serta tinggi badan saja, dan masih belum tentu akurat.

Berangkat dari masalah yang telah disebutkan di atas, penulis berinisiatif membuat sebuah alat prediksi kondisi tubuh ideal. Alat prediksi kondisi tubuh ideal ini nantinya dirancang dalam satu paket alat ukur yang memanfaatkan fungsi sensor untuk melakukan pengukuran. Sensor yang digunakan antara lain sensor ultrasonik dan sensor berat (*load cell*). Sensor ultrasonik diletakkan di atas dengan jarak tertentu yang berfungsi menangkap sinyal untuk mengukur tinggi badan, sedangkan sensor berat (*load cell*) diletakkan pada sebuah papan besi yang akan bekerja apabila papan tersebut diberikan beban, *load cell* ini nantinya berfungsi untuk mengukur berat badan. Hasil pengukuran dari kedua sensor tersebut nantinya akan di proses dalam Arduino uno dengan metode *fuzzy logic* sugeno. Setelah di proses di dalam Arduino uno, nantinya hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan melalui LCD serta *output* suara yang akan menyebutkan apakah kondisi tubuh ideal atau tidak. Dengan adanya alat prediksi kondisi tubuh ideal ini, diharapkan dapat mempermudah dalam menentukan indeks massa tubuh seseorang.

### 1.1. Berat badan Dan Tinggi Badan

Berat badan adalah parameter antropometri yang sangat labil. Dalam keadaan normal, dimana dalam keadaan seimbang antara konsumsi dan kebutuhan zat gizi, berat badan akan berkembang mengikuti pertambahan usia. Sebaliknya dalam keadaan abnormal terdapat dua kemungkinan perkembangan berat badan yaitu dapat berkembang cepat atau lebih lambat dari keadaan normal. Sedangkan tinggi badan merupakan salah satu parameter yang dapat melihat keadaan status gizi sekarang dan keadaan yang telah lalu. Dimana, Tinggi badan merupakan jarak vertikal yang diukur dari alas kaki sampai ke ujung kepala.

### 1.2. Menentukan Kondisi Tubuh ideal

Cara yang paling umum digunakan untuk menentukan kondisi tubuh ideal adalah dengan menggunakan IMT. Caranya adalah berat badan dalam satuan kilogram dibagi dengan tinggi badan dengan satuan meter yang sebelumnya sudah dikuadratkan. Untuk mengetahui nilai IMT ini, dapat dihitung dengan rumus berikut [4]:

$$\text{Indeks massa tubuh (IMT)} = \frac{\text{Berat Badan}}{\text{Tinggi Badan} \times \text{Tinggi Badan}} \dots\dots\dots (1)$$

Setelah hasil perhitungan IMT sudah diketahui, kemudian kondisi tubuh manusia dapat disesuaikan dengan tabel 1 sebagai berikut:



Tabel 1. Kondisi Tubuh Berdasarkan IMT [1]

| IMT             | Kondisi Tubuh | Keterangan                               |
|-----------------|---------------|--|
| $x < 17$        | Sangat kurus  | Kekurangan berat badan tingkat berat     |
| $17 < x < 18,5$ | Kurus         | Kekurangan berat badan tingkat ringan    |
| $18,5 < x < 25$ | Ideal         | Berat badan seimbang dengan tinggi badan |
| $25 < x < 27$   | Gemuk         | Kelebihan berat badan tingkat ringan     |
| $x > 27$        | Sangat gemuk  | kelebihan berat badan tingkat berat      |

1.3. *Fuzzy Logic Sugeno*

Logika fuzzy sugeno diperkenalkan oleh Takagi Sugeno pada tahun 1985 yang merupakan varian dari model mamdani. Dalam inferensinya *Fuzzy Logic Sugeno* menggunakan tahapan berikut:

- a. Fuzzyfikasi
- b. Pembentukan basis pengetahuan fuzzy (*Rule* dalam bentuk *IF.... THEN*)
- c. Mesin inferensi  
Menggunakan fungsi implikasi *Min* untuk mendapatkan nilai  $\alpha$ -predikat tiap-tiap rule ( $\alpha_1, \alpha_2 \dots \dots \alpha_n$ ). Kemudian masing nilai  $\alpha$ -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas masing-masing rule ( $z_1, z_2 \dots \dots z_n$ )
- d. Defuzzyfikasi  
Menggunakan metode rata-rata (*Average*) [5].

$$z' = \frac{\sum \mu_i z_i}{\sum \mu_i} \dots \dots \dots (2)$$

1.4. *Arduino Uno*

Arduino Uno adalah papan kendali tunggal berbasis mikrokontroler ATMEGA 328 yang bersifat *open source* dan memberikan kemudahan dalam pemrograman dan pengembangan *hardware*. Pada papan Arduino Uno terdapat 14 pin digital (pin 0 – pin 13) yang beroperasi pada tegangan 5 volt da mampu memberikan maupun menerima arus maksimum sebesar 40 mA dengan resistor *pull-up* 20 – 50 kΩ. Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()` [6].



Gambar 1 Papan Arduino Uno R3 [6]

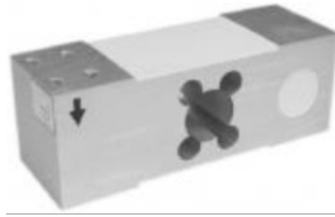
Pemrograman papan Arduino Uno menggunakan *software* Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang bersifat *open source*. Arduino IDE sudah dilengkapi *file* pustaka tambahan yang berisi fungsi/*method* seperti menghubungkan ke jaringan dengan Wifi/Ethernet, membuat *server* sederhana, mengendalikan *motor stepper*, komunikasi data seri, dan sebagainya [7]. Sedangkan kode program Arduino disebut dengan *sketch* yang memiliki struktur yang mirip seperti Bahasa C.

1.5. *Load Cell*

*Load cell* adalah sensor gaya dan tekanan, apabila dikenai gaya atau tekanan maka bentuknya akan berubah, perubahan bentuknya ini menyebabkan resistansinya akan berubah [8]. Pada sensor *load cell* terdapat elemen pegas yang mampu memberikan sinyal tegangan jika ada tarikan atau tekanan yang diberikan pada sensor *load cell*. Sensor ini mampu menghasilkan sinyal keluaran yang



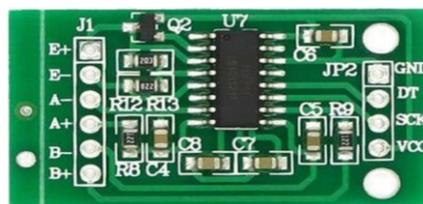
berubah secara kontinu dengan nilai *output* berbanding lurus dengan beban yang diterapkan [9]. Prinsip kerja dari *load cell* adalah menggunakan perlawanan listrik ke tegangan logam *foil* yang saling berhubungan, dititik maksimum tegangan elemen tersebut diukur kemudian dikonversi mejadi tegangan listrik proporsional [10]. Tingkat keakurasian dari pengukuran berat bergantung pada jenis *load cell* yang dipakai.



Gambar 2. Single point *load cell* [9]

#### 1.6. Modul Amplifier HX711

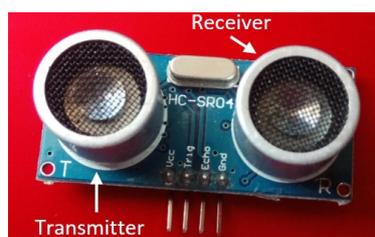
Modul HX711 merupakan modul amplifier yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal analog ke digital pada *load cell* [11]. Modul HX711 menguatkan tegangan dari *load cell* saat *load cell* bekerja kemudian di ubah menjadi data digital. Kelebihan daripada modul Hx711 adalah struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan *reliable*, memiliki sensitifitas yang tinggi dan mampu mengukur perubahan dengan cepat [12].



Gambar 3. Modul HX711 [12]

#### 1.7. Sensor Ultrasonik

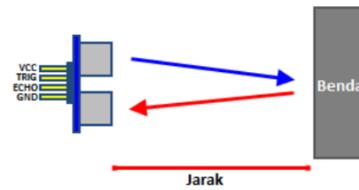
Sensor ultrasonik merupakan suatu komponen elektronik yang digunakan untuk mengukur jarak dengan cara mendeteksi pantulan gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik menghasilkan gelombang suara dengan frekuensi 40 kHz [13].



Gambar 4. Modul Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 adalah modul sensor ultrasonik yang siap pakai dengan kemampuan mengukur jarak suatu benda diantara 2 cm – 400 cm dengan sudut pantul gelombang pengukuran 15 derajat dan akurasi jarak sebesar 3 mm. HC-SR04 memiliki 4 pin (Vcc, Gnd, Trig, dan *Echo*) dan beroperasi pada tegangan sumber sebesar 5.0 V. Pin Vcc untuk sumber tegangan positif, pin Gnd untuk *ground*-nya, pin trigger untuk masukan sebagai pembangkit gelombang ultrasonik, dan pin *Echo* sebagai pin keluaran untuk memberikan nformasi pendeteksian gelombang ultrasonik yang dipantulkan. Cara kerja modul HC-SR04 yaitu ketika diberikan tegangan positif (5 V) pada pin Trig selama 10  $\mu$ S melalui mikrokontrol maka pada bagian *transmitter* akan membangkitkan 8 *step* gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz. Selanjutnya gelombang ultasonik yang terpantul oleh benda akan

diterima oleh bagian *receiver*. Pin echo kemudian akan memberikan informasi pada mikrokontroler bahwa bagian receiver telah menerima pantulan gelombang ultrasonik. Kemudian mikrokontroler akan menghitung jarak berdasarkan selis antara waktu pemancaran gelombang ultrasonik dan waktu pemantulan gelombang ultrasonik.



Gambar 5. Cara kerja Sensor Ultrasonik [14]

Karena kecepatan bunyi adalah 340 m/s, maka rumus untuk mencari jarak berdasarkan ultrasonik adalah [14]:

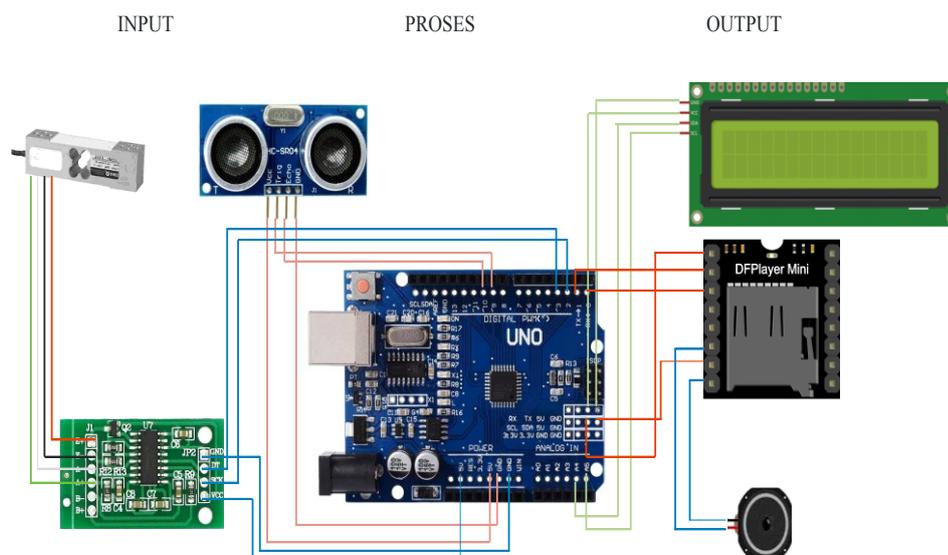
$$s = 340 \times t/2 \dots\dots\dots (3)$$

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan meliputi : 1) Studi Pustaka, meliputi mencari, mengkaji dan mempelajari berbagai macam teori yang mendukung dan berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Teori-teori ini didapatkan dari jurnal ilmiah, hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta dari berbagai buku referensi yang mendukung penelitian ini; 2) Perancangan *hardware* yaitu proses perancangan alat dari material dan komponen yang dibutuhkan sesuai dengan desain yang sudah direncanakan; 3) Perancangan *software* yaitu mengaplikasikan berbagai macam teknik dan prinsip untuk mendefinisikan secara rinci suatu perangkat, proses atau sistem agar dapat direalisasikan dalam suatu bentuk fisik; 4) Pengujian alat, untuk mengetahui apakah alat tersebut sudah bekerja dengan maksimal sesuai dengan target yang diharapkan 5) Menganalisa data yang telah didapatkan pada saat pengujian alat. Pada tahap ini diharapkan dapat ditemukan sebuah gagasan baru dalam mengurangi kesalahan pada tiap tahapan di atasnya.

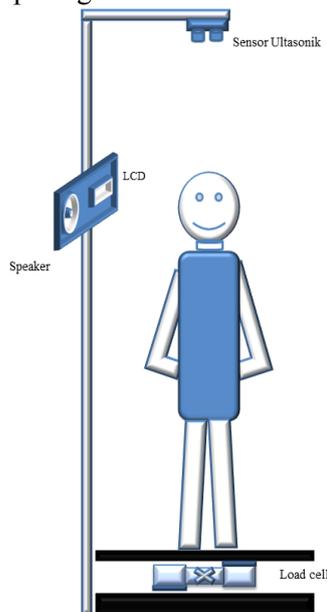
### 2.1. Perancangan *Hardware*

Penelitian ini menggunakan dua sensor yaitu sensor berat (*load cell*) dan sensor ultrasonik. Sensor berat (*load cell*) dipasang pada sebuah plat besi untuk mengukur tinggi badan dan akan bekerja jika ada beban. Sedangkan sensor ultrasonik dipasang pada tiang dengan ketinggian 2 meter yang digunakan untuk mengukur tinggi badan. Untuk blok diagram rangkaian dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Blok Diagram Rangkaian Alat Prediksi Kondisi Tubuh Ideal

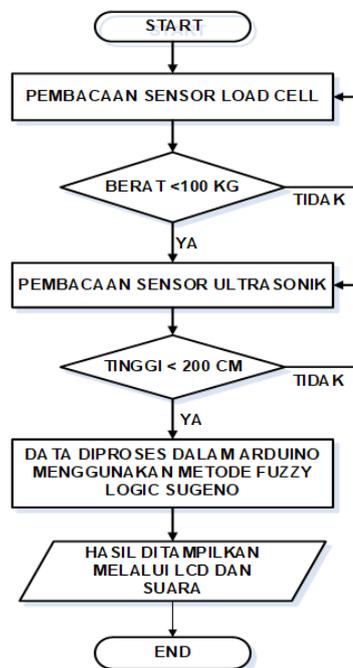
Selain itu LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan data hasil dari pengukuran berat badan dan tinggi badan. Sedangkan *speaker* mengeluarkan suara yang menyebutkan kondisi tubuh seseorang yang sedang melakukan pengukuran. Untuk desain alat prediksi kondisi tubuh ideal menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Rancangan Alat Prediksi kondisi tubuh ideal

## 2.2. Perancangan *Software*

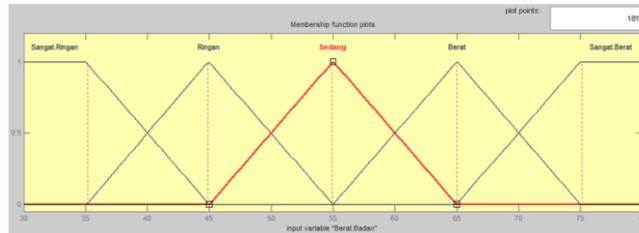
Perancangan *software* dari sistem prediksi kondisi tubuh ideal mengikuti *flowchart* sesuai dengan gambar 6 sebagai berikut.



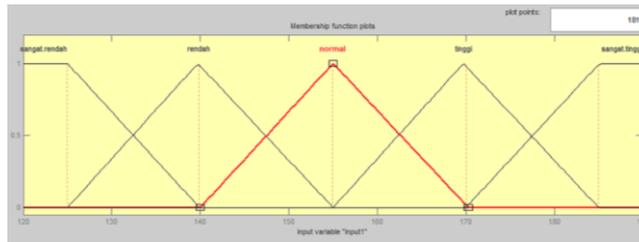
Gambar 8. *Flowchart* Sistem

Sistem dibangun dengan menggunakan metode *fuzzy logic* yang memerlukan beberapa langkah sehingga terbentuk suatu keputusan *output* dari sistem sesuai dengan perhitungan. Perancangan bentuk himpunan dan fungsi keanggotaan fuzzy dilakukan pada tahap Fuzzifikasi. Langkah pertama adalah fuzzifikasi yaitu proses konversi *input* yang bersifat tegas kedalam bentuk (*fuzzy*) variabel linguistik menggunakan fungsi keanggotaan. Jika *crisp input* memiliki derajat

keanggotaan 1, maka *crisp input* tersebut sudah jelas termasuk dalam anggota variabel linguistik dari fungsi yang mengenainya, hal yang sebaliknya akan terjadi jika nilai *crisp input* yang didapat adalah 0 [14]. Perancangan himpunan *fuzzy* berat badan dan tinggi badan dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Fuzzyfikasi Berat badan



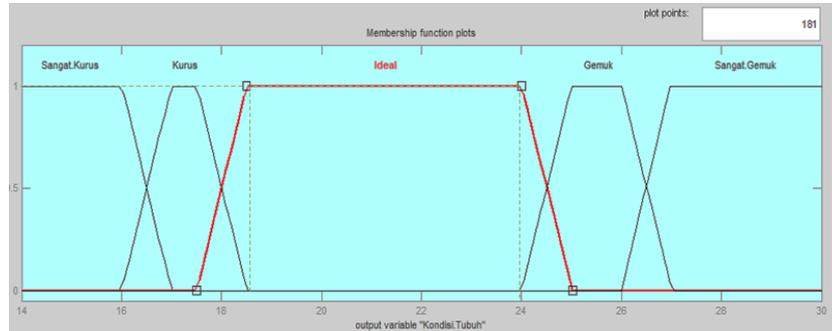
Gambar 10. Fuzzyfikasi Tinggi

Setelah dilakukan proses fuzzyfikasi dilanjutkan ke proses pembuatan *rule base fuzzy*. Untuk *rule base* pada sistem ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Rule base fuzzy*

| Rule No | Berat Badan   | Tinggi Badan  | Kondisi Tubuh |
|---------|---------------|---------------|---------------|
| 1       | Sangat ringan | Sangat rendah | Ideal         |
| 2       | Sangat ringan | Rendah        | Ideal         |
| 3       | Sangat ringan | Sedang        | Kurus         |
| 4       | Sangat ringan | Tinggi        | Sangat kurus  |
| 5       | Sangat ringan | Sangat Tinggi | Sangat kurus  |
| 6       | Ringan        | Sangat rendah | Gemuk         |
| 7       | Ringan        | Rendah        | Ideal         |
| 8       | Ringan        | Sedang        | Kurus         |
| 9       | Ringan        | Tinggi        | Sangat kurus  |
| 10      | Ringan        | Sangat Tinggi | Sangat kurus  |
| 11      | Sedang        | Sangat rendah | Sangat gemuk  |
| 12      | Sedang        | Rendah        | Gemuk         |
| 13      | Sedang        | Sedang        | Ideal         |
| 14      | Sedang        | Tinggi        | kurus         |
| 15      | Sedang        | Sangat Tinggi | Sangat kurus  |
| 16      | Berat         | Sangat rendah | Sangat gemuk  |
| 17      | Berat         | Rendah        | Sangat gemuk  |
| 18      | Berat         | Sedang        | Gemuk         |
| 19      | Berat         | Tinggi        | Ideal         |
| 20      | Berat         | Sangat Tinggi | Kurus         |
| 21      | Sangat berat  | Sangat rendah | Sangat gemuk  |
| 22      | Sangat berat  | Rendah        | Sangat gemuk  |
| 23      | Sangat berat  | Sedang        | Sangat gemuk  |
| 24      | Sangat berat  | Tinggi        | Gemuk         |
| 25      | Sangat berat  | Sangat Tinggi | Ideal         |

Setelah pembuatan *rule base* selesai, dilanjutkan pada proses inferensi untuk menentukan nilai  $\alpha$ -Predikat dari masing-masing aturan. Setelah nilai  $\alpha$ -Predikat dari masing-masing aturan diketahui, kemudian dilanjutkan ke proses defuzzyfikasi yaitu proses untuk mengubah *output* fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas. Untuk nilai *output* sistem dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. *Output* sistem kondisi tubuh

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian sensor Berat (*load cell*)

Pengujian sensor berat dilakukan dengan cara memberikan beban yang sudah ditimbang terlebih dahulu dengan timbangan yang digunakan sebagai berat acuan, sehingga dapat dibandingkan nilai yang terukur dengan alat yang dirancang. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Pengujian sensor berat

| Berat (kg)       | Berat Terukur |      |      |      | Error (kg)   | Error (%)   |
|------------------|---------------|------|------|------|--------------|-------------|
|                  | 1             | 2    | 3    | 4    |              |             |
| 1                | 1.12          | 1.10 | 1.05 | 1.13 | 0.10         | 10.00       |
| 2                | 2.24          | 2.15 | 2.14 | 2.18 | 0.177        | 8.25        |
| 3                | 2.95          | 2.86 | 2.90 | 2.94 | 0.087        | 2.90        |
| 4                | 3.85          | 3.90 | 3.78 | 3.87 | 0.15         | 3.75        |
| 5                | 4.75          | 4.79 | 4.84 | 4.91 | 0.177        | 3.54        |
| 6                | 6.12          | 6.23 | 6.25 | 6.15 | 0.187        | 3.11        |
| 7                | 7.15          | 7.21 | 7.15 | 7.25 | 0.19         | 2.71        |
| 8                | 8.15          | 8.21 | 8.18 | 8.21 | 0.187        | 2.33        |
| 9                | 8.98          | 8.87 | 8.91 | 8.78 | 0.137        | 1.52        |
| 10               | 9.88          | 9.89 | 9.78 | 9.91 | 0.135        | 1.35        |
| <b>Rata rata</b> |               |      |      |      | <b>0.153</b> | <b>3.95</b> |

Dari tabel hasil pengujian sensor berat (*load cell*) dapat dilihat bahwa sensor berat sudah berfungsi dengan cukup baik sesuai dengan yang diharapkan, dengan rata *error* hanya sebesar 0.153 kg, atau jika dibuat presentase sebesar 3.95%. Selain itu bisa dilihat pada tabel bahwa semakin besar nilai beban yang diukur maka nilai *error*-nya semakin kecil.

#### 3.2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian Sensor Ultrasonik dilakukan dengan cara yaitu menghitung waktu dari gelombang ultrasonik pada sensor, yang di pancarkan sampai diterima kembali dan kemudian dihitung jarak tempuhnya. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Pengujian sensor ultrasonik

| Jarak (cm)       | Jarak Terukur |       |       |       | Error (cm)  | Error (%)  |
|------------------|---------------|-------|-------|-------|-------------|------------|
|                  | 1             | 2     | 3     | 4     |             |            |
| 5                | 5.00          | 5.00  | 5.00  | 5.00  | 0.00        | 0.00       |
| 8                | 8.00          | 7.00  | 8.00  | 8.00  | 0.25        | 2.5        |
| 10               | 10.00         | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 0.00        | 0.00       |
| 13               | 13.00         | 13.00 | 13.00 | 13.00 | 0.00        | 0.00       |
| 15               | 16.00         | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 0.25        | 2.5        |
| 18               | 17.00         | 17.00 | 18.00 | 18.00 | 0.50        | 5.00       |
| 20               | 20.00         | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 0.00        | 0.00       |
| 23               | 23.00         | 22.00 | 23.00 | 23.00 | 0.25        | 2.5        |
| 25               | 25.00         | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 0.00        | 0.00       |
| 30               | 29.00         | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 0.25        | 2.5        |
| <b>Rata rata</b> |               |       |       |       | <b>0.15</b> | <b>1.5</b> |

Dari tabel hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa sensor ultrasonik sudah berfungsi dengan cukup baik sesuai dengan yang diharapkan, dengan *error* pengujian paling besar 1 cm, kalau diambil rata-rata dari semua pengujian yang dilakukan hanya terdapat *error* sebesar 0,15 cm atau jika dibuat presentase hanya sebesar 1,5%.

### 3.3. Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Yang dimaksud dengan pengujian perangkat lunak (*software*) disini adalah pengujian program *fuzzy logic* pada arduino apakah sudah sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan secara manual apa belum. Yang pertama adalah pengujian fuzzyfikasi. Pada fuzzyfikasi terdapat dua pengujian yaitu pengujian fuzzyfikasi berat dan fuzzyfikasi tinggi. Untuk hasil dari nilai fuzzyfikasi berat dapat dilihat pada gambar 12.

```

BB= 61.47
TB: 166
s ringan= 0.00
ringan= 0.00
sedang= 0.35
berat= 0.65
s berat= 0.00
s rendah= 0.00
rendah= 0.00
normal= 0.27
tinggi= 0.73
s tinggi= 0.00
    
```

Gambar 12. Hasil fuzzyfikasi berat badan pada Arduino

Pada pengujian program fuzzyfikasi tersebut pengujian berat sensor terbaca sebesar 61,47 kg. Pada perhitungan secara manual berat 61,47 kg masuk pada himpunan sedang dan berat dengan nilai derajat keanggotaan sebesar 0,35 untuk himpunan sedang dan 0,65 untuk himpunan berat. Pada hasil fuzzyfikasi tersebut juga menunjukkan bahwa untuk berat 61,47 kg masuk pada himpunan sedang dan berat dan nilai derajat keanggotaannya juga sebesar 0,35 untuk himpunan sedang dan 0,65 untuk himpunan berat. Dengan demikian hasil fuzzyfikasi berat sudah sesuai dengan perhitungan secara manual.

Selanjutnya adalah pengujian fuzzyfikasi tinggi. Untuk hasil dari nilai fuzzyfikasi tinggi dapat dilihat pada gambar 13.

```

BB= 61.47
TB: 166
s ringan= 0.00
ringan= 0.00
sedang= 0.35
berat= 0.65
s berat= 0.00
s rendah= 0.00
rendah= 0.00
normal= 0.27
tinggi= 0.73
s tinggi= 0.00
    
```

Gambar 13. Hasil Fuzzyfikasi Tinggi badan pada Arduino



Pada pengujian program fuzzyfikasi tersebut pengujian tinggi sensor terbaca sebesar 166 cm. Pada perhitungan secara manual tinggi 166 cm masuk pada himpunan normal dan tinggi dengan nilai derajat keanggotaan sebesar 0,27 untuk himpunan normal dan 0,73 untuk himpunan tinggi, dan pada hasil fuzzyfikasi tersebut juga menunjukkan bahwa untuk tinggi 166 cm masuk pada himpunan normal dan tinggi dan nilai derajat keanggotaannya juga sebesar 0,27 untuk himpunan normal dan 0,73 untuk himpunan tinggi. Dengan demikian hasil fuzzyfikasi tinggi sudah sesuai dengan perhitungan secara manual.

Setelah itu kemudian dilanjutkan pada proses inferensi untuk menentukan nilai  $\alpha$ -Predikat dari masing-masing aturan. Dari hasil pengukuran sensor menunjukkan berat 61,47 kg dan tinggi 166 cm. Karena berat 61,47 kg masuk himpunan sedang dan berat, dan tinggi 166 cm masuk himpunan sangat normal dan tinggi, maka terbentuk empat aturan yaitu :

1. IF berat [sedang] AND tinggi [normal] THEN Ideal
2. IF berat [sedang] AND tinggi [tinggi] THEN Kurus
3. IF berat [berat] AND tinggi [normal] THEN Gemuk
4. IF berat [berat] AND tinggi [tinggi] THEN Ideal

Untuk hasil proses inferensi dapat dilihat pada gambar 14 berikut ini :

```

ap1: 0.00
ap2: 0.00
ap3: 0.00
ap4: 0.00
ap5: 0.00
ap6: 0.00
ap7: 0.00
ap8: 0.00
ap9: 0.00
ap10: 0.00
ap11: 0.00
ap13: 0.27
ap14: 0.35
ap15: 0.00
ap16: 0.00
ap17: 0.00
ap18: 0.27
ap19: 0.65
ap20: 0.00
ap21: 0.00
ap22: 0.00
ap23: 0.00
ap24: 0.00
ap25: 0.00
    
```

Gambar 14 Hasil Proses Inferensi Pada Arduino

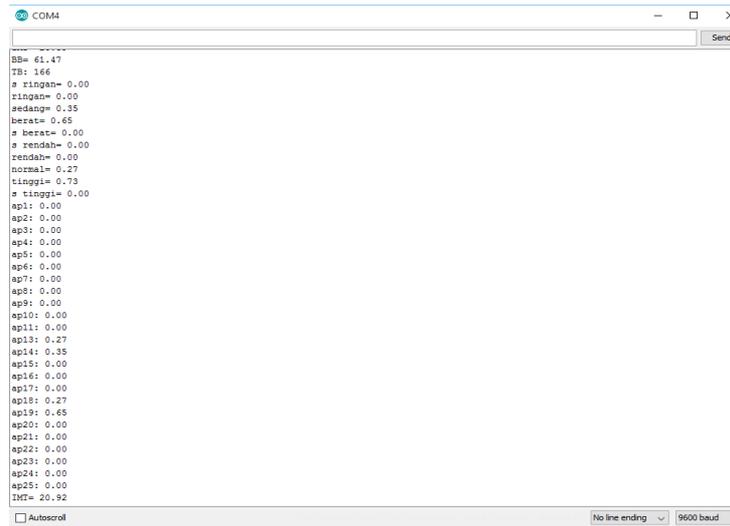
Dari empat aturan diatas, aturan 1 menjadi  $\alpha$ -Predikat 13, aturan 2 menjadi  $\alpha$ -Predikat 14, aturan 3 menjadi  $\alpha$ -predikat 18 dan aturan 4 menjadi  $\alpha$ -predikat 19. Pada proses inferensi ini dicari nilai minimum dari derajat keanggotaan pada masing-masing aturan. Pada hasil pengujian didapatkan nilai ap13 sebesar 0,27, nilai ap14 sebesar 0,35, nilai ap18 sebesar 0,27 dan nilai ap19 sebesar 0,65. Dengan demikian hasil proses inferensi pada pada arduino sudah sesuai dengan hasil perhitungan secara manual.

Setelah nilai  $\alpha$ -Predikat dari masing-masing aturan diketahui, kemudian dilanjutkan ke proses defuzzyfikasi. Untuk hasil proses defuzzyfikasi dapat dilihat pada gambar 15 berikut ini :



Gambar 15. Hasil Proses Defuzzyfikasi Pada Arduino

Pada hasil defuzzyfikasi pada arduino, menunjukkan hasil perkalian masing masing  $\alpha$ -predikat yang didapat dari proses inferensi dengan parameter yang telah ditentukan kemudian hasilnya dibagi dengan jumlah seluruh  $\alpha$ -predikat yang didapat. Sehingga memperoleh hasil perhitungan sebesar 20,92 dan sekaligus menjadi hasil perhitungan IMT. Berdasarkan gambar diatas hasil sudah sesuai dengan hasil perhitungan defuzzyfikasi *fuzzy logic* secara manual. Untuk pengujian *software* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengujian Software

Pada hasil pengujian diatas, untuk pengujian berat badan dengan alat manual terukur 61 kg, sedangkan pada pengujian menggunakan alat prediksi kondisi tubuh ini terukur 61,47 kg, terdapat *error* sebesar 0,77 %. Untuk pengujian tinggi badan, pada alat manual terukur 166 cm, sedangkan pada alat prediksi kondisi tubuh ini juga terukur 166 cm. pada *software* untuk berat 61,47 kg masuk himpunan sedang dengan derajat keanggotaan 0,35 dan himpunan berat dengan derajat keanggotaan 0,65 sedangkan tinggi 166 cm masuk himpunan normal dengan derajat keanggotaan 0.27 dan himpunan tinggi dengan derajat keanggotaan 0.73. pada proses inferensi pada *software* didapatkan nilai 0,27 untuk ap13, nilai 0,35 untuk ap14, nilai 0,27 untuk ap18 dan nilai 0,65 untuk ap19. Kemudian masuk ke rumus defuzzyfikasi untuk menentukan hasil keseluruhan. Berdasarkan nilai ap yang didapat berarti masuk rumus defuzzyfikasi IMT dan di dapatkan nilai hasil 20,92 untuk pengukuran menggunakan alat prediksi kondisi tubuh ini. Sedangkan untuk pengukuran manual di dapatkan hasil 22,13, sehingga secara keseluruhan ditemukan *error* sebesar 5,46%. Hasil dari kedua pengukuran masuk dalam kategori kondisi tubuh yang sama yaitu kategori ideal.

### 3.4. Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

Pengujian perangkat keras (*hardware*) adalah pengujian alat secara keseluruhan baik pengujian *hardware* maupun *software* untuk mengetahui apakah alat ini pengukurannya sudah sesuai dengan pengukuran secara manual atau belum. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Alat

| No                     | Alat Manual |        | Alat Otomatis |        | Hasil  |          |              | Ket   |
|------------------------|-------------|--------|---------------|--------|--------|----------|--------------|-------|
|                        | Berat       | Tinggi | Berat         | Tinggi | Manual | Otomatis | Error        |       |
| 1                      | 32          | 126    | 32,558        | 126    | 20,15  | 21,00    | 4,04%        | Ideal |
| 2                      | 44          | 152    | 43,756        | 152    | 19,04  | 18,22    | 4,30%        | Ideal |
| 3                      | 43          | 159    | 43,423        | 159    | 17,01  | 17,45    | 2,58%        | Kurus |
| 4                      | 37          | 149    | 36,782        | 149    | 16,67  | 17,84    | 6,55%        | Kurus |
| 5                      | 61          | 166    | 61,470        | 166    | 22,13  | 20,92    | 5,46%        | Ideal |
| 6                      | 41          | 153    | 41,470        | 153    | 17,51  | 18,02    | 2,91%        | Kurus |
| 7                      | 46          | 148    | 46,324        | 148    | 21,00  | 22,25    | 6,42%        | Ideal |
| <b>Rata-rata Error</b> |             |        |               |        |        |          | <b>4,61%</b> | -     |

Berdasarkan tabel pengujian diatas, pada pengujian dengan alat manual untuk berat 32 kg dan tinggi 126 cm mendapatkan hasil IMT 20,15. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 32,558 kg dan tinggi 126 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 21, terdapat *error* hasil IMT sebesar 4,04%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Untuk berat 44 kg dan tinggi 152 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 19,04. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 43,756 kg dan tinggi 152 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 18,22, terdapat *error* hasil IMT sebesar 4,3%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Untuk berat

43 kg dan tinggi 159 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 17,01. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 43,432 kg dan tinggi 159 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 17,45, terdapat *error* hasil IMT sebesar 2,58%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh kurus. Untuk berat 37 kg dan tinggi 149 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 16,67. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 36,782 kg dan tinggi 149 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 17,84, terdapat *error* hasil IMT sebesar 6,55%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh kurus. Untuk berat 61 kg dan tinggi 166 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 22,13. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 61,47 kg dan tinggi 166 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 20,92, terdapat *error* hasil IMT sebesar 5,46%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Untuk berat 41 kg dan tinggi 153 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 17,51. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 41,47kg dan tinggi 153 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 18,02, terdapat *error* hasil IMT sebesar 2,91%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh kurus. Dan untuk berat 46 kg dan tinggi 148 cm pada pengukuran manual mendapatkan hasil IMT sebesar 21. Sedangkan pada alat otomatis terukur berat 46,324 kg dan tinggi 148 cm mendapatkan hasil IMT sebesar 22,35, terdapat *error* hasil IMT sebesar 6,42%, akan tetapi keduanya sama-sama masuk kategori kondisi tubuh ideal. Dari lima kali pengujian, baik pengukuran dengan alat manual dan pengukuran dengan alat otomatis ini, secara keseluruhan terdapat rata-rata *error* hasil IMT sebesar 4,61%. Akan tetapi meskipun terdapat *error* pada hasil IMT, keduanya masih masuk dalam kategori kondisi tubuh yang sama, dengan demikian metode *fuzzy logic* sugeno dapat digunakan untuk memprediksi kondisi tubuh seseorang.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari perancangan dan hasil pengujian pada alat prediksi kondisi tubuh ideal dengan menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno ini dapat diambil kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Dari penerapan metode *fuzzy logic* sugeno untuk memprediksi kondisi tubuh ideal pada manusia terdapat sedikit perbedaan dalam hasil perhitungan IMT.
2. Perbandingan hasil pengukuran menggunakan alat ukur manual dengan pengukuran menggunakan alat ukur otomatis, dapat disimpulkan bahwa rata-rata *error* deteksi jarak menggunakan sensor ultrasonik sebesar 1,5%, sedangkan untuk rata-rata *error* pengukuran berat menggunakan *load cell* sebesar 3,95%, sehingga rata-rata *error* yang dihasilkan sistem terhadap perhitungan IMT sebesar 4,61%. Akan tetapi meskipun terdapat *error* pada hasil IMT, keduanya masih masuk dalam kategori kondisi tubuh yang sama.

##### 4.2. Saran

Dari perancangan alat prediksi kondisi tubuh ideal menggunakan metode *fuzzy logic* sugeno dan dilakukan pengujian diketahui bahwa alat tersebut masih memiliki kekurangan dan masih perlu untuk disempurnakan lagi supaya menjadi alat prediksi kondisi tubuh ideal yang memiliki hasil akurat yaitu dengan cara :

1. Tipe *load cell* yang digunakan memiliki tingkat keakurasian yang tinggi untuk hasil pengukuran yang lebih baik.
2. Pada saat sedang melakukan pengukuran tubuh hendaknya pada posisi diam dan tenang, karena pembacaan nilai sensor sangat sensitif dan cenderung tidak akurat jika ada gerakan meskipun sedikit.

#### REFERENSI

- [1] “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 41 Tahun 2014 Tentang Pedoman Gizi Seimbang”.
- [2] R. A. Putri Dan E. Setiawati, “Pengaruh Circuit Training Terhadap Indeks Massa Tubuh Pada Anak Obesitas,” *Jurnal Kedokteran Diponegoro*, Vol. Vi, Pp. 12-19, 2017.
- [3] N. L. Ariani Dan S. M. Af, “Keterkaitan Aktivitas Fisik Dengan Indeks Massa Tubuh (Imt),” *Jurnal Care*, Vol. V, No. 2, Pp. 457-465, 2017.

- [4] R. N. Fatimah, "Diabetes Melitus Tipe 2," *Jurnal Majority*, Vol. Iv, No. 5, Pp. 93-101, 2015.
- [5] T. Sutojo, *Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [6] S. J. Sokop, D. J. Mamahit Dan S. R. Sompie, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. V, No. Iii, Pp. 13-23, 2016.
- [7] M. P. T. Sulistyanto, D. A. Nugraha, N. Sari, N. Karima Dan W. Asrori, "Implementasi Iot (Internet Of Things) Dalam Pembelajaran Di Universitas Kanjuruhan Malang," *Smartics Journal*, Vol. I, No. 1, Pp. 20-23, 2015.
- [8] P. M.N.Manege, E. K. Allo Dan Bahrin, "Rancang Bangun Timbangan Digital Dengan Kapasitas 20kg Berbasis Microcontroller Atmega8535," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, Vol. Vi, No. 1, Pp. 57-62, 2017.
- [9] T. Septiana Dan Zaini, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Monitoring Beban Dan Kecepatan Kendaraan Menggunakan Teknologi Weigh In Motion," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol. Vii, No. 2, Pp. 60-68, 2018.
- [10] E. R. Hurmuzi, D. A. Prasetya Dan Suprayogi, "Estimasi Jarak Dan Kecepatan Pada Alat Uji Statis Roket Latih Experiment Dengan Pendekatan Gaya Dorong Optimal," Dalam *Prosiding Snatif*, 20 17.
- [11] Wahyudi, A. Rahman Dan M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell Pada Alat Penyortir Buah Otomatis Terhadap Timbangan Manual," *Jurnal ELKOMIKA*, Vol. V, No. 2, Pp. 207-220, 2017.
- [12] Zulkiflisaid Dan S. Syarif, "Laundry Point Of Sale Embedded System Menggunakan Raspberry Pi," *Jurnal IT : Media Informasi STMIK Handayani Makassar*, Vol. VII, No. 3, Pp. 150-157, 2017.
- [13] R. T. Yunardi, Winarno Dan Pujiyanto, "Analisa Kinerja Sensor Inframerah Dan Ultrasonik Untuk Sistem Pengukuran Jarak Pada Mobile Robot Inspection," *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, Vol. Vi, No. 1, Pp. 33-41, 2017.
- [14] A. D. Limantara, Y. C. S. Purnomo Dan S. W. Mudjanarko, "Pemodelan Sistem Pelacakan Lot Parkir Kosong Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Internet Of Things (Iot) Pada Lahan Parkir Diluar Jalan," *Prosiding Semnastek*, 2017.
- [15] R. Aisuwarya Dan R. Annafi, "Implementasi Fuzzy Logic Controller Untuk Pengendali Kecepatan Roda Pada Mobile Robot Dengan Variasi Nilai Set Point," *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, Vol. Vi, No. 2, Pp. 182-193, 2017.