

Smart Packaging Machine dengan Menggunakan Teknologi *Internet of Things* (IoT) Berbasis Fuzzy Logic untuk Penghematan Daya Listrik

Hanifa Zahra Dhiah ^{#1}, Novian Anggis Suwastika ^{*2}, Aji Gautama Putrada ^{#3}

Department of Informatics, Telkom University
Bandung, West Java, Indonesia

¹ hanifaazd@student.telkomuniversity.ac.id

² anggis@telkomuniversity.ac.id

³ ajigps@telkomuniversity.ac.id

Abstract

In a single production of packaging machines consume electric power between 1200 to 1800 watts. The range of power usage can be achieved under normal conditions. In abnormal conditions that are common, namely the condition when the engine continues to run while the stock of food to be packaged or stock of plastic to pack is empty, the use of electric power must exceed 1800 watts. In large-scale production, the abnormal condition of the packaging machine production will cause losses for producers due to excessive electricity use. Most types of packaging machines currently do not have automatic devices that check abnormal conditions and turn off electricity when abnormal conditions occur. Until now, research related to continuous monitoring of conditions and electrical automation systems that adjust engine conditions is very rare. In this research, intelligent packaging systems are able to continuously monitor and read the right conditions based on Internet of Things (IoT) and are able to check the condition of the engine appropriately to respond to electricity according to conditions read based on fuzzy logic. The results of the implementation and testing of intelligent packaging systems result in savings in electrical power usage of up to 80.15% compared to standard packaging systems

Keywords: Electrical, Fuzzy, IoT, Packaging Machine

Abstrak

Dalam sekali produksi mesin pengemasan mengonsumsi daya listrik antara 1200 sampai dengan 1800 watt. Rentang penggunaan daya tersebut dapat dicapai pada keadaan normal. Pada kondisi tidak normal yang umum terjadi yaitu kondisi pada saat mesin tetap berjalan sedangkan stok makanan yang akan dikemas atau stok plastik untuk mengemas sudah kosong, penggunaan daya listrik pasti melebihi 1800 watt. Pada produksi skala besar, kondisi produksi mesin pengemasan yang tidak normal tersebut akan menyebabkan kerugian untuk produsen karena penggunaan listrik yang berlebih. Sebagian besar jenis mesin pengemasan saat ini tidak memiliki perangkat otomatis yang mengecek kondisi tidak normal dan mematikan listrik ketika kondisi tidak normal terjadi. Sampai saat ini, penelitian yang berkaitan dengan pengawasan kondisi secara terus menerus dan sistem otomatisasi kelistrikan yang menyesuaikan kondisi mesin sangat jarang. Pada penelitian ini bangun sistem pengemasan cerdas yang mampu melakukan pengawasan secara terus menerus dan pembacaan kondisi yang tepat berbasis *Internet of Things* (IoT) serta mampu melakukan pengecekan kondisi mesin secara tepat sampai dengan meresponse kelistrikan sesuai dengan kondisi yang dibaca berbasis logika *fuzzy*. Hasil dari implementasi dan pengujian sistem pengemasan cerdas menghasilkan penghematan penggunaan daya listrik hingga 80.15% dibandingkan pada sistem pengemasan standar.

Kata Kunci: daya listrik, logika *fuzzy*, *Internet of Things*, mesin pengemasan cerdas

I. PENDAHULUAN

KEMAJUAN teknologi informasi dan telekomunikasi yang begitu pesat saat ini, sehingga memungkinkan diterapkannya cara-cara baru yang lebih efisien di bidang produksi. Salah satu bidang produksi yang saat ini banyak digunakan adalah mesin pengemasan. Sama halnya dengan mesin – mesin produksi lainnya, mesin pengemasan membutuhkan daya energi listrik untuk dapat berproduksi. Dalam sekali produksi dengan keadaan normal tanpa ada kendala, daya listrik yang terpakai oleh mesin ini dapat mencapai 1200 - 1800 watt [1-3]. Namun jika terjadi permasalahan pada saat produksi atau dalam kondisi tidak normal, seperti plastik untuk mengemas telah habis dan makanan yang untuk dikemas telah habis sedangkan mesin masih tetap berjalan, penggunaan daya listrik akan semakin besar. Sebagian besar mesin pengemas tidak memiliki komponen otomatis yang mampu menghentikan produksi ketika kondisi tidak normal terjadi ditambah keterbatasan karyawan yang mampu melakukan pengawasan terhadap kondisi produksi menyebabkan ketidakefisienan penggunaan daya listrik untuk produksi. Penggunaan daya yang berlebih berpengaruh terhadap meningkatnya biaya operasional untuk hal yang tidak seharusnya dikeluarkan, dan hal tersebut juga berpengaruh terhadap tingkat konsumsi energi yang dihasilkan. Menurut data Kementerian Riset dan Teknologi (Kemristek) Indonesia, tingkat konsumsi energi masyarakat Indonesia cukup tinggi dibandingkan dengan negara lain [4], dan setiap tahunnya menurut data LIPI peningkatan jumlah pertumbuhan energi listrik nasional dapat mencapai 8.2%[14].

Implementasi teknologi terkini sudah merambah pada berbagai bidang industry, terutama untuk optimalisasi dalam penghematan daya energi[5]. *Internet of Things* (IoT) mengacu pada konsep komunikasi data antar perangkat melalui jaringan internet. Perangkat yang membangun IoT merupakan perangkat yang dapat diimplementasikan di berbagai bidang seperti untuk pengukuran suhu, pengukuran kualitas air, dan sebagainya. IoT diintegrasikan dengan kecerdasan buatan merupakan komponen dasar untuk membangun teknologi terkini, misalnya Smart Home, Smart Building, Smart City [6][9][12]. Saat ini metode dalam kecerdasan buatan yang banyak digunakan untuk membangun smart sistem adalah logika fuzzy. Logika fuzzy adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu ruang output[7], logika fuzzy juga dapat digunakan untuk meminimalkan kesalahan[9].

Pada penelitian ini dibangun sistem yang berbasis logika fuzzy dengan menggunakan teknologi IoT untuk penghematan daya listrik, dengan mengintegrasikan sensor – sensor disetiap komponen mesin pengemas yang nantinya setiap sensor tersebut terhubung dengan jaringan internet, dan sensor tersebut akan mengontrol kinerja mesin, yaitu ketika stok makanan maupun plastik telah habis mesin akan otomatis mati, sehingga mesin tidak memakan daya listrik yang berlebih dan hal tersebut baik bagi keuangan sebuah industri serta dapat menekan tingkat konsumsi energi yang berlebih, data yang dikirimkan ke server pun tidak banyak, sehingga bandwidth yang digunakan pun tidak dalam kapasitas yang besar. Fuzzy logic digunakan untuk mengolah inputan daya listrik yang di hasilkan mesin serta untuk di analisis dan sebagai toleransi ketika mesin akan mati maupun nyala serta sistem yang dibangun membuat daya listrik yang digunakan oleh mesin pengemasan tidak lebih dari daya listrik yang seharusnya digunakan bahkan dapat menekan daya listrik yang seharusnya digunakan.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian mengenai permasalahan penghematan daya listrik pada pengoperasian mesin pengemas masih belum banyak dilakukan, penelitian yang berkaitan dengan optimalisasi daya listrik yang sudah dilakukan sebagian besar dilakukan untuk perangkat konsumsi di perumahan, kampus, atau bangunan industri. Pada jurnal yang dipublikasikan oleh Panjaitan, dkk., [5] sistem pencahayaan berbasis logika fuzzy untuk mencapai target penerangan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Inputan sistemnya berupa nilai sensor cahaya dari luar dan dalam ruangan serta sensor keberadaan pemakai. Outputnya berupa nilai pencahayaan yang diperlukan untuk mencapai nilai referensi. Hasil pengujiannya sistem pengendalinya adalah sistem berhasil mendekati SNI, dan sistem pencahayaannya dengan pengendali energi listrik lebih hemat 75% dibandingkan tanpa pengendali. Persamaan penelitian tersebut dengan penelitian yang sedang dilakukan sekarang ini yaitu penggunaan metode fuzzy logic untuk pengukuran hematnya energi listrik yang digunakan sedangkan kasus implementasinya untuk hal yang sama sekali berbeda.

Pada jurnal lain yang ditulis oleh Wei, dkk., membahas tentang pemanfaatan IoT dan kecerdasan buatan untuk melakukan monitoring dan pengelolaan penghematan energi pada perangkat listrik di rumah atau di gedung [6]. Dalam paper ini memperkenalkan dan menganalisis teknologi informasi dalam membangun hemat energi, paper ini juga bertujuan mengusulkan kerangka kerja sistem Membangun sistem pemantauan dan analisis energi berbasis IoT, yang memiliki beberapa pencerahan dalam membangun konsumsi energi lebih jauh untuk mencapai pemantauan real-time dan kontrol jarak jauh, serta meningkatkan hemat energi untuk bangunan di industri sekarang ini. Hasil akhirnya, berdasarkan pada jaringan sensor nirkabel yang menggunakan teknologi IoT, analisis komprehensif konsumsi energi bangunan pada sistem dan peralatan otomasi bangunan cerdas, memanfaatkan sepenuhnya keuntungan yang melekat dari jaringan sensor yang mengumpulkan informasi lingkungan tentang konsumsi energi, mengusulkan desain kerangka kerja berdasarkan manajemen terpadu membangun sistem pemantauan dan analisis konsumsi energi melalui IoT untuk membuat peran ide-ide yang lebih baik untuk tingkat membangun teknologi hemat energi.

Di dalam jurnal Athari, M. H., dan M. M. Ardehali [7] dijelaskan tentang implementasi fuzzy pada pengoptimalan penggunaan energi listrik pada pembangkit yang didistribusikan secara on-grid berdasarkan sumber energi yang dapat diperbarui membutuhkan penggunaan penyimpanan energi untuk mengatasi intermiten dalam pembangkit listrik oleh sumber-sumber tersebut, sementara memperhitungkan harga listrik yang bervariasi waktu. Tujuan dari penelitian ini untuk menguji efek dari berbagai waktu listrik yang cenderung pada kinerja komponen penyimpanan energi untuk *Hybird Renewable Energy System (HRES)* on-grid yang menggunakan *Fuzzy Logic Control (FLC)* yang dioptimalkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, fungsi keanggotaan FLC dioptimalkan untuk meminimalkan biaya operasional HRES berdasarkan prediksi data mingguan dan harian untuk harga jaringan listrik, beban listrik, dan parameter lingkungan, termasuk kecepatan angin, iradiasi matahari, dan suhu sekitar, menggunakan algoritma *shuffled frog leap*. FLC memiliki tiga input termasuk (a) harga listrik jaringan, (b) aliran daya bersih sebagai perbedaan antara energi yang dihasilkan dan energi yang dikonsumsi, dan (c) keadaan pengisian baterai dari tumpukan baterai. Hasil implementasi menunjukkan perhitungan harga listrik jaringan memiliki efek yang cukup besar pada kinerja komponen penyimpanan energi untuk pengoperasian HRES on-grid, karena hasil FLC yang dioptimalkan setiap minggu dan setiap hari dalam jam kerja yang lebih sedikit untuk sel bahan bakar dan electrolyzer dan lebih sedikit fluktuasi pada tumpukan baterai SOC.

Jurnal Listyorini, dkk., dengan judul "*A prototype fire detection implemented using the Internet of Things and fuzzy logic*" [9], Implementasi monitor pendeteksian berbasis IoT menggunakan logika fuzzy untuk mendeteksi titik api di lahan gambut. Dalam paper ini pemantauan terhubung internet secara real-time untuk mendeteksi titik api tersebut. Alat pendeteksi awal prototipe kebakaran ini dapat mengidentifikasi titik panas di lahan gambut dengan menggunakan sensor - sensor dan dengan diterapkannya metode logika fuzzy untuk menganalisis intensitas api yang terdeteksi. Berdasarkan percobaan menggunakan prototipe, perangkat deteksi kebakaran dengan koneksi IoT dapat mempercepat pemantauan titik api, dan penggunaan logika fuzzy dapat meminimalkan peringatan palsu dari perangkat deteksi kebakaran.

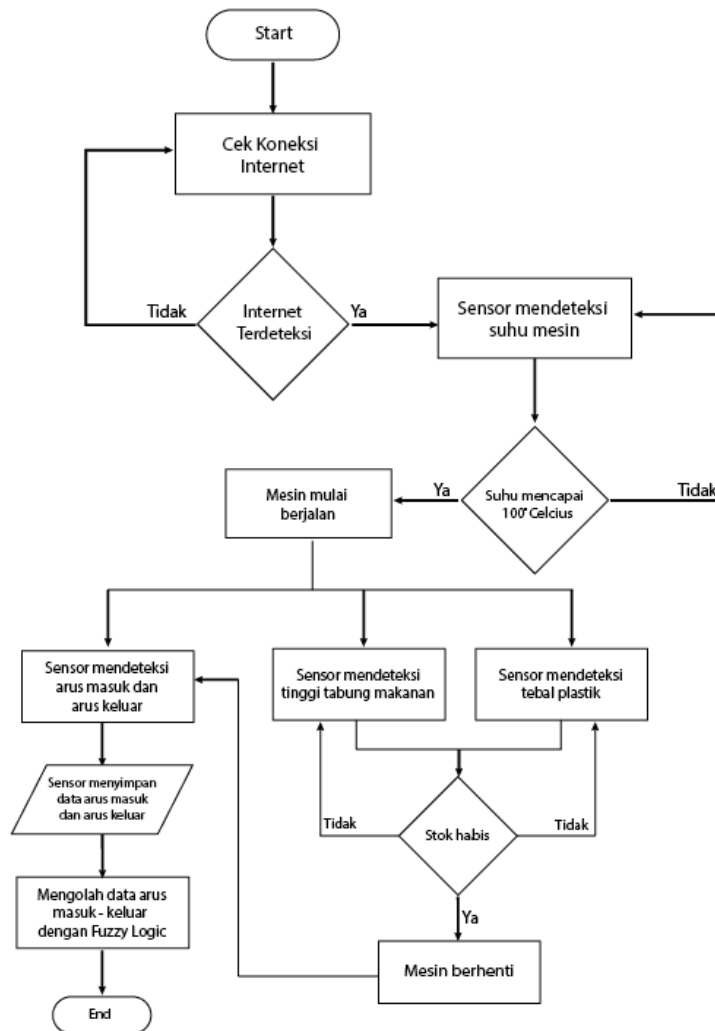
Sistem ini menggunakan jurnal dari Wei, dkk. [6], sebagai referensi dan acuan untuk penggunaan IoT sebagai sistem pemantauan dan pengontrolan jarak jauh untuk penghematan konsumsi energi, lalu jurnal Panjaitan,

dkk., dan jurnal Athari, M. H., dan M. M. Ardehali [5][7] sebagai referensi untuk implementasi metode logika fuzzy dalam merumuskan pemetaan dari input yang diberikan ke output, dan untuk referensi kolaborasi penggunaan teknologi IoT dan logika fuzzy menggunakan jurnal Listyorini, dkk [9].

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Gambaran Umum Sistem

Alur kerja dari sistem pengemasan dapat dilihat pada Gambar 1, proses sistem dimulai dari mendeteksi koneksi internet, kemudian setelah koneksi internet terdeteksi, sistem akan mulai berjalan dengan diawali oleh sensor suhu yang mendeteksi panasnya suhu mesin. Ketika suhu mesin telah mencapai 100 °C, selanjutnya sistem akan menjalankan mesin secara otomatis. Lalu masing – masing sensor yang terintegrasi dengan fungsionalitas mesin akan mulai berjalan. Sensor pendeteksi arus listrik, sensor untuk mendeteksi tabung

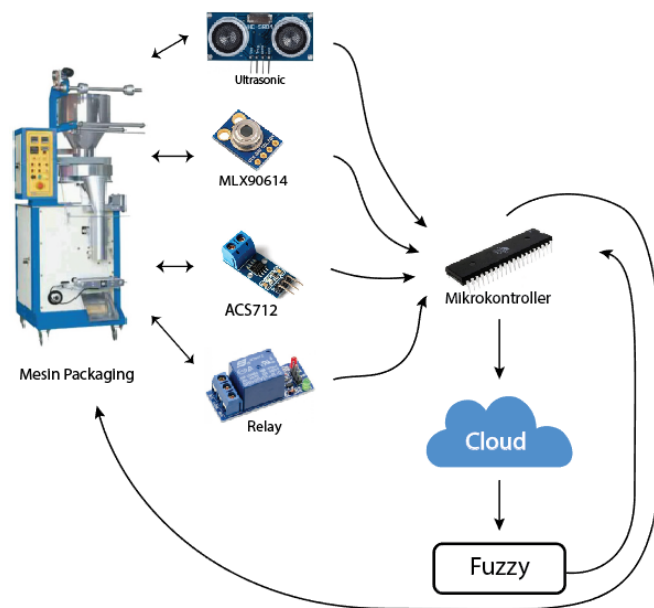


Gambar 1: Diagram Alur sistem

makanan, juga sensor untuk mengukur ketebalan plastik berjalan secara paralel, karena masing – masing sensor

dapat berjalan sendirinya tanpa ada ketergantungan satu sama lain. Ketika makanan yang untuk dikemas maupun ketebalan plastik untuk mengemas telah habis mesin otomatis mati. Arus listrik terakhir dari mesin akan masuk ke sistem dan kemudian disimpan dan data arus listrik tersebut diolah menggunakan logika fuzzy.

Arsitektur sistem pengemasan cerdas ini ditunjukkan pada Gambar 2. Terdiri sensor suhu untuk mendeteksi suhu pemotong pada mesin yang berfungsi sebagai indikator mesin untuk hidup secara otomatis, 2 sensor ultrasonic (HCSR04) yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan makanan serta plastik pengemas, ACS712 untuk mendapatkan data kuat arus listrik masuk dan listrik keluar, serta aktuator berupa relay yang mendapatkan sinyal dari sensor suhu serta ultrasonic dan memiliki fungsi untuk menghidupkan atau mematikan listrik mesin.



Gambar 2: Diagram Arsitektur Sistem

B. Metode yang Digunakan

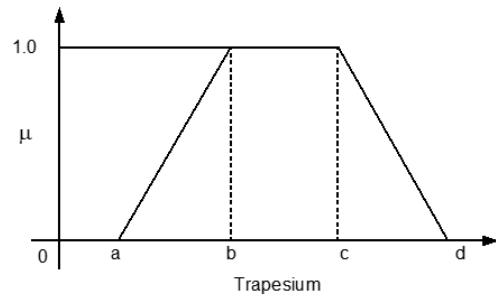
Penelitian kali ini menggunakan metode logika fuzzy, yaitu *Fuzzy Inference System* (FIS) yang merupakan prosedur untuk merumuskan pemetaan dari input yang diberikan ke output menggunakan logika fuzzy [5]. Alur dari metode yang digunakan ini, FIS akan dibangun ke dalam sebuah *Fuzzy Logic Controller* (FLC). FLC



Gambar 3 : Proses logika fuzzy

sendiri merupakan pengendali yang mengendalikan sebuah sistem atau proses dengan menggunakan logika fuzzy sebagai cara pengambilan keputusan [9]. Proses yang terjadi di dalam logika fuzzy secara garis besarnya dapat dilihat pada Gambar 3. Dimulai dari proses fuzzifikasi, lalu logika pengambilan keputusan, dan yang terakhir proses defuzzifikasi.

Dalam bentuk fungsional, derajat keanggotaan dinyatakan sebagai fungsi matematis tertentu. Derajat keanggotaan dari masing-masing elemen memerlukan perhitungan. Fungsi matematis yang biasanya digunakan yaitu fungsi trapesium. Fungsi keanggotaan trapesium mempunyai bentuk seperti pada Gambar 4 dan



Gambar 4: Fungsi keanggotaan fuzzy bentuk trapesium

dispesifikasikan oleh empat parameter {a,b,c,d} seperti pada persamaan (1)

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

Pada sistem ini, fungsi keanggotaan fuzzy memiliki 2 input parameter berupa fungsi keanggotaan arus listrik dan fungsi keanggotaan waktu produksi mesin, serta memiliki 1 output yang dieksekusi melalui IoT. Keanggotaan arus listrik dibagi dalam 3 keanggotaan yaitu, tinggi, sedang, rendah, berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) 1:1995 untuk listrik industri yang dikategorikan berdasarkan daya[10], untuk mendapatkan kategori nilai arus listriknya, digunakan rumus perhitungan arus listrik yang dapat dilihat pada persamaan (2) [11]. Sehingga terbentuklah fungsi keanggotaan Pada Gambar 5.

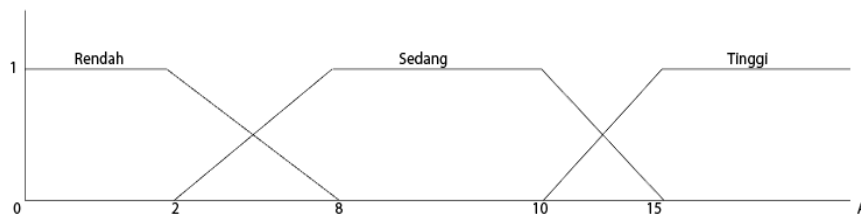
Rumus awal daya listrik : $P = V \cdot I$ (2)

P : Daya Listrik (Watt)

V : tegangan Listrik (Volt)

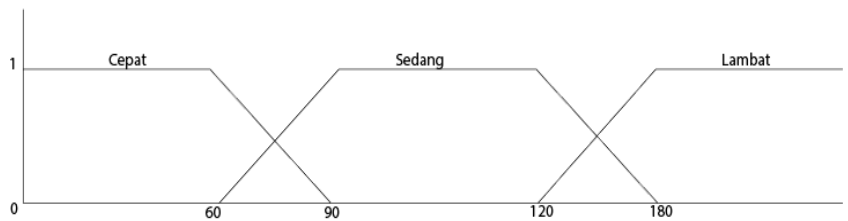
I : Arus listrik (Ampere)

Rumus mencari nilai arus listrik : $I = \frac{P}{V}$ (3)



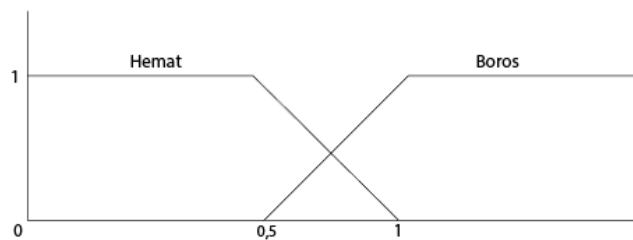
Gambar 5: Fungsi keanggotaan arus listrik (Ampere)

Keanggotaan waktu produksi mesin, dibagi dalam tiga keanggotaan, yaitu : cepat, sedang, lambat. Nilai masukkan waktu produksi mesin diset minimal 60 detik, pembuatan fungsi keanggotaan ini berdasarkan kecepatan produksi mesin per menitnya [1-3]. Derajat keanggotaannya antara 0 - 1, besarnya fuzzy set pada $U = 0, 15, 30, 45, 60$. Persamaannya dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6: Fungsi keanggotaan waktu produksi (second)

Untuk fungsi keanggotaan output dibagi dalam 2 keanggotaan, yaitu, hemat dan boros. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7: Fungsi keanggotaan output

Rule atau logika pengambilan keputusan pada sistem ini memiliki 9 aturan serta 2 output yaitu hemat dan boros dilihat pada Tabel 1. Nilai tersebut merupakan keluaran dari kedua fungsi keanggotaan, yaitu keanggotaan arus dan keanggotaan waktu produksi dan nilai tersebut dimasukkan ke dalam tabel keanggotaan yang untuk menentukan apakah daya listrik yang terpakai termasuk kedalam kategori boros atau tidak.

TABEL I
Tabel Keanggotaan

Arus\Waktu Produksi	Cepat	Sedang	Lambat
Rendah	Hemat	Hemat	Boros
Sedang	Hemat	Boros	Boros
Tinggi	Hemat	Boros	Boros

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengujian Implementasi Sistem pada Mesin

Dalam pengujian sistem ini diuji pada 2 buah mesin yang memiliki daya listrik rata – rata 1500 watt, dan tegangannya 220V. Mesin yang digunakan ini merupakan mesin yang sudah diperbolehkan untuk dipergunakan sebagai pengujian sehingga tidak mengganggu produksi yang sedang berlangsung. Setelah mesin di uji dengan sistem ini maka sensor akan mengambil data untuk di training dan disimpan pada database. Data yang didapatkan dari sensor ACS712 tersebut akan diolah menggunakan logika fuzzy dengan jenis Fuzzy Inference System sehingga menghasilkan keluaran daya listrik hemat. Berikut merupakan ketentuan langkah-langkah pengujian yang dilakukan :

1. Mesin yang pertama diimplementasikan sistem yang sudah dibuat dan dijalankan normal.
2. Mesin yang kedua beroperasi normal tanpa adanya sistem yang sudah dibuat.
3. Pengujian dilakukan dalam 15 kali percobaan dengan rata – rata waktu produksi 65 detik atau satu menit.
4. Dibuat 1 server yang menerima data arus listrik dari mesin.
5. Data arus listrik dari mesin yang tidak diimplementasikan dengan sistem diambil dengan menggunakan ACS712 dan langsung disimpan pada server.
6. Data arus listrik dari kedua mesin tersebut dibandingkan pemakaiannya.

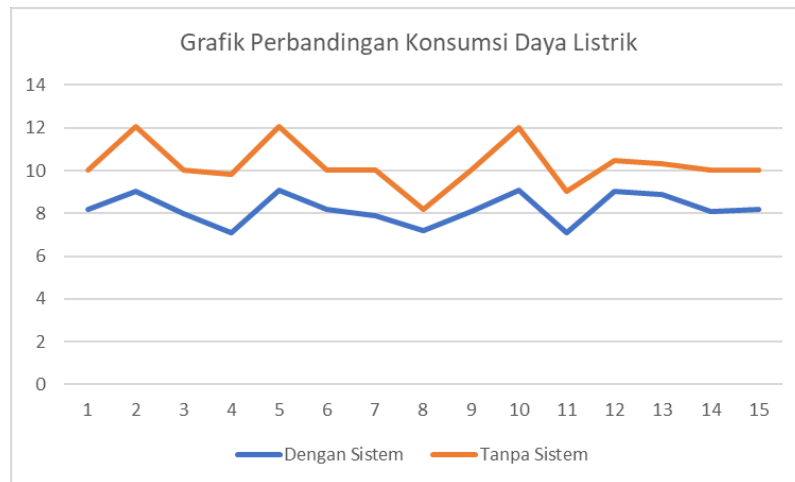
TABEL II
 Tabel Pengujian Sistem pada Mesin

Percobaan ke-	Waktu produksi (detik)	Arus Listrik (A)		Penghematan (%)
		Dengan Sistem	Tanpa Sistem	
1	60	8.18	10	81.80
2	90	9.01	12.04	74.83
3	60	8.00	10.01	79.92
4	55	7.10	9.85	72.08
5	90	9.10	12.04	75.58
6	60	8.18	10.01	81.72
7	60	7.88	10.01	78.72
8	50	7.17	8.2	87.44
9	60	8.10	10.02	80.84
10	90	9.10	12.03	75.64
11	55	7.11	9.02	78.82
12	65	9.02	10.45	86.32
13	65	8.90	10.3	86.41
14	60	8.09	10.04	80.58
15	60	8.18	10.04	81.47
Rata – rata :				80.15

Rumus untuk mendapatkan persentase hasil :

$$\text{Hasil (\%)} = \frac{\text{Arus Listrik dengan Sistem}}{\text{Arus Listrik Tanpa Sistem}} \times 100\% \tag{4}$$

Hasil dari pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1. Kesimpulan yang didapat adalah, dengan menggunakan system yang dibangun, arus listrik dari pemakaian dapat menjadi 80.15% lebih hemat dari biasanya.



Gambar 8: Grafik perbandingan konsumsi listrik mesin

Perbandingan konsumsi daya listrik yang nilainya diambil dari arus listrik mesin ini lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut (Gambar 8), mesin yang menggunakan sistem, arus listrik yang digunakan lebih kecil dan stabil dibandingkan tanpa sistem

B. Pengujian Logika Fuzzy

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketepatan logika Fuzzy dalam mengolah data dan memberikan info output. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil keluaran dari alat yang dibuat dengan perhitungan manual. Salah satu contoh perhitungan manual dengan menggunakan persamaan (1) untuk keanggotaan arus (Gambar 5) dan waktu produksi (Gambar 6)

Keanggotaan Arus :
$$\mu_{rendah}[6] = \frac{8 - 6}{8 - 2} = \frac{2}{6} = 0,33 \tag{5}$$

$$\mu_{sedang}[6] = \frac{6 - 2}{8 - 2} = \frac{4}{6} = 0,67 \tag{6}$$

Dengan menggunakan Max Method, yaitu pengambilan nilai terbesar dari hasil perbandingan kedua ruas[12], bahu kiri dan bahu kanan, nilai arus 6 yang berada diantara bahu kiri dan bahu kanan (Gambar 5), jadi dapat disimpulkan jika nilai arus 6A berada pada kategori sedang dengan nilai $\mu = 0,67$.

Keanggotaan Waktu Produksi :
$$\mu_{cepat}[70] = \frac{90 - 70}{90 - 60} = \frac{20}{30} = 0,67 \tag{7}$$

$$\mu_{sedang}[70] = \frac{70 - 60}{90 - 60} = \frac{10}{30} = 0,33 \tag{8}$$

Nilai waktu produksi 70, berada diantara bahu kiri dan bahu kanan (Gambar 6), dapat disimpulkan bahwa waktu produksi selama 70 detik itu merupakan waktu produksi dalam kategori cepat dengan nilai $\mu = 0,67$. Dari contoh persamaan (2-5) di uji coba dibandingkan dengan sistem yang telah diimplementasikan logika fuzzy.

TABEL III
 Pengujian Logika Fuzzy

No	Kondisi Input Fuzzy		Hasil Fuzzy	Perhitungan Manual	Tingkat Akurasi (%)
	Arus	Waktu Produksi			
1	5	60	0.5	0.5	100
2	6	70	0.6	0.67	89.55
3	9	100	1	1	100
4	10	120	1	1	100
5	12	90	0.5	0.6	83.33
Rata - rata :					94.58

Dari Tabel III, hasil uji menunjukkan kinerja dari logika fuzzy yang dibuat dapat memenuhi perancangan, karena rata-rata tingkat akurasi antara hasil fuzzy yang dibuat dengan perhitungan manual adalah 94.58%. Dengan menggunakan 9 base fuzzy rule memberikan hasil yang akurat.

$$\text{Hasil (\%)} = \frac{\text{Perhitungan Manual}}{\text{Hasil Fuzzy}} \times 100\% \tag{9}$$

C. Hasil Pengujian Akurasi Kontrol Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian dan kinerja kontrol dengan internet dalam mengolah relay, apakah harus dihidupkan atau dimatikan sesuai dengan data sensor dan info logika Fuzzy. Pengujian dilakukan dengan melihat berapa eksekusi yang berhasil dalam 50 percobaan dengan sekali percobaan diulang selama 15 kali. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
 Hasil pengujian akurasi kontrol sistem

Percobaan ke-	Jumlah Kontrol Nyala - Mati Mesin	Hasil Sesuai	Hasil Tidak Sesuai	Akurasi (%)
1 s/d 10	15	10	5	66.67
11 s/d 20	15	13	2	86.67
21 s/d 30	15	14	1	93.3
31 s/d 40	15	13	2	86.7
41 s/d 50	15	13	2	86.7
Rata-rata				84.0

Dari Tabel IV rata-rata keberhasilan kontrol sistem sebesar 84%, hal ini berarti dalam 100 kali percobaan terdapat kesalahan sebanyak 16 kali. Kesalahan ini disebabkan karena faktor sensor yang kurang optimal.

V. KESIMPULAN

Sistem yang dibangun berhasil diimplementasikan dan diuji sesuai dengan skenario yang telah dibuat, berdasarkan hasil skenario, pengujian akurasi kontrol otomatis nyala – mati pada mesin, sistem yang dibangun menghasilkan tingkat akurasi sebesar 84%. Pengujian akurasi logika fuzzy pada sistem yang berdasarkan hasil skenario yang telah diuji juga mendapatkan persentase sebesar yaitu 94.58%, dan pengujian akurasi penghematan daya listrik yang merupakan tujuan utama dari penelitian inipun tercapai, dengan diimplementasikannya sistem ini pada mesin, konsumsi daya listrik mesin dapat lebih hemat 80,15% dari biasanya.

REFERENCES

- [1] Mesin Packing Keripik.[online].Available:<https://anekamesinpengemas.com/produk/mesin-packing-keripik/>
- [2] Mesin Packing Tepung.[online].Available:<https://anekamesinpengemas.com/produk/mesin-packing-tepung/>
- [3] MesinPengemasOtomatis.[online].Available:<https://anekamesinpengemas.com/produk/mesin-pengemas-otomatis/>
- [4] detikfinance. RI Dibayangi Krisis Listrik, Masyarakat Masih Boros Energi. <https://finance.detik.com/energi/d-2996701/ri-dibayangi-krisis-listrik-masyarakat-masih-boros-energi>, 2015. Online: Accessed 10 April 2019.
- [5] Panjaitan, Seno D., and Aryanto Hartoyo. "A lighting control system in buildings based on fuzzy logic." *Telkomnika* 9.3 (2011): 423
- [6] Wei, Chuyuan, and Yongzhen Li. "Design of energy consumption monitoring and energy-saving management system of intelligent building based on the Internet of things." 2011 international conference on electronics, communications and control (ICECC). IEEE, 2011.
- [7] Athari, M. H., and M. M. Ardehali. "Operational performance of energy storage as function of electricity prices for on-grid hybrid renewable energy system by optimized fuzzy logic controller." *Renewable Energy* 85 (2016): 890-902.
- [8] Wahab, Faisal, et al. "Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control untuk Pengendalian Suhu Ruangan." *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)* 2.1 (2017): 1-8.
- [9] Listyorini, Tri, and Robbi Rahim. "A prototype fire detection implemented using the Internet of Things and fuzzy logic." *World Trans. Eng. Technol. Educ* 16.1 (2018): 42-46.
- [10] detikfinance. Tarif Listrik Rumah Mewah, Mall, sampai pabrik Besar Naik. <https://finance.detik.com/energi/d-2904440/tarif-listrik-rumah-mewah-mal-sampai-pabrik-besar-naik>, 2015. Online : Accessed 17 April 2019
- [11] Suma, Ketut, I. Wayan Sadia, and Ni Made Pujani. *Fisika: Seri Kelistrikan dan Kemagnetan Untuk SMA/MA Kelas XII: Modul Pembelajaran Berbasis Aktivitas dan Teks Perubahan Konseptual*. Nilacakra, 2018.
dengan menggunakan rumus pada persamaan (1), sebagai contoh untuk perhitungan pengambilan keputusan dari fuzzy logic, dengan inputan keanggotaan arus listrik 12, serta waktu produksi 55
- [12] Meana-Llorián, Daniel, et al. "IoFClime: The fuzzy logic and the Internet of Things to control indoor temperature regarding the outdoor ambient conditions." *Future Generation Computer Systems* 76 (2017): 275-284.
- [13] Kurniasih, Dwi, et al. "The uses of fuzzy logic method for finding agriculture and livestock value of potential village." *International Journal of Engineering & Technology* 7.3 (2018): 1091-1095.
- [14] Energi Indonesia. Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia. <http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1101089425&9>. Online: Accessed 20 April 2019

