

Smart Packaging Machine (SPANE) berbasis Fuzzy Logic pada Jaringan Internet Of Things (IoT) untuk Optimasi Packing Berat Makanan

Taufik Suyanto ^{#1}, Novian Anggis Suwastika ^{*2}, Aji Gautama Putrada ^{#3}

[#] *Fakultas Informatika, Universitas Telkom
Bandung, Indonesia*

¹ taufiksuy@students.telkomuniversity.ac.id

² anggis@telkomuniversity.ac.id

³ ajigps@telkomuniversity.ac.id

Abstract

One of the problems of food packaging optimization is the inaccuracy of food packaging weight. This severe case of food packaging inaccuracies often occurs in conventional food packaging systems that rely entirely on the calculation of digital scales without repeated heavy checks. To overcome the severe cases of food packaging imprecision, continuous supervision and a system that is capable of calculating and giving the right decisions on the weight of packaged food are needed. The Internet of Things is able to provide the ability to carry out automatic monitoring continuously. While fuzzy logic provides the ability to make decisions about the accuracy of the weight of food packaging. In this study, a smart packaging machine (SPANE) was built, which is an IoT and fuzzy based digital weighing system to improve food packaging optimization. The first stage, data collection from conventional and digital load calculators. The second stage, the scales data were analyzed by fuzzy logic controls. The third stage, determined the optimization results are better than the two load calculators. The results of the tests carried out were obtained on conventional scales 96.24% while on the digital scales 98.50%. Optimization of food packaging can be increased by 3%.

Keywords: SPANE, Optimization, Packaging Machine, Fuzzy Logic, Internet of Things.

Abstrak

Salah satu permasalahan optimasi kemasan makanan adalah ketidaktepatan berat kemasan makanan. Kasus ketidaktepatan berat kemasan makanan ini sering terjadi pada sistem kemasan makanan konvensional yang sepenuhnya mengandalkan pada perhitungan timbangan digital tanpa proses pengecekan berat secara berulang. Untuk mengatasi kasus ketidaktepatan berat kemasan makanan tersebut diperlukan pengawasan yang terus menerus serta sistem yang mampu melakukan perhitungan dan memberikan keputusan yang tepat pada berat makanan yang sudah dikemas. *Internet of Things* mampu memberikan kemampuan untuk melakukan pengawasan otomatis secara terus menerus. Sementara *fuzzy logic* memberikan kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap ketepatan berat kemasan makanan. Pada penelitian ini, dibangun *smart packaging machine* (SPANE) yaitu sistem timbangan digital berbasis IoT dan *fuzzy* untuk meningkatkan optimasi kemasan makanan. Tahap pertama, pengambilan data dari alat penghitung beban konvensional dan digital. Tahap kedua, data timbangan di analisa dengan kontrol *fuzzy logic*. Tahap ketiga, ditentukan hasil optimasi yang lebih baik dari kedua alat penghitung beban. Hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil pada timbangan konvensional 96.24% sedangkan pada SPANE 98.50%. Optimasi kemasan makanan dapat ditingkatkan hingga 3%.

Kata Kunci: SPANE, Optimasi, Mesin Packaging, Fuzzy Logic, Internet of Things.

I. PENDAHULUAN

MESIN *packaging* merupakan mesin untuk mengemas suatu produk dengan beberapa ukuran kemasan yang berbeda dan memakai timbangan jenis konvensional, adapun mesin pengemas lain sudah menggunakan timbangan digital. Walaupun timbangan digital pada mesin lebih praktis karena terdapat jantung atau komponen utama dari skala pengukurannya yaitu *load cell* [14]. Namun timbangan jenis konvensional masih tetap mendominasi di dunia industri pengemasan. Fungsi dari kedua jenis timbangan ini adalah sama, yaitu untuk menghitung berat suatu benda, masing-masing dari kedua jenis timbangan ini memiliki karakteristik dan tingkat akurasi pengukuran yang berbeda [3].

Timbangan konvensional yang digunakan pada mesin *packaging* sering terjadi kesalahan pembacaan bahkan tidak akurat, dikarenakan pengukuran dilakukan dengan dimensi panjang dan lebar. Hal ini berarti, mesin harus meningkatkan utilitas pada produksi, seperti peningkatan pada kualitas produk yang berhasil diproduksi. Peningkatan kualitas produk dilakukan untuk mengurangi cacat dan meminimalisasi kerugian pada perusahaan [4]. Penyebab cacat produk ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi mekanik dari alat ukur itu sendiri yang masih menggunakan timbangan jenis manual. Berbeda dengan timbangan digital yang dibuat lebih praktis karena dapat merekam dan menyimpan data langsung ke komputer tanpa harus melakukan pencatatan secara manual [11]. Penggunaan alat pengukuran digital dalam dunia industri sangat membantu memudahkan kinerja manusia atau mesin itu sendiri [1]. Pembuatan timbangan digital telah banyak dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya dan memiliki kesamaan dengan penelitian kali ini [13] [2] [17] [10], akurasi dari alat pengukuran beban digital sudah baik namun hanya menyajikan hasil ukur berat benda dari pembaruan timbangan konvensional atau manual menjadi timbangan digital dan membandingkan timbangan manual dengan timbangan digital. Perbedaan pada penelitian sebelumnya, sistem ini memproses pengukuran beban dilakukan dengan merekam secara menerus dan penyimpanan dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) agar tidak lagi menyimpan data secara manual [5] dan memberikan tingkat akurasi yang lebih dengan kontrol *fuzzy logic*.

Berdasarkan permasalahan di atas dibuat SPANE berbasis *fuzzy logic* dengan menggunakan teknologi IoT untuk optimasi kemasan berat makanan. Secara umum teknologi IoT dapat diartikan sebagai benda - benda tersambung dan saling berkomunikasi dalam jaringan internet secara terus menerus [5]. SPANE menggunakan sensor-sensor pada setiap fungsionalitas untuk meningkatkan tingkat akurasi timbangan pada mesin. Sensor tersebut mengontrol kinerja mesin, yaitu ketika melakukan monitor timbangan pada mesin, sehingga tidak ada berat makanan yang sudah di kemas mengalami tingkat akurasi yang rendah. Metode yang digunakan SPANE adalah *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu ruang *output* yang digunakan untuk mengolah inputan berat makanan yang di hasilkan pada timbangan [8] [9], setelah itu SPANE dianalisis dan dibandingkan dengan timbangan konvensional, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan *error* pengukuran dari kedua alat timbang tersebut. Kesimpulan dari penelitian ini membandingkan optimalisasi SPANE dengan timbangan konvensional dan peningkatan optimasi kemasan berat makanan yang didapatkan.

II. STUDI TERKAIT

Pembuatan timbangan digital telah banyak dilakukan oleh beberapa penelitian dan memiliki keterkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Penelitian yang berhasil ditemukan adalah sebagai berikut Tabel 1.

Namun dari sekian banyak rancang bangun alat di atas dan dari berbagai jenis penelitian-penelitian tersebut hanya menyajikan hasil ukur berat benda dari pembaruan pada timbangan manual menjadi timbangan digital dengan bantuan alat sensor *load cell* dan membandingkan timbangan manual dengan timbangan digital untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi. Oleh Sebab itu hasil pengukuran timbangan manual dan timbangan digital bisa diketahui timbangan jenis mana yang lebih optimal dan akurat dengan dibutuhkan ilmu *artificial intelligence* seperti *fuzzy logic* dan setiap data dari timbangan manual atau digital bisa diproses penyimpanan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) agar tidak lagi menyimpan data secara manual.

Tabel I: Studi Terkait

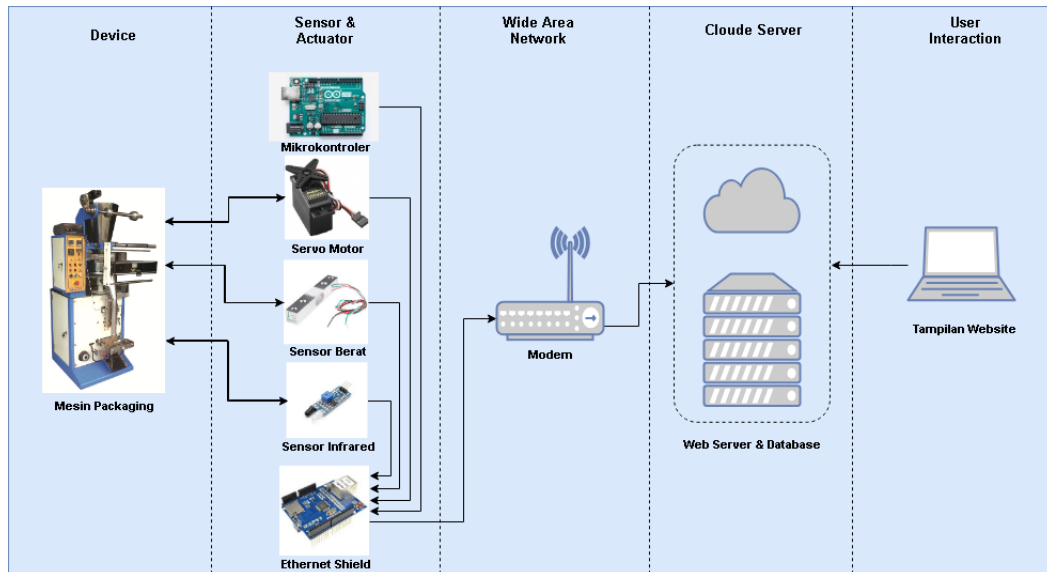
No	Tahun Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian
1	2011	Imam Suhendra, Wahyu Setyo Pambudi	Pada sistem ini pengendali logika <i>fuzzy</i> pada mesin timbangan ini dirancang untuk memperoleh sistem pengendalian putaran motor DC berfungsi mengatur masukan makanan menuju wadah penimbang, kontrol logika <i>fuzzy</i> memiliki set <i>point</i> berupa set <i>time</i> , set berat, dan set frekuensi untuk melihat efek perubahan getaran dan efek perubahan berat yang terjadi. Paper ini memiliki proses kontrol logika <i>fuzzy</i> untuk menggambarkan fungsi keanggotaan yaitu proses <i>fuzzyfikasi</i> dan <i>defuzzyfikasi</i> dimana <i>fuzzyfikasi</i> merupakan pemetaan titik <i>numeric (crisp point)</i> sedangkan <i>defuzzyfikasi</i> merupakan proses pengubah hasil keputusan dari proses penalaran yang masih dalam bentuk <i>numeric</i> . Berdasarkan paper ini setelah kedua proses dilakukan didapatkan hasil <i>output</i> yaitu ketelitian pada multi timbangan digital didapatkan 0,001 g dimana baik dari segi mekanis, elektrik dan perangkat lunak timbangan. Hanya saja penelitian ini tidak menggunakan <i>Internet of Things</i> untuk penyimpanan data secara terus menerus.
2	2011	Ali Ahmad, Akhmad Hendriawan, Paulus Susetyo Wardhana	Penelitian pada paper ini memiliki kesamaan pada paper no 3 yaitu otomatis timbangan digital hanya saja perbedaan pada objek yang ditimbang, tetapi hasil dari paper ini memiliki tingkat akurasi timbangan yang lebih baik dari penimbangan gula dengan set <i>point</i> 1 kg didapatkan rata-rata <i>error</i> sebesar 1,7 persen sedangkan pada set <i>point</i> 500 g didapatkan rata-rata <i>error</i> sebesar 2,6 persen. Penelitian ini tidak menggunakan <i>fuzzy</i> untuk mengontrol atau mengklarifikasi suatu objek timbangan.
3	2015	Imam Suhendra, Wahyu Setyo Pambudi	Pada sistem tersebut sensor di telakan di bawah depot air minum isi ulang dengan metode yang digunakan adalah sistem <i>loop</i> tertutup, dengan input yang didapat dari nilai <i>load cell</i> dan <i>output</i> berupa pengaktifan relay. Berdasarkan paper ini diambil kesimpulan dari 10 percobaan pengisian depot air minum isi ulang, mampu untuk memberhentikan pengisian air minum isi ulang secara otomatis dengan hasil menunjukkan air penuh di 6 kali percobaan dan 4 percobaan berikutnya menunjukkan hasil air kurang penuh. Persentase keberhasilan menunjukkan sebesar 60%. Proses keberhasilan percobaan timbangan bisa ditingkatkan lagi dengan metode <i>fuzzy</i> dengan parameter yang sudah ditentukan.
4	2017	Wahyudi, Abdur Rahman, Muhammad Namawi	Pada paper ini dilakukan pengukuran dan pengujian berat suatu benda dengan objek yang diukur yaitu buah apel, tomat dan jeruk. Pengujian yang dilakukan membandingkan tingkat efisien dan akurat dalam melakukan suatu perhitungan berat suatu buah. Metode perhitungan pengujian ketelitian alat dengan perhitungan nilai persentase keberhasilan dan nilai persentase kesalahan (<i>error</i>). Pembuatan timbangan digital dengan nilai persentase kesalahan sudah baik hanya saja proses penyimpanan data bisa menggunakan teknologi <i>Internet of Things</i> dengan mencatat data terus menerus.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SPANE

A. Peninjauan SPANE

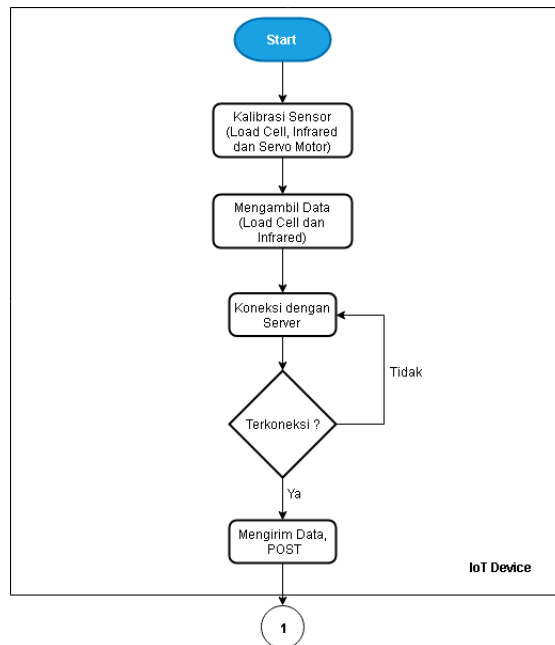
SPANE dapat digambarkan secara umum pada Gambar 1. Sistem yang dibangun menggunakan 1 node, 1 sensor berat, 1 sensor infrared dan 1 aktuator. Setiap sensor mendeteksi langsung pada mesin untuk didapatkan sebuah data yang dibutuhkan, aktuator digunakan untuk mengirim makanan ke timbangan dan node untuk berkomunikasi langsung dengan jaringan dan mengirimkan data ke cloud atau web server. Data yang sudah disimpan di database akan dianalisis untuk mendapat *output* optimalisasi terhadap timbangan pada mesin dan ditampilkan pada website.

Optimasi kemasan berat makanan dapat diilustrasikan menggunakan *flowchart* pada Gambar 2. Proses SPANE dimulai dengan melakukan kalibrasi sensor terlebih dahulu dan mengambil data sensor berat dan



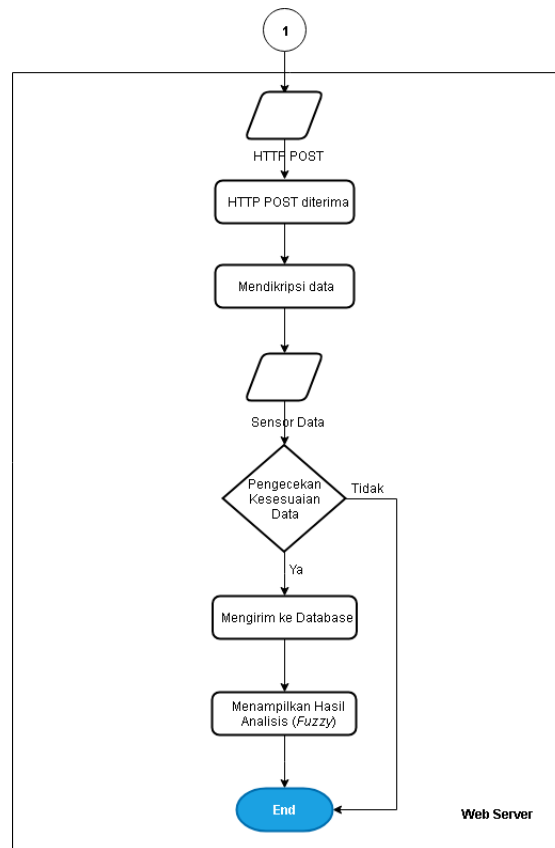
Gambar 1: Arsitektur SPANE

infrared, setelah itu pengecekan koneksi dengan server, bila terkoneksi data dikirimkan ke server melalui *ethernet shield* yang terhubung dengan *router* yang terkoneksi dengan internet.



Gambar 2: Alur Proses SPANE Node

Pada Gambar 3. Proses SPANE untuk server dimulai dengan proses *HTTP POST*, bila data sesuai dengan koneksi *http request* diterima dan melakukan dekripsi data dengan database atau tabel yang dibuat di server dengan pengecekan atribut sensor data, bila sesuai selanjutnya data pun dimasukkan ke dalam database dan diolah pada keanggotaan atau analisis yang sudah dibuat. Data yang sudah di analisis dan didapatkan kesimpulan *output* optimalisasi akan ditampilkan berdasarkan sensor data.

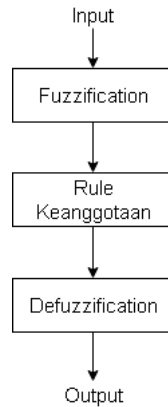


Gambar 3: Alur Proses SPANE Server

B. Metode penelitian

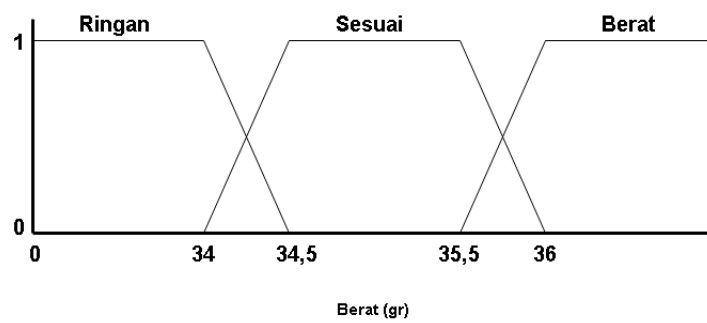
Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *fuzzy logic* dengan metoda *Centroid Mamdani*, pada dasarnya penggunaan *fuzzy logic* pada penelitian ini adalah untuk mempermudah dalam mengelompokkan besaran masukan [7]. Besaran-besaran tersebut terlebih dahulu di ubah ke dalam keanggotaan bahasa (*linguistic*) [15]. Pada Gambar 4. Proses *fuzzy logic* dimana data input didapatkan dari sensor data dan *Fuzzification* digunakan untuk keanggotaan bahasa, fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini adalah trapesium dengan fungsi keanggotaan berat (timbangan), produksi (total produksi) dan waktu (produksi) [12]. Fungsi keanggotaan trapesium memiliki tingkat akurasi yang baik dilakukan pada penelitian ini, dikarenakan proses pengambilan kesimpulan diambil dari hasil kanan atau kiri yang lebih sesuai pada inputan. Setelah itu didapatkan rule keanggotaan dimana keterkaitan terhadap tiga fungsi keanggotaan dengan dinyatakan dalam bentuk "IF-THEN" merupakan inti dari relasi *fuzzy* [7] [16]. Proses *Defuzzification* merupakan proses pengubah hasil keputusan dari proses rule keanggotaan yang nantinya akan dirubah menjadi *variabel numeric* [15] [16]. Penentuan hasil akhir menggunakan *Max Method* dimana mencari hasil akhir yang lebih besar dari kemungkinan yang ada [15] [7] [16].

Proses *Fuzzification* pada SPANE memiliki tiga fungsi keanggotaan sebagai berikut. Pertama, fungsi keanggotaan berat dilihat pada Gambar 5. Fungsi keanggotaan berat dibagi dalam tiga keanggotaan yaitu ringan, sesuai dan berat dengan nilai masukan 0 sampai lebih besar dari 36 dengan percobaan nilai masukan menggunakan berat pada milo sachet 35 gr. Kedua, fungsi keanggotaan produksi dilihat pada Gambar 6. Fungsi keanggotaan total produksi dibagi dalam tiga keanggotaan yaitu sedikit, sedang dan banyak, nilai masukan pada fungsi keanggotaan total produksi didapatkan dari proses produksi mesin yang memiliki ketentuan 30-70 pack per menitnya. Ketiga, fungsi keanggotaan waktu dilihat pada Gambar 7. Fungsi keanggotaan waktu dibagi dalam tiga keanggotaan yaitu cepat, sedang dan lambat, nilai masukan didapatkan dari proses produksi mesin yang memiliki ketentuan dalam waktu satu menit. Kategori cepat

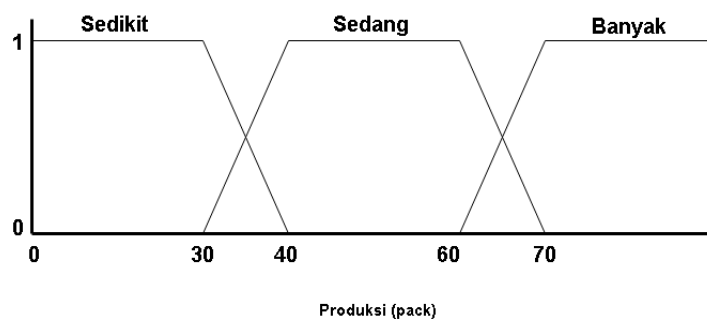


Gambar 4: Proses Fuzzy

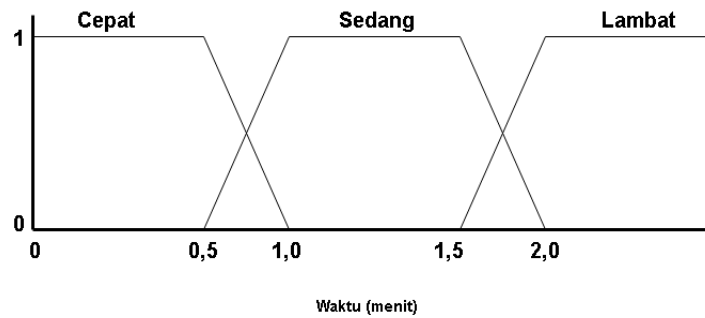
bila waktu percobaan timbangan didapatkan kurang dari 1 menit, kategori sedang lebih besar dari 1 menit dan kategori lambat lebih besar dari 2 menit. Ketentuan dua kategori pada fungsi keanggotaan waktu agar sesuai dengan ketentuan keanggotaan total produksi yang memiliki ketentuan 30-70 pack per menitnya dan memiliki ketepatan waktu yang sesuai.



Gambar 5: Fungsi Keanggotaan Berat



Gambar 6: Fungsi Keanggotaan Total Produksi



Gambar 7: Fungsi Keanggotaan Waktu

Setiap *fuzzification* diatas dipresentasikan oleh empat parameter a,b,c,d seperti pada persamaan dibawah. Nilai x didapatkan dari nilai inputan pada alat dan persamaan ini berfungsi untuk mengklarifikasi bila ada nilai inputan diantara parameter a dan b atau sebaliknya [6].

$$\begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \end{cases} \quad (1)$$

Proses Rule Keanggotaan pada SPANE memiliki 9 aturan dan 2 hasil *output* yaitu optimal dan tidak optimal dilihat pada Tabel 2. Aturan-aturan didapatkan pada keanggotaan di setiap fungsi keanggotaan dan fungsi keanggotaan pada berat dan total produksi menjadi fokus utama pada pemetaan rule untuk mengurangi tingkat kerugian pada perusahaan dibidang industri pengemas makanan.

Tabel II: Tabel Keanggotaan

No	Berat	Total Produksi	Waktu			Hasil
			Cepat	Sedang	Lambat	
1	ringan	sedikit	ya	tidak	tidak	tidak optimal
2	ringan	sedang	ya	tidak	tidak	tidak optimal
3	ringan	banyak	ya	tidak	tidak	tidak optimal
4	sesuai	sedikit	ya	ya	tidak	optimal
5	sesuai	sedang	ya	ya	tidak	optimal
6	sesuai	banyak	ya	ya	ya	optimal
7	berat	sedikit	ya	tidak	tidak	tidak optimal
8	berat	sedang	ya	tidak	tidak	tidak optimal
9	berat	banyak	ya	tidak	tidak	tidak optimal

Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung dan mencari persentase kesalahan dan keberhasilan pengukuran sensor *load cell* maupun timbangan konvensional sebagai berikut.

$$\text{Persentase rata-rata hasil pengukuran Load Cell} = \frac{S1 + S2 + S3}{3} \quad (2)$$

$$\text{Persentase kesalahan pengukuran pada Load Cell} = \frac{S - X}{S} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Persentase keberhasilan Pengukuran Load Cell} = \frac{X}{S} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Persentase kesalahan pengukuran pada Timbangan Manual} = \frac{X - S}{S} \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{Persentase keberhasilan Pengukuran Timbangan Manual} = \frac{S}{X} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana S1, S2 dan S3 adalah jumlah pengukuran dan pengujian, S adalah nilai hasil ukur *load cell* dan timbangan manual dan x adalah nilai range atau batasan kapasitas pengukuran.

C. Desain Algoritma

Ada beberapa tahap untuk menentukan hasil akhir nilai *fuzzy* pada SPANE diantaranya.

Pertama, menentukan nilai keanggotaan pada fungsi keanggotaan berat dengan percobaan milo sachet 35 gr untuk dijadikan nilai *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 5 dan algoritma pada tahap pertama dapat dilihat pada Algorithm 1. Setiap nilai probabilitas didapatkan dari fungsi keanggotaan berat.

Kedua, menentukan nilai keanggotaan pada fungsi keanggotaan total produksi dengan ketentuan 30-70 pack dicapai 1 menit pada mesin untuk dijadikan nilai *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 6 dan algoritma pada tahap ini dapat dilihat pada Algorithm 2.

Ketiga, menentukan perkiraan kategori atau rule keanggotaan dapat dilihat pada Tabel 1 dengan hasil *output* tidak optimal atau optimal dan algoritma pada tahap ini dapat dilihat pada Algoritma 4.

Keempat atau terakhir, hasil akhir dengan *output* optimal atau tidak optimal pada setiap percobaan.

Result: Nilai Fuzzy untuk fungsi keanggotaan berat
berat = nilai inputan berat timbangan pada alat;
ket : nilai probabilitas = nilai fungsi keanggotaan berat;

```
if berat ≤ 34 then  
  | return RINGAN;  
else if berat ≥ 34 AND berat ≤ 34.5 then  
  | probabilitasRINGAN = (34.5 - berat) / (34.5 - 34);  
  | probabilitasSESUAI = (berat - 34) / (34.5 - 34);  
  | if probabilitasRINGAN ≤ probabilitasSESUAI then  
  |   | return RINGAN;  
  | else  
  |   | return SESUAI;  
  | end  
else if berat ≥ 34.5 AND berat ≤ 35.5 then  
  | return SESUAI;  
else if berat ≥ 35.5 AND berat ≤ 36 then  
  | probabilitasSESUAI = (berat - 35.5) / (36 - 35.5);  
  | probabilitasBERAT = (36 - berat) / (36 - 35.5);  
  | if probabilitasSESUAI ≤ probabilitasBERAT then  
  |   | return SESUAI;  
  | else  
  |   | return BERAT;  
  | end  
else if berat ≥ 36 then  
  | return BERAT;  
else  
  | return UNDEFINED ;  
end
```

Algorithm 1: Menentukan Nilai Fuzzy dari fungsi keanggotaan berat

Result: Nilai Fuzzy untuk fungsi keanggotaan total produksi

total = nilai inputan total pack pada alat;

ket : nilai probabilitas = nilai fungsi keanggotaan total produksi;

if $total \leq 30$ **then**

| return SEDIKIT;

else if $total \geq 30$ **AND** $total \leq 40$ **then**

| probabilitasSEDIKIT = $(40 - total) / (40 - 30)$;

| probabilitasSEDANG = $(total - 30) / (40 - 30)$;

| **if** $probabilitasSEDIKIT \leq probabilitasSEDANG$ **then**

| | return SEDIKIT;

| **else**

| | return SEDANG;

| **end**

else if $total \geq 40$ **AND** $total \leq 60$ **then**

| return SEDANG;

else if $total \geq 60$ **AND** $total \leq 70$ **then**

| probabilitasSEDANG = $(total - 60) / (70 - 60)$;

| probabilitasBANYAK = $(70 - total) / (70 - 60)$;

| **if** $probabilitasSEDANG \leq probabilitasBANYAK$ **then**

| | return SEDANG;

| **else**

| | return BANYAK;

| **end**

else if $total \geq 70$ **then**

| return BANYAK;

Algorithm 2: Menentukan Nilai Fuzzy dari fungsi keanggotaan total produksi

Result: Aturan hasil *output* pada 3 fungsi keanggotaan
BERAT = inputan berat pada aturan algoritih 1;
PRODUKSI = inputan total produksi pada aturan algoritih 2;
if BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = CEPAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
uElseIf BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = SEDANG return
TIDAK OPTIMAL; uElseIf BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU
= LAMBAT return TIDAK OPTIMAL; **else if** BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = SEDANG
AND WAKTU = CEPAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = SEDANG **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = CEPAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = SEDANG **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = RINGAN AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = CEPAT **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = SEDANG **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = CEPAT **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = SEDANG **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = CEPAT **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = SEDANG **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = SESUAI AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = CEPAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = SEDANG **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = SEDIKIT AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = CEPAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = SEDANG **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = SEDANG AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = CEPAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = SEDANG **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else if BERAT = BERAT AND PRODUKSI = BANYAK AND WAKTU = LAMBAT **then**
| return TIDAK OPTIMAL;
else
| return TIDAK ADA ;
end

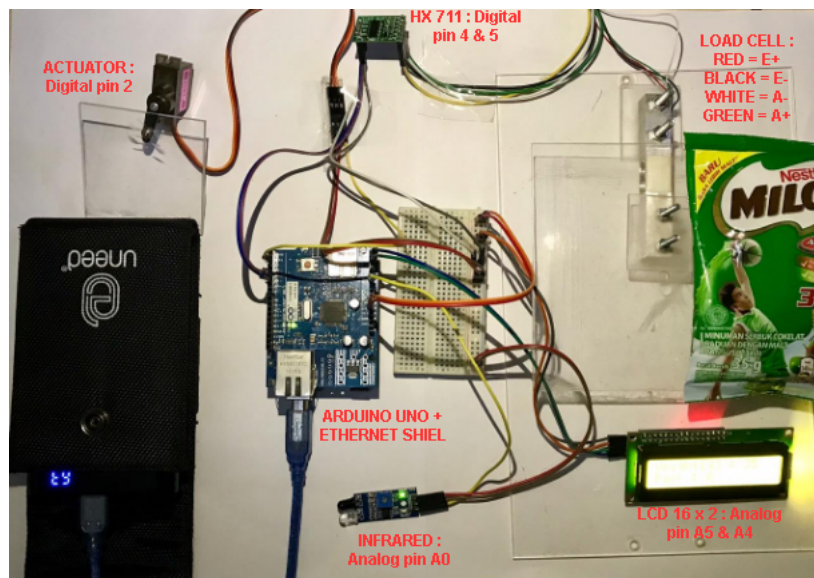
Algorithm 3: Menentukan Optimalisasi SPANE

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

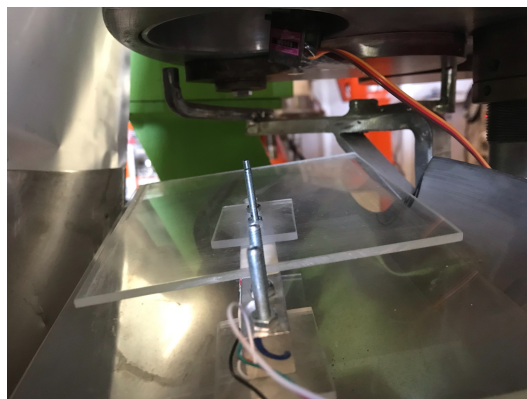
Pada bagian ini ditunjukkan hasil pengujian yang sudah di analisis dengan metode *fuzzy logic* dan perbandingan timbangan pada SPANE dengan timbangan manual yang digunakan pada mesin untuk mendapatkan hasil optimal atau tidak optimal.

A. Skenario Pembuatan Perangkat

Gambar 8 dibuatkan sebuah prototipe SPANE untuk otomatisasi kemasan berat makanan pada mesin pengemasan, dalam percobaan ini digunakan modul *ethernet shield* untuk mengirim data ke *web server*, alat ukur beban yang digunakan ialah *load cell* + *HX711* dan penghitungan total kemasan yang berhasil di timbangan menggunakan modul *infrared*. Pada Gambar 9, sensor *load cell* nantinya terletak di atas corong, *servo motor* terletak pada penampungan makanan, dan *infrared* terletak pada tempat press pengemas mesin. Sensor *load cell* menjadi alat ukur timbangan dan *servo motor* menutup tumpukan makanan dengan syarat pengukuran berat sudah sesuai atau sebaliknya dan terakhir *infrared* membaca kemasan yang sudah berhasil dikemas.



Gambar 8: Prototipe Perangkat Otomatisasi Packing Berat Makanan



Gambar 9: Implementasi pada Mesin

B. Skenario Pengujian Analisis SPANE

Tabel 3 Pengujian akurasi pada SPANE menggunakan sensor *load cell* yang diletakan pada timbangan mesin dengan cara memasukan makanan ke dalam wadah timbangan yang dibawahnya telah diberi sensor *load cell* dengan maksimum berat yang bisa ditampung adalah 5 kg. Pengujian akurasi ini dilihat dari pengukuran timbangan pada SPANE dengan 10 percobaan dalam waktu 10 menit dimana 1 percobaan memiliki waktu 1 menit dengan itu dilihat tingkat akurasi pada setiap percobaannya. Percobaan pertama dilakukan untuk objek bubuk milo dengan berat 35 g. Hasil pengujian dan perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 2. Setiap percobaan memiliki aturan yang sudah ditetapkan sebelum dibuatnya sistem ini yaitu mesin melakukan proses kemasan dalam waktu 1 menit pack yang berhasil di lakukan ialah 30-70 pack, semakin banyaknya *pack* yang berhasil dilakukan pada mesin semakin baik untuk pengguna mesin tersebut. Kategori didapatkan dari perhitungan *defuzzification* dan tabel keanggotaan terdapat pada Tabel 2.

Tabel III: Klarifikasi SPANE dengan *Fuzzy*

No	Objek	Ranger (g)	Rata-Rata Pengukuran Timbangan permenit (g)	Total kemasan (pack)	Kategori
1	Bubuk Milo	35	35	65	Optimal
2	Bubuk Milo	35	35	68	Optimal
3	Bubuk Milo	35	35.4	64	Tidak Optimal
4	Bubuk Milo	35	35.5	65	Optimal
5	Bubuk Milo	35	35.8	69	Tidak Optimal
6	Bubuk Milo	35	35.2	66	Optimal
7	Bubuk Milo	35	35.4	65	Optimal
8	Bubuk Milo	35	35	66	Optimal
9	Bubuk Milo	35	35.2	69	Optimal
10	Bubuk Milo	35	35.4	67	Optimal

C. Skenario Pengujian SPANE

Pengujian alat SPANE dilakukan untuk pengujian berat yang dilakukan terhadap *Load cell* dengan 10 objek percobaan. Setiap objek dimasukkan pada tabung yang ada pada mesin. Pengujian pertama dilakukan dengan kapasitas 25 g dan pengujian kedua dilakukan dengan kapasitas 50 g. Setelah itu *mikrokontroller* membaca dan mengirim data tersebut ke *database*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel IV: Percobaan SPANE Kapasitas 25 g

No	Objek	Range (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Hasil 4 (g)	Hasil 5 (g)	Rata-rata Kerberhasilan		Error (%)
								(g)	(%)	
1	Kopi	25	25	26	25	25	26	25.4	98.43	1.57
2	Gula	25	26	26	25	25	26	25.6	97.66	2.34
3	Garam	25	26	25	25	26	26	25.6	97.66	2.34
4	Jagung	25	25	26	25	26	26	25.6	97.66	2.34
5	Coklat	25	26	25	26	25	25	25.4	98.43	1.57
6	Gandum	25	24	25	26	27	25	25.4	98.43	1.57
7	Kacang	25	27	27	25	25	25	25.8	96.90	3.10
8	Meises	25	25	26	26	25	26	25.6	97.66	2.34
9	Snack	25	25	25	26	26	25	25.4	98.43	1.57
10	Kentang	25	26	25	25	25	25	25.2	99.21	0.79

Pada Tabel 6 ialah hasil keseluruhan pengujian SPANE menggunakan sensor *load cell* dimana data pertama bubuk kopi dengan jumlah kapasitas 75 g yang didapatkan 2 percobaan, rata-rata hasil ukur diperoleh dari percobaan dengan kapasistas 25 g dan 50 g yang diambil rata-rata keberhasilannya. Untuk perhitungan jumlah hasil ukur, sukses dan *error* seperti berikut :

$$\text{Jumlah hasil ukur} = 25.4 + 51 = 76.4 \tag{7}$$

Tabel V: Percobaan SPANE Kapasitas 50 g

No	Objek	Range (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Hasil 4 (g)	Hasil 5 (g)	Rata-rata Kerberhasilan		Error (%)
								(g)	(%)	
1	Kopi	50	52	51	50	51	51	51	98.04	1.96
2	Gula	50	50	50	50	51	50	50.2	99.60	0.40
3	Garam	50	51	51	51	51	51	51	98.04	1.96
4	Jagung	50	51	51	50	50	51	50.6	98.81	1.19
5	Coklat	50	50	51	50	50	50	50.2	99.60	0.40
6	Gandum	50	51	50	50	50	51	50.4	99.21	0.79
7	Kacang	50	51	50	51	50	51	50.6	98.81	1.19
8	Meises	50	51	51	50	50	51	50.6	98.81	1.19
9	Snack	50	51	51	50	50	52	50.8	98.43	1.57
10	Kentang	50	51	51	52	50	51	51	98.04	1.96

Tabel VI: Hasil Keseluruhan Pengujian SPANE

No	Objek	Jumlah Range (g)	Jumlah Hasil Ukur 25 g (g)	Jumlah Hasil Ukur 50 g (g)	Jumlah Hasil Ukur (g)	Sukses (%)	Error (%)
1	Kopi	75	25.4	51	76.4	98.17	1.83
2	Jagung	75	25.6	50.2	75.8	98.94	1.06
3	Meises	75	25.6	51	76.6	97.91	2.09
4	Gula	75	25.6	50.6	76.2	98.43	1.57
5	Coklat	75	25.4	50.2	75.6	99.21	0.79
6	Gandum	75	25.4	50.4	75.8	98.94	1.06
7	Kacang	75	25.8	50.6	76.4	98.17	1.83
8	Garam	75	25.6	50.6	76.2	98.43	1.57
9	Snack	75	25.4	50.8	76.2	98.43	1.57
10	Kentang	75	25.2	51	76.2	98.43	1.57
Persentase						98.50	1.50

$$\text{Persentase keberhasilan pengukuran Load Cell} = \frac{75}{76.4} \times 100\% = 98.17\% \tag{8}$$

$$\text{Persentase kesalahan pengukuran Load Cell} = \frac{76.4 - 75}{76.4} \times 100\% = 1.83\% \tag{9}$$

D. Skenario Pengujian Timbangan Konvensional

Pada pengujian kali ini menggunakan timbangan konvensional yang sudah digunakan pada mesin dengan 10 objek percobaan. Setiap objek dimasukkan pada tabung yang ada pada mesin. Pengujian pertama dilakukan dengan kapasistas 25 g dan pengujian kedua dilakukan dengan kapasistas 50 g. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 7 dan 8.

Tabel VII: Percobaan Timbangan Konvensional Kapasitas 25 g

No	Objek	Range (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Hasil 4 (g)	Hasil 5 (g)	Rata-rata Kerberhasilan		Error (%)
								(g)	(%)	
1	Kopi	25	25	23	25	22	26	24.2	96.80	3.20
2	Gula	25	23	22	24	23	26	23.6	94.40	5.60
3	Garam	25	24	23	23	23	24	23.4	93.60	6.40
4	Jagung	25	25	25	23	25	24	24.4	97.60	2.40
5	Coklat	25	22	25	24	24	23	23.6	94.40	5.60
6	Gandum	25	23	26	25	22	24	24	96.00	4.00
7	Kacang	25	22	26	25	26	22	24.2	96.80	3.20
8	Meises	25	24	23	25	22	22	23.2	92.80	7.20
9	Snack	25	26	24	26	23	24	24.6	98.40	1.60
10	Kentang	25	26	26	23	24	22	24.2	96.80	3.20

Pada Tabel 9 ialah hasil keseluruhan pengujian timbangan konvensional yang digunakan pada mesin dimana data pertama bubuk kopi dengan jumlah kapasitas 75 g yang didapatkan 2 percobaan, rata-rata hasil ukur diperoleh dari percobaan dengan kapasistas 25 g dan 50 g yang diambil rata-rata keberhasilannya.

Tabel VIII: Percobaan Timbangan Konvensional Kapasitas 50 g

No	Objek	Range (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Hasil 4 (g)	Hasil 5 (g)	Rata-rata Kerberhasilan		Error (%)
								(g)	(%)	
1	Kopi	50	50	51	48	47	50	49.2	98.40	1.60
2	Gula	50	46	49	48	51	52	49.2	98.40	1.60
3	Garam	50	48	46	51	49	51	49	98.00	2.00
4	Jagung	50	46	50	49	47	47	47.8	95.60	4.40
5	Coklat	50	48	47	46	51	51	48.6	97.20	2.80
6	Gandum	50	47	51	47	50	46	48.2	96.40	3.60
7	Kacang	50	49	47	48	46	49	47.8	95.60	4.40
8	Meises	50	46	46	46	49	48	47	94.00	6.00
9	Snack	50	46	45	51	45	50	47.4	94.80	5.20
10	Kentang	50	50	48	47	47	49	48.2	96.40	3.60

Tabel IX: Hasil Keseluruhan Pengujian Timbangan Konvensional

No	Objek	Jumlah Range (g)	Jumlah Hasil Ukur 25 g (g)	Jumlah Hasil Ukur 50 g (g)	Jumlah Hasil Ukur (g)	Sukses (%)	Error (%)
1	Kopi	75	24.2	49.2	73.4	97.87	2.13
2	Jagung	75	23.6	49.2	72.8	97.07	2.93
3	Meises	75	23.4	49	72.4	96.53	3.47
4	Gula	75	24.4	47.8	72.2	96.27	3.73
5	Coklat	75	23.6	48.6	72.2	96.27	3.73
6	Gandum	75	24	48.2	72.2	96.27	3.73
7	Kacang	75	24.2	47.8	72	96.00	4.00
8	Garam	75	23.2	47	70.2	93.60	6.40
9	Snack	75	24.6	47.4	72	96.00	4.00
10	Kentang	75	24.2	48.2	72.4	96.53	3.47
Persentase						96.24	3.76

Untuk perhitungan jumlah hasil ukur, sukses dan *error* seperti berikut :

$$\text{Jumlah hasil ukur} = 24.2 + 49.2 = 73.4 \quad (10)$$

$$\text{Persentase keberhasilan Pengukuran Timbangan Konvensional} = \frac{73.4}{75} \times 100\% = 97.87\% \quad (11)$$

$$\text{Persentase kesalahan pengukuran pada Timbangan Konvensional} = \frac{75 - 73.5}{75} \times 100\% = 2.13\% \quad (12)$$

E. Skenario Pengujian Optimalisasi

Pada pengujian optimalisasi, ditentukan alat ukur beban yang lebih optimal dari kedua timbangan. Data diambil dari pengujian SPANE dan konvensional dilihat pada Tabel 6 dan 9 untuk ditarik kesimpulan. Hasil pengujian optimalisasi dari kedua timbangan dilihat pada Tabel 10.

Tabel X: Pengujian Optimalisasi Alat Ukur Beban Digital dan Konvensional

No	Objek	Range (g)	Keberhasilan Pengukuran SPANE (%)	Keberhasilan Pengukuran Timbangan Konvensional (%)	Kesalahan Pengukuran SPANE (%)	Kesalahan Pengukuran Timbangan Konvensional (%)
1	Kopi	75	98.17	97.87	1.83	2.13
2	Jagung	75	98.94	97.07	1.06	2.93
3	Meises	75	97.91	96.53	2.09	3.47
4	Gula	75	98.43	96.27	1.57	3.73
5	Coklat	75	99.21	96.27	0.79	3.73
6	Gandum	75	98.94	96.27	1.06	3.73
7	Kacang	75	98.17	96.00	1.83	4.00
8	Garam	75	98.43	93.60	1.57	6.40
9	Snack	75	98.43	96.00	1.57	4.00
10	Kentang	75	98.43	96.53	1.57	3.47
Persentase Akhir			98.50	96.24	1.50	3.76

Pada Tabel 10 diperoleh hasil perbandingan atau pengujian optimalisasi dari kedua timbangan yaitu, tingkat keberhasilan pengukuran pada SPANE sebesar 98.50% dan tingkat kesalahan pengukuran SPANE sebesar 1.50%. Pada tingkat keberhasilan pengukuran pada timbangan konvensional sebesar 96.24% dan tingkat kesalahan pengukuran timbangan konvensional sebesar 3.76%.

V. KESIMPULAN

SPANE yang dibangun mampu memberikan tingkat keberhasilan sebesar 98.50% dengan kesalahan pengukuran 1.50% dan lebih baik dari timbangan manual sebesar 96.24% dengan kesalahan pengukuran 3.76% berdasarkan kapasitas 25 g dan 50 g. Percobaan analisis SPANE dengan 10 percobaan dalam waktu 10 menit mampu memberikan keberhasilan dengan kategori optimal 8 percobaan dan kategori tidak optimal 2 percobaan. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini hasil ukur timbangan digital dan metode *fuzzy* yang digunakan ternyata lebih optimal dan akurat dalam melakukan pengukuran berat pada mesin *packaging*.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terimakasih kepada CV.Karja Makmur Teknik Tangerang sebagai lokasi implementasi penelitian ini.

PUSTAKA

- [1] Muhammad Afdali, Muhammad Daud, and Raihan Putri. Perancangan alat ukur digital untuk tinggi dan berat badan dengan output suara berbasis arduino uno. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(1):106, 2017.
- [2] Ali Ahmad. Otomatisasi pengisi gula pada kantong plastik berbasis mikrokontroler. *eeepis final project*, 2011.
- [3] Willy Bayu Erlangga. Rancang bangun timbangan digital dengan pemilihan jenis buah. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektronika-Fakultas Teknik UM*, 2011.
- [4] Patrik Jonsson and Magnus Lesshammar. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems—the role of oee. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1):55–78, 1999.
- [5] Apri Junaidi. Internet of things, sejarah, teknologi dan penerapannya. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 1(3), 2015.
- [6] Tian-Shy Liou and Mao-Jiun J Wang. Ranking fuzzy numbers with integral value. *Fuzzy sets and systems*, 50(3):247–255, 1992.
- [7] Endra Pitowarno. Robotika desain, kontrol, dan kecerdasan buatan. *Yogyakarta: Andi*, 2006.
- [8] Jenggo Dwyana Prasaja, Hermawan Hermawan, and Susatyo Handoko. Analisis perbandingan metode logika fuzzy dan logika fuzzy clustering pada proyeksi kebutuhan energi listrik di indonesia sampai tahun 2025. *TRANSIENT*, 5(1):78–85, 2016.
- [9] Hetty Rohayani. Analisis sistem pendukung keputusan dalam memilih program studi menggunakan metode logika fuzzy. *Jurnal Sistem Informasi*, 5(1), 2013.
- [10] Taufiq Arifnyanto Sampurno. μ -fuzzy.
- [11] Ridwan Abdullah Sani and Andy Imanuel Maha. Konstruksi timbangan digital menggunakan load cell berbasis arduino uno dengan tampilan lcd (liquid crystal display). *EINSTEIN e-JOURNAL*, 5(2), 2018.
- [12] Fajar Solikin. Aplikasi logika fuzzy dalam optimasi produksi barang menggunakan metode mamdani dan metode sugeno. *Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta*, 2011.
- [13] Imam Suhendra and Wahyu Setyo Pambudi. Aplikasi load cell untuk otomasi pada depot air minum isi ulang. *Jurnal Sains dan Informatika*, 1(1):11–19, 2015.
- [14] Kamlesh H Thakkar, VM Prajapatti, and Bipin D Patel. Performance evaluation of strain gauge based load cell to improve weighing accuracy. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 2(1):103–107, 2013.
- [15] Husband Tom, Martin Brown, et al. *Intelligent control: aspects of fuzzy logic and neural nets*, volume 6. World Scientific, 1993.
- [16] Michael Voskoglou. Use of the triangular fuzzy numbers for student assessment. *arXiv preprint arXiv:1507.03257*, 2015.
- [17] WAHYUDI WAHYUDI, ABDUR RAHMAN, and MUHAMMAD NAWAWI. Perbandingan nilai ukur sensor load cell pada alat penyortir buah otomatis terhadap timbangan manual. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 5(2):207, 2017.

