

IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DAN IOT PADA SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN TINGKAT KEPADATAN LAHAN PARKIR

(Implementations of Fuzzy Tsukamoto and IoT on a Decision Support Systems to Determine Parking Density Level)

Indraning Tyas Adhitria*, Wirarama Wedashwara, Ahmad Zafrullah Mardiansyah

Program Studi Teknik Informatika, FT-UNRAM
Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: adhitriatyas@gmail.com, wirawan@unram.ac.id, zaf@unram.ac.id

Abstract

Parking lots are a common thing in everyday life. Parking lot density can be a reference to find out how many people visit the place. So parking lot density level can be utilized by the owner of the parking lot to manage the place more efficient. For example, with knowing the density level of a parking lot, they can decide whether to open more parking lot or how many guards that must be placed. Most of the managers of a place know the density level of a parking lot by manually estimate it. If the system is developed with a more modern system, by providing information on the density of parking lots at a certain time, it will help managers in the process of parking lots management. So, this study aims to design a decision support system (DSS) to determine the density of parking lots by applying the concept of IoT and Tsukamoto's fuzzy method. The parking lot used for testing is in the form of a miniature car parking lot with a size 60 cm x 70 cm. IoT is used for the automation of parking data collection. The data is used to create a fuzzy rule pattern using the Tsukamoto fuzzy method inference system. Tsukamoto's fuzzy logic will determine the density of the parking lot at the desired period. Based on testing the accuracy obtained by comparing the results of the calculation of fuzzy logic with a manual observation of 12 samples, an error of 8.11% was generated. The biggest error was generated from sample data on Monday. This is because Monday is the beginning of a system of calculating rule patterns, where the amount of data used to determine rule patterns is not as much as the following day.

Key words: Decision, Parking Lot, IoT, Fuzzy Logic, Tsukamoto

*Penulis Korespondensi

1. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kebanyakan masyarakat. Maka dari itu lahan parkir menjadi hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Suatu tingkat kepadatan lahan parkir dari suatu tempat dapat menjadi masalah bagi pemilik suatu tempat. Kepadatan lahan parkir dapat menjadi acuan untuk mengetahui banyaknya orang yang mengunjungi tempat tersebut. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh pemilik tempat untuk melakukan manajemen terhadap tempat yang dimilikinya tersebut. Saat ini kebanyakan pengelola suatu tempat hanya memperkirakan seadanya saja secara manual dalam mengetahui di waktu-waktu kapan lahan parkirnya padat atau sepi. Padahal dengan mengetahui tingkat kepadatan lahan parkir di waktu-waktu tertentu, pengelola tempat dapat lebih efisien dalam mengelola tempatnya. Pengelola dapat menggunakan keputusan tingkat kepadatan tersebut misalnya untuk menentukan luasnya halaman parkir yang dibuka, menentukan jumlah penjaga lahan parkir yang harus ditempatkan, atau jumlah pos parkir yang harus dibuka. Maka dari itu, jika sistemnya dikembangkan

dengan sistem yang lebih modern, dengan memberikan informasi tingkat kepadatan lahan parkir pada periode tertentu maka akan sangat membantu pengelola dalam proses manajemen lahan parkir.

Perkembangan teknologi komunikasi *wireless* yang pesat saat ini memungkinkan dibuatnya suatu sistem yang dapat memantau objek secara otomatis. Banyaknya masyarakat yang menggunakan perangkat *mobile* yang terhubung ke internet membuat aliran data menjadi sangat cepat. *Internet of Things* (IoT) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. IoT memungkinkan perangkat komputer secara otomatis dapat melakukan kontrol terhadap suatu sistem, dan memungkinkan pula untuk memberi aksi ke sistem terhadap kejadian yang terjadi pada sistem yang dikontrol secara *real time* [1].

Terdapat suatu konsep yang disebut *Artificial Intelligence* (AI) yang merupakan konsep di mana kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam komputer agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dilakukan manusia. Salah satu bidang yang menggunakan AI yaitu adalah logika *fuzzy*. Logika *fuzzy*

umumnya diterapkan pada masalah yang mengandung unsur ketidakpastian. Logika *fuzzy* dengan metode *Tsukamoto* merupakan metode yang fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang ada. Kelebihan *fuzzy Tsukamoto* yaitu bersifat intuitif, diterima oleh banyak pihak, dan lebih cocok untuk *input* yang diterima dari manusia[2].

Berdasarkan penguraian di atas, maka akan dirancang sistem pendukung keputusan penentuan tingkat kepadatan lahan parkir pada periode tertentu untuk manajemen lahan parkir. Sistem yang dirancang terintegrasi dengan miniatur lahan parkir. Untuk mendapatkan data, digunakan konsep IoT dengan menggunakan sensor ultrasonik yang dipasang untuk mengetahui jumlah kendaraan yang masuk dan keluar. Data tersebut digunakan sebagai penentuan aturan-aturan dasar *fuzzy* untuk mendapatkan pola dari tingkat kepadatan lahan parkir berdasarkan variabelnya. Data sebagai variabel yang digunakan yaitu waktu, durasi lamanya tingkat kepadatan lahan parkir pada suatu periode, dan tingkat kepadatan lahan parkir. Hasil dari alur pola tingkat kepadatan lahan tersebut kemudian divalidasi dengan membandingkannya dengan keputusan secara manual oleh pikiran manusia

2. PENELITIAN TERKAIT

Sebelumnya sudah pernah dilakukan penelitian tentang penerapan konsep IoT pada sistem parkir. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rudi (2017), penerapan konsep IoT pada sistem parkir digunakan untuk *monitoring* lahan parkir. Rudi menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi adanya suatu kendaraan pada selot parkir. Penelitian tersebut menggunakan Arduino UNO sebagai *microcontroller* yang terhubung dengan internet melalui *chip* Wi-Fi ESP8266. Melalui aplikasi bernama *Blynk* yang berbentuk *website*, *user* dapat mengetahui apakah selot parkir terisi oleh kendaraan atau tidak. Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan, diketahui bahwa sistem berfungsi dengan baik. Sensor ultrasonik dapat mendeteksi adanya kendaraan secara otomatis. Hasil keluaran berupa selot parkir terisi atau tidak juga ditampilkan pada *website* dan bekerja dengan baik. Namun Penelitian tersebut hanya menampilkan 3 buah selot parkir saja karena keterbatasan sensor[1].

Penelitian lainnya tentang penerapan IoT pada sistem parkir dilakukan juga oleh Limantara, dkk (2017). Limantara membuat sebuah aplikasi sistem *website* untuk mendeteksi lot parkir yang kosong. Perangkat yang digunakan adalah sensor ultrasonik untuk mendeteksi kendaraan dan *chip* ESP8622 untuk

transmisi data. Pada penelitian tersebut didapatkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi keberadaan mobil dalam waktu kurang dari 10 detik. Dan untuk mengendalikan banyak *chip* ESP8366 lebih baik menggunakan perangkat *data collections* sehingga proses pengiriman data bisa lebih cepat[3]. Penerapan konsep IoT sebelumnya sudah banyak digunakan untuk sistem parkir seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Atif[4], Rudi, dkk[5], dan Rao, dkk[6].

Penerapan metode *fuzzy Tsukamoto* untuk sistem pendukung keputusan sebelumnya pernah dilakukan oleh Mazenda, dkk (2104). Pada penelitiannya, Mazenda membuat sistem pendukung keputusan untuk menentukan kualitas air sungai dengan menerapkan metode *fuzzy Tsukamoto*. Aplikasi dibuat dalam bentuk sebuah *website* dengan pengujian data sebanyak 60 data. Penelitian tersebut menentukan apakah kualitas air sungai memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, atau tercemar berat. Berdasarkan pengujian menggunakan metode *Black Box*, persentase yang didapatkan adalah 100% yang berarti sistem dapat berfungsi dengan baik. Dari 60 data yang diuji, 90% terbukti kesesuaian hasil perhitungan menggunakan metode *Tsukamoto* dan metode STORET[7]. *Fuzzy Tsukamoto* sudah banyak digunakan untuk diimplementasikan pada sistem pendukung keputusan yang pernah dilakukan oleh Kaswidjanti[8], Mulyanto, dkk[9], Karya, dkk[10], dan Abdurrahman, dkk[11]

3. METODOLOGI PENELITIAN

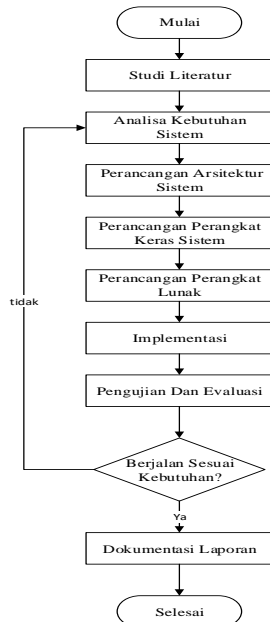
3.1. Alur Penelitian

Alur dari jalannya penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa tahap untuk menyelesaikannya. Sesuai pada *flowchart* di atas, tahap untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu menganalisis kebutuhan, merancang arsitektur sistem secara keseluruhan, merancang perangkat keras, *database*, dan perangkat lunak. Kemudian mengimplementasikan rancangan untuk kemudian diuji. Jika hasil pengujian menunjukkan sistem memenuhi fungsinya, maka dilanjutkan dengan dokumentasi dan laporan.

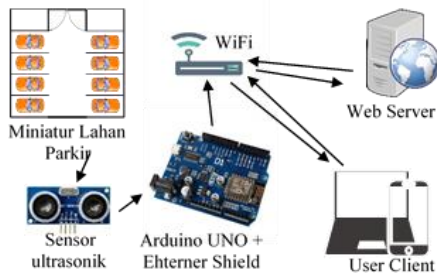
3.2. Rancangan Arsitektur Sistem

Rancangan arsitektur keseluruhan sistem yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 2. Pertama, sensor ultrasonik akan mendeteksi adanya kendaraan yang masuk dan keluar. Kemudian mikrokontroler mengirim data tersebut ke *web service* untuk dilakukan perhitungan menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* sehingga menghasilkan aturan-aturan dasar *fuzzy*

berbentuk IF-THEN. Kemudian *user* menggunakan sistem pendukung keputusan untuk menentukan tingkat kepadatan lahan parkir dalam bentuk *website*. Hasil keputusan didapatkan dari perhitungan dengan metode *fuzzy Tsukamoto* menggunakan aturan dasar yang didapat sebelumnya.



Gambar. 1. Flowchart alur penelitian



Gambar. 2. Rancangan Arsitektur Sistem

3.3. Rancangan Perangkat Keras

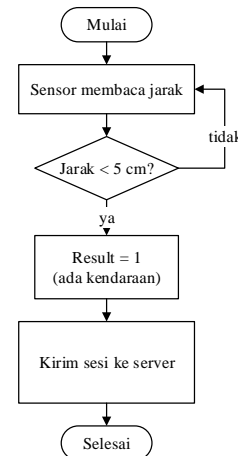
Rancangan Perangkat Keras dari sistem yang dibuat yaitu. Sensor ultrasonik diletakkan masing-masing pada jalur masuk dan keluar. Sensor terhubung dengan Arduino UNO sebagai mikrokontroler yang akan mengirim data ke *server*. Digunakan *Ethernet Shield ESP8266* untuk menghubungkan Arduino UNO ke jaringan WIFI.

3.4. Rancangan Perangkat Lunak

3.4.1. Perancangan Aplikasi Kontrol

Rancangan aplikasi kontrol diimplementasikan di mikrokontroler (Arduino UNO). Alur pemrosesan data

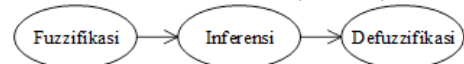
untuk dikirim ke *server* dapat dilihat di *flowchart* pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar. 3. Flowchart aplikasi kontrol

3.4.2. Metode Fuzzy Tsukamoto

Secara umum terdapat tiga tahapan untuk menentukan tingkat kepadatan lahan parkir dengan metode inferensi *fuzzy Tsukamoto*, yaitu mendefinisikan variabel *fuzzy* (fuzzifikasi), inferensi, dan defuzzifikasi (menentukan *output crisp*).



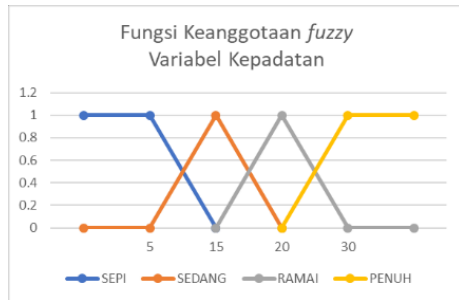
Gambar. 4. Tahap metode *fuzzy Tsukamoto*

Pada teori himpunan *Fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangat penting[12]. Nilai keanggotaan menjadi ciri utama dari penalaran dengan *Fuzzy Logic* tersebut. Pada metode *Tsukamoto*, setiap aturan berbentuk IF-THEN dan harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton[2].

Pada sistem yang akan dibangun, logika *fuzzy* akan melakukan pembelajaran berdasarkan data yang didapatkan dari konsep IoT yang diterapkan pada lahan parkir. Perangkat IoT akan mengambil nilai dari setiap variabel yang dibutuhkan, kemudian berdasarkan data tersebut logika *fuzzy* akan menentukan aturan *fuzzy*-nya. Aturan *fuzzy* dapat berubah sesuai dengan pola.

Berikut ini adalah contoh untuk menghitung nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* dari salah satu variabel yaitu variabel kepadatan:

Variabel kepadatan terdiri dari 4 himpunan *fuzzy*, yaitu SEPI, SEDANG, RAMAI, dan SANGAT RAMAI. Fungsi untuk nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* tersebut direpresentasikan pada Gambar 5.



Gambar. 5. Grafik fungsi keanggotaan variabel kepadatan

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy SEPI dari himpunan fuzzy kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd\text{t}SEPI}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{15-x}{15-5}, & 5 < x < 15 \\ 0, & x \geq 15 \end{cases} \quad (1)$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy SEDANG dari himpunan fuzzy kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd\text{t}SEDANG}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{15-5}, & 5 < x < 15 \\ 1, & x = 15 \\ \frac{15-x}{20-15}, & 15 < x < 20 \\ 0, & x \geq 20 \end{cases} \quad (2)$$

Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy RAMAI dari himpunan fuzzy kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd\text{t}RAMAI}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 15 \\ \frac{x-15}{20-15}, & 15 < x < 20 \\ 1, & x = 20 \\ \frac{30-x}{30-20}, & 20 < x < 30 \\ 0, & x \geq 30 \end{cases} \quad (3)$$

Fungsi keanggotaan himpunan Fuzy SANGAT RAMAI dari himpunan fuzzy kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd\text{t}S.RAMAI}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \\ \frac{x-20}{30-20}, & 20 < x < 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases} \quad (4)$$

Pada metode Tsukamoto, untuk menentukan output crisp, digunakan defuzifikasi rata-rata terpusat, yaitu:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \text{apredikat}_i \cdot z_i}{\sum \text{apredikat}} \quad (5)$$

Untuk pengujian dilakukan dengan mengimplementasikan perangkat IoT pada miniatur lahan parkir khusus mobil berukuran 60cm x 70cm. Data dari miniatur lahan parkir tersebut akan digunakan untuk melakukan proses inferensi fuzzy dengan metode

Tsukamoto untuk sistem pendukung keputusan yang dibuat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi

Gambaran dari alur kerja sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang dibangun pada penelitian ini dapat dijelaskan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Perangkat IoT mendeteksi kendaraan yang masuk dan keluar di lahan parkir dengan menggunakan sensor ultrasonik.
2. Mikrokontroler Arduino UNO mengirim data sesi kendaraan di lahan parkir ke server dengan menggunakan WiFi.
3. Server menyimpan data sesi kendaraan di database.
4. Sistem berbasis website melakukan perhitungan fuzzy dengan metode Tsukamoto untuk menghasilkan pola aturan-aturan fuzzy.
5. User melakukan login pada website sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir.
6. User memasukkan waktu yang diinginkan untuk mengetahui kepadatan lahan parkir pada saat waktu yang ditentukan tersebut.
7. Sistem akan melakukan perhitungan fuzzy untuk mendapatkan hasil keputusan kondisi lahan parkir pada waktu yang dimasukkan oleh user.

4.1.1. Implementasi Perangkat Keras IoT

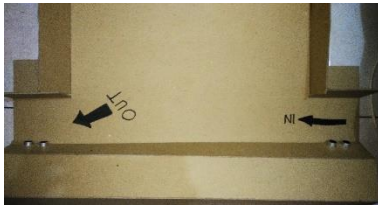
. Kapasitas jumlah kendaraan pada alat yang dibuat yaitu sebanyak 30 buah mobil. Realisasi perangkat keras dari sistem dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar. 6. Tampilan keseluruhan alat



Gambar. 7. Tampilan perangkat IoT



Gambar. 8. Tampilan sensor ultrasonik

Aplikasi kontrol dibangun pada mikrokontroler (Arduino UNO) untuk mengendalikan perangkat IoT agar bekerja sesuai fungsinya. Untuk pembuatan aplikasi kontrol, bahasa yang digunakan adalah bahasa C, dan IDE yang digunakan adalah Arduino IDE. Agar aplikasi kontrol dapat terkoneksi ke jaringan WIFI dan dapat mengakses *web service*, dibutuhkan suatu *library* tambahan. *Library* yang ditambahkan dapat dilihat pada *source code* dibawah ini:

```
#include <ESP8266WiFiMulti.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
```

ESP8266WiFiMulti.h digunakan untuk mengakses WIFI sedangkan ESP8266HTTPClient.h digunakan untuk mengakses *web service*. Di bawah ini merupakan *source code* untuk menghubungkan Arduino ke jaringan Wi-Fi. Jaringan Wifi adalah nama WIFI yang akan dikoneksikan, sedangkan inipassword adalah kata sandi untuk terhubung ke Wi-Fi tersebut.

```
wifi.addAP("Jaringan Wifi", "inipassword");
wifi.run();
```

Di bawah ini merupakan *source code* untuk mengakses *web service*. Http.begin digunakan untuk mendaftarkan URL yang akan diakses. Http.GET digunakan untuk mengakses URL dengan *method GET*.

```
http.begin("http://172.22.99.222:8080/loT/input_s
esi/1 ");
data = http.GET();
```

Di bawah ini merupakan *source code* untuk mendeteksi adanya kendaraan dengan sensor ultrasonik.

```
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = (duration/2) / 29.1;
if (distance <= 7 && distance >= 0) {
  while (distance <= 7) {
    ReadDistance();
    delay(5);
  }
  http.begin("http://172.22.99.222:8080/loT/input
_sesi/1 ");
```

```
data = http.GET();
}
```

Pembuatan *web service* menggunakan bahasa PHP dengan menggunakan *framework* Laravel. Di bawah ini merupakan *source code* yang digunakan untuk menerima data dari aplikasi kontrol.

```
public function input_sesi(Request $request) {
  $sesi = new SesiModel();
  $before = SesiModel::last();
  if ($request == 0) {
    $sesi->jenis_sesi="keluar";
    $sesi->total_kendaraan =
$before->total_kendaraan - 1;
  } else {
    $sesi->jenis_sesi="masuk";
    $sesi->total_kendaraan = $before->
total_kendaraan + 1;
  }
  $sesi->save();
}
```

4.1.2. Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto

Metode *Tsukamoto* pada penelitian ini dibangun menggunakan bahasa PHP dengan *framework* Laravel. Skenario untuk penelitian ini yaitu terdapat sebuah lahan parkir yang memiliki kapasitas 30 buah mobil. Lahan parkir tersebut mulai beraktivitas pada pukul 9.00 pagi dan berhenti beraktivitas pada pukul 21.00 malam. Untuk tingkat kepadatan lahan parkir pada skenario ini, jika lahan parkir kosong maka tingkat kepadatan lahan parkir kosong. Jika total kendaraan pada lahan parkir adalah 30 buah, maka lahan parkir tingkat kepadatannya penuh. Jika total kendaraan kurang dari 12, maka tingkat kepadatan sepi. Jika total kendaraan di atas 24, maka tingkat kepadatan lahan parkir sangat ramai. Jika total kendaraan sekitar 12, maka tingkat kepadatan sedang. Jika total kendaraan sekitar 18, maka tingkat kepadatan ramai. Dihitung juga durasi untuk setiap *state* tingkat kepadatan. Yaitu durasi di mana lamanya suatu tingkat kepadatan tidak berubah. Jika durasinya kurang dari 30 menit, maka durasi kepadatannya sebentar. Jika durasinya antara 60-90 menit, maka durasi kepadatannya sedang. Jika durasinya antara 120 sampai 180, maka durasi kepadatannya lama. Dan jika durasinya di atas 210 menit maka durasi kepadatannya sangat lama.

Pada tahap ini, Metode Fuzzy akan diterapkan pada 2 jenis data yang berbeda, yaitu data dari perangkat IoT dan data input dari sistem pendukung keputusan.

Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Data Dari Perangkat IoT

Pada penelitian ini, perangkat IoT akan membaca jika ada kendaraan yang masuk atau keluar yang disebut sesi. Waktu sesi adalah waktu saat data sesi

dikirim dari perangkat IoT ke *web service*. Jenis sesi adalah tanda apakah ada suatu kendaraan masuk atau keluar. Total kendaraan adalah jumlah kendaraan saat ada sesi masuk atau keluar. Jika Jenis sesi adalah masuk, maka total kendaraan akan bertambah satu dari total kendaraan pada sesi sebelumnya. Sebaliknya jika jenis sesi adalah keluar maka total kendaraan sesi tersebut adalah total kendaraan sesi sebelumnya dikurangi satu. Durasi sesi adalah selisih waktu dari waktu sesi sebelumnya dengan sesi yang baru.

Pada Tabel I berikut ini adalah sebagian dari data yang diambil mulai hari Senin, 4 Februari 2019 sampai Rabu, 6 Februari 2019 oleh perangkat IoT:

TABLE I. DATA SESI KENDARAAN DARI PERANGKAT IOT

n	Hari sesi	Waktu sesi	Total Kendaraan	Durasi sesi (menit)
0	Senin	9:00:00	0	0
1	Senin	9:10:00	1	10
2	Senin	9:15:00	2	5
3	Senin	9:32:00	3	17
4	Senin	10:04:00	4	16
...
167	Selasa	14:58:00	14	17
168	Selasa	15:16:00	15	18
169	Selasa	15:37:00	16	21
170	Selasa	15:45:00	17	8
...
287	Rabu	19:33:00	9	10
288	Rabu	19:37:00	8	4
289	Rabu	19:47:00	7	10
290	Rabu	19:48:00	6	1

Dari Tabel I di atas, dicari derajat keanggotaan dari variabel waktu dan hari.

Untuk variabel waktu, himpunan keanggotaannya terdiri dari Pagi, Siang, Sore, dan Malam. Fungsi keanggotaan variabel waktu untuk skenario ini dapat dilihat pada Tabel II

TABLE II. FUNGSI KEANGGOTAAN VARIABEL WAKTU

Waktu	Representasi Kurva	Domain	Puncak Domain
Pagi	Bahu kiri	[9:00, 13:00]	9:00
Siang	Segitiga	[9:00, 13:00, 17:00]	13:00
Sore	Segitiga	[13:00, 17:00, 21:00]	17:00
Malam	Bahu Kanan	[17:00, 21:00]	21:00

Untuk variabel kepadatan, himpunan keanggotaannya terdiri dari kosong, sepi, sedang, ramai, sangat ramai, dan penuh. Fungsi keanggotaan variabel kepadatan untuk skenario ini dapat dilihat pada Tabel III

TABLE III. FUNGSI KEANGGOTAAN VARIABEL KEPADATAN

Tingkat Kepadatan	Representasi Kurva	Domain	Puncak Domain
Kosong	Tegak lurus	[0]	0
Sepi	Bahu kiri	[6, 12]	6
Sedang	Segitiga	[6, 12, 18]	12
Ramai	Segitiga	[12, 18, 24]	18
Sangat Ramai	Bahu Kanan	[18, 24]	24
Penuh	Tegak lurus	[30]	30

Untuk variabel durasi kepadatan, himpunan keanggotaannya terdiri dari Sebentar, Sedang, Lama, dan Sangat Lama. Fungsi keanggotaan variabel durasi kepadatan untuk skenario ini dapat dilihat pada Tabel IV

TABLE IV. FUNGSI KEANGGOTAAN VARIABEL DURASI KEPADATAN

Durasi Kepadatan	Representasi Kurva	Domain	Puncak Domain
Sebentar	Bahu kiri	[0,30, 60]	0-30
Sedang	Trapezium	[30, 60, 90,120]	60-90
Lama	Trapezium	[90,120,180,210]	120-180
Sangat lama	Bahu Kanan	[180,210,270]	210-270

Untuk membuat himpunan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel seperti pada Tabel II, Tabel III, dan Tabel IV maka dibuat kategori dengan *source code* di bawah ini:

```

addCategory('waktu')->
    addMembership('PAGI',[9,9,13])->
    addMembership('SIANG', [9,13,17])->
    addMembership('SORE', [13,17,21])->
    addMembership('MALAM', [17,21,21])->;
    
```

AddCategory merupakan fungsi yang dibuat untuk menyimpan variabel dengan parameter nama variabel tersebut. AddMembership merupakan fungsi yang dibuat untuk memberi nilai himpunan fungsi keanggotaan. Perhitungan yang dilakukan oleh fungsi addMembership dapat dilihat pada *source code* di bawah ini:

```

$a = $this -> parameter[0];
$b = $this -> parameter[1];
    
```

```

$c = $this -> parameter[2];
return max(min( ($x-$a)/($b-$a), ($c-$x)/($c-$b) ),0);
    
```

Dari *source code* di atas, maka akan didapatkan nilai keanggotaan (μ) dari masing-masing himpunan keanggotaan. Nilai keanggotaan tersebut digunakan untuk tahap selanjutnya yaitu inferensi.

Hasil metode Tsukamoto untuk data IoT bentuk per kelasnya akan menjadi seperti pada Tabel V berikut ini

TABLE V. DATA PER KELAS

N	Hari	Waktu	Rata-rata Total Kendaraan	Durasi Kepadatan (menit)
1	Senin	Pagi	4.5	101
2	Senin	Siang	17.93	240
3	Senin	Sore	20.5	256
4	Senin	Malam	18.05	132
5	Selasa	Pagi	6.64	100
6	Selasa	Siang	9.88	265
7	Selasa	Sore	23.59	527
8	Selasa	Malam	11.5	253
9	Rabu	Pagi	4.50	118
10	Rabu	Siang	15.93	233
11	Rabu	Sore	23.21	242
12	Rabu	Malam	6.94	127

Dari Tabel V di atas, dihitung semua keanggotaan dari variabel Total Kendaraan dan Durasi Kepadatan. Maka akan didapatkan aturan basis seperti pada Tabel VI berikut.

4.1.3. Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Sistem Pendukung Keputusan

Pada penelitian ini, *user* akan menginput waktu yang diinginkan untuk mengetahui tingkat kepadatan dan durasi kepadatan pada lahan parkir sesuai dengan waktu yang diinginkan. Contohnya terdapat skenario seorang *user* ingin mengetahui tingkat kepadatan pada hari Senin pukul 20:15. Maka tahap perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

$$x = 20 + \left(\frac{15}{60}\right) = 20,25 \text{ maka } x > 17 \text{ dan } x < 21$$

$$\mu_{PAGI}[x] = 0, \quad x \geq 13$$

$$\mu_{SIANG}[x] = 0, \quad x \geq 17$$

$$\mu_{Sore}[x] = \frac{21-x}{21-17}, \quad 17 < x < 21$$

$$= \frac{21-20,25}{21-17} = 0,19$$

(6)

$$\mu_{malam}[x] = \frac{x-17}{21-17}, \quad 17 < x < 21$$

$$= \frac{20,25-17}{21-17} = 0,81$$

$$\mu \text{ waktu} = \max(0; 0; 0,19; 0,81) = 0,81 \rightarrow \text{Malam}$$

TABLE VI. HASIL KELOMPOK VARIABEL DENGAN FUZZY

n	Hari	Waktu	Tingkat Kepadatan	Durasi Kepadatan
0	Senin	Pagi	Sepi	Sedang
1	Senin	Siang	Ramai	Sangat Lama
2	Senin	Sore	Ramai	Sangat Lama
3	Senin	Malam	Ramai	Lama
4	Selasa	Pagi	Sepi	Sedang
5	Selasa	Siang	Sedang	Sangat Lama
6	Selasa	Sore	Sangat Ramai	Sangat Lama
7	Selasa	Malam	Sedang	Sangat Lama
8	Rabu	Pagi	Sepi	Lama
9	Rabu	Siang	Ramai	Sangat Lama
10	Rabu	Sore	Sangat Ramai	Sangat Lama
11	Rabu	Malam	Sepi	Lama
12	Senin	Pagi	Sepi	Sedang

Kemudian untuk mendapatkan nilai tingkat kepadatan dan durasi kepadatannya, digunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan perhitungan masing-masing aturan. Aturan yang digunakan merupakan aturan dari kelas hari Senin yaitu:

[R1] IF hari SENIN AND waktu PAGI THEN kepadatan SEPI AND durasi kepadatan SEDANG

$$\alpha\text{-predikat}_{kepadatan1} = \mu_{PAGI} = 0$$

$$Z_{kepadatan1} = 0$$

$$\alpha\text{-predikat}_{durasi1} = \mu_{PAGI} = 0$$

$$Z_{drasi1} = 0$$

[R2] IF hari SENIN AND waktu SIANG THEN kepadatan RAMAI AND durasi kepadatan SANGAT LAMA

$$\alpha\text{-predikat}_{kepadatan2} = \mu_{SIANG} = 0$$

$$Z_{kepadatan2} = 0$$

$$\alpha\text{-predikat}_{durasi2} = \mu_{SIANG} = 0$$

$$Z_{drasi2} = 0$$

[R3] IF hari SENIN AND waktu SORE THEN kepadatan RAMAI AND durasi kepadatan SANGAT LAMA

$$\alpha\text{-predikat}_{kepadatan3} = \mu_{SORE} = 0,19$$

$$Z_{kepadatan3-1} = (6 * 0,19) + 12 = 13,14$$

$$Z_{kepadatan3-2} = 24 - (6 * 0,19) = 22,86$$

$$Z_{kepadatan3} = \text{MAX}(13,14; 22,86) = 22,86 = 23$$

$$\alpha\text{-predikat}_{durasi3} = \mu_{SORE} = 0,19$$

$$Z_{durasi3} = 210 - (30 * 0,19) = 204,3 \text{ menit}$$

[R4] IF hari SENIN AND waktu MALAM THEN kepadatan RAMAI AND durasi kepadatan LAMA

$$\alpha\text{-predikat}_{kepadatan4} = \mu_{MALAM} = 0,81$$

$$Z_{kepadatan4-1} = (6 * 0,19) + 12 = 28,86$$

$$Z_{kepadatan4-2} = 24 - (6 * 0,19) = 7,14$$

$$Z_{kepadatan4} = \text{MAX}(28,86; 7,14) = 28,86 = 29$$

$$\alpha\text{-predikat}_{durasi4} = \mu_{MALAM} = 0,81$$

$$Z_{durasi4-1} = (30 * 0,81) + 90 = 234,3$$

$$Z_{durasi4-2} = 210 - (30 * 0,81) = 65,7$$

$$Z_{durasi4} = \text{MAX}(234,3; 65,7) = 234,3 \text{ menit}$$

Z^* -kepadatan = $(0,19*23) + (0,81*29) / 0,19 + 0,81 = 27,86 = 28$ buah kendaraan
 $x = 28$ maka $x \geq 24$
 $\mu_{kosong}[x] = 0, \quad 0 \neq x$
 $\mu_{sepi}[x] = 0, \quad x \geq 12$
 $\mu_{sedang}[x] = 0, \quad x \geq 18$
 $\mu_{ramai}[x] = 0, \quad x \geq 24$
 $\mu_{sangat\ Ramai}[x] = 1, \quad x \geq 24$
 $\mu_{penuh}[x] = 0, \quad x \neq 30$
 $\mu_{kepadatan} = \max(0; 0; 0; 0; 1; 0) = 1$
 \rightarrow Sangat Ramai

Z^* - durasi kepadatan = $(0,19*204,3) + (0,81*234,3) / 0,19 + 0,81 = 228,6$ menit
 $x = 228,6$ maka $x \geq 210$
 $\mu_{SEBENTAR}[x] = 0, \quad x \geq 60$
 $\mu_{SEDANG}[x] = 0, \quad x \geq 120$
 $\mu_{LAMA}[x] = 0, \quad x \geq 210$
 $\mu_{SANGAT\ LAMA}[x] = 1, \quad x \geq 210$
 $\mu_{durasi\ kepadatan} = \max(0; 0; 0; 0; 1) = 1$
 \rightarrow Sangat Lama

Jadi, untuk input hari Senin pukul 20:15, tingkat kepadatannya yaitu sangat ramai dengan total kendaraan sebanyak 28 buah kendaraan, dan durasi kepadatan sangat ramai tersebut berlangsung dalam waktu yang sangat lama yaitu 228,6 menit

4.1.4. Implementasi Sistem Pendukung Keputusan

Implementasi sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir dibuat dalam bentuk *website*. Sistem dibuat menggunakan bahasa PHP dengan *framework* Laravel dan Bootstrap.

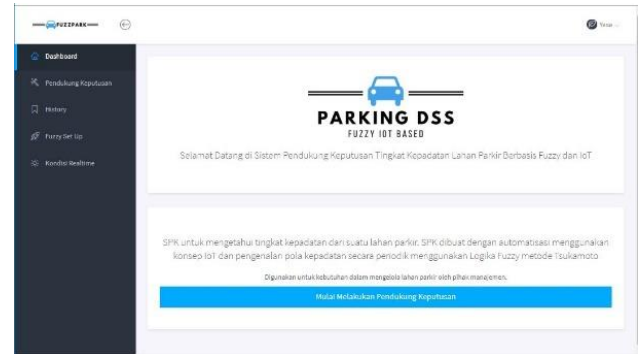
a. Halaman Log In



Gambar. 9. Tampilan halaman *login*

Pada halaman tersebut, *user* akan memasukan *email* dan *password* untuk dapat mengakses sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang dibuat.

b. Halaman Dashboard



Gambar. 10. Tampilan halaman *dashboard*

Pada halaman *dashboard* seperti pada Gambar 10, terdapat informasi tentang apa saja yang dapat dilakukan pada sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang dibuat.

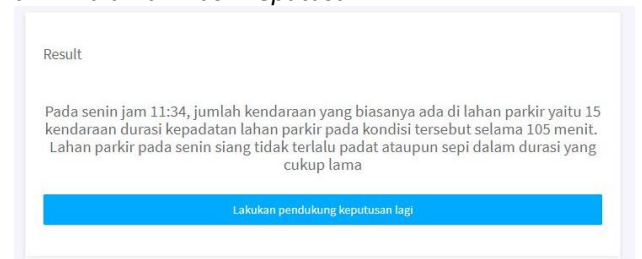
c. Halaman Pendukung Keputusan



Gambar. 11. Tampilan halaman pendukung keputusan

Pada halaman pendukung keputusan seperti pada Gambar 11, terdapat *form* untuk menginput nilai variabel yaitu hari dan jam. Kemudian jika tombol lihat hasil keputusan di klik setelah mengisi *form input*, maka akan menuju halaman hasil keputusan yang merupakan hasil perhitungan metode *fuzzy* untuk mengetahui tingkat kepadatan lahan parkir

d. Halaman Hasil Keputusan



Gambar. 12. Tampilan halaman hasil keputusan

Pada halaman hasil keputusan seperti pada Gambar 12, terdapat informasi hasil dari proses pendukung keputusan berdasarkan waktu *input* yang dimasukan oleh *user*.

e. Halaman Pola Kepadatan

Pola Kepadatan Lahan Parkir			
No.	Keterangan	Frekuensi Terjadi dalam Sehari	Paling sering terjadi saat waktu
1	Kepadatan Sepi	3 kali	Pagi
2	Kepadatan Ramai	3 kali	Sore
3	Kepadatan Sangat Ramai	3 kali	Sore
4	Kepadatan Sedang	3 kali	Sore
5	Kepadatan Penuh	1 kali	malam

Gambar. 13. Tampilan halaman kepadatan

Pada Gambar 13, merupakan halaman untuk melihat pola kepadatan lahan parkir. *User* dapat mengetahui seberapa sering pola kepadatan terjadi. Contohnya yaitu untuk satu hari, tingkat kepadatan sepi terjadi sebanyak 3 kali dan paling sering terjadi pada waktu pagi hari.

f. Halaman Lihat Rule Base

Fuzzy Rule Base				
ID	HARI	WAKTU	KEPADATAN	DURASI
1	SENIN	PAGI	SEPI	SEDANG
2	SENIN	SIANG	SEPI	SEDANG
3	SENIN	SIANG	SEDANG	SEDANG
4	SENIN	SIANG	RAMAI	SEDANG
5	SENIN	SIANG	SANGAT RAMAI	SEBENTAR
6	SENIN	SORE	SEDANG	LAMA

Gambar. 14. Tampilan halaman lihat rule base

Pada halaman ini, *user* dapat melihat aturan-aturan yang digunakan untuk menghitung nilai keanggotaan dan inferensi pada metode *fuzzy tsukamoto*. Contohnya yaitu pada Senin pagi, tingkat kepadatan biasanya sepi untuk durasi yang sedang.

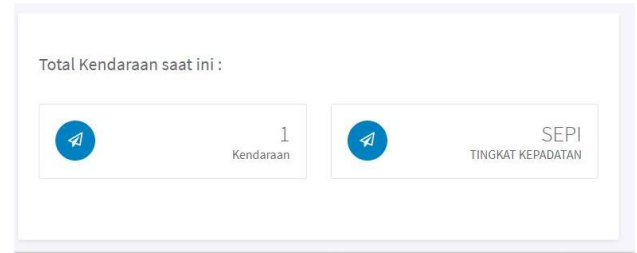
g. Halaman History

History Keputusan Sebelumnya		
ID	Tanggal	Keputusan
2	2019-02-21	Pada senin jam 11:34, jumlah kendaraan yang biasanya ada di lahan parkir yaitu 15 kendaraan durasi kepadatan lahan parkir pada kondisi tersebut selama 105 menit. Lahan parkir pada senin siang tidak terlalu padat ataupun sepi dalam durasi yang cukup lama
3	2019-02-21	Pada jumat jam 17:30, jumlah kendaraan yang biasanya ada di lahan parkir yaitu 22 kendaraan durasi kepadatan lahan parkir pada kondisi tersebut selama 175 menit. Lahan parkir pada jumat sore ramai dalam durasi yang lama
4	2019-	Pada senin jam 18:00, jumlah kendaraan yang biasanya ada di lahan parkir yaitu 27

Gambar. 15. Tampilan halaman history

Pada halaman ini, *user* dapat melihat hasil keputusan sebelumnya. Seperti pada Gambar 15, informasi yang ditampilkan adalah tanggal dan hasil keputusan sebelumnya.

h. Halaman Realtime



Gambar. 16. Tampilan halaman realtime

Pada halaman ini, *user* dapat mengetahui tingkat kepadatan lahan parkir secara *realtime*.

4.2. Pengujian

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir dengan metode *Tsukamoto* dan konsep IoT. Ada tiga skenario pengujian yang dilakukan pada tahap ini, yaitu pengujian alat, pengujian validasi sistem[7], dan pengujian akurasi sistem. Pengujian alat dilakukan untuk menguji perangkat keras IoT untuk mengambil data. Pengujian validasi sistem menggunakan metode *Black Box* untuk menguji keseluruhan fungsi sistem. Pengujian akurasi sistem dilakukan untuk menguji akurasi dari metode *fuzzy Tsukamoto* yang dibuat. Pengujian dilakukan pada *server localhost*.

4.2.1. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk menguji perangkat keras IoT untuk mengambil data. Pengujian dilakukan dengan menguji satu per satu rangkaian alat yang terdiri dari sensor ultrasonik, Arduino UNO, dan WIFI *Ethernet Shield*.

a. Pengujian fungsionalitas sensor ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan menguji apakah sensor ultrasonik dapat mendeteksi adanya objek di depannya atau tidak. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali.

TABLE VII. HASIL UJI SENSOR ULTRASONIK

No	Jarak Terbaca	Jarak Sebenar - nya	Objek Terdeteksi sensor?	Keterangan
1	10	10	Tidak	Berhasil
2	10	10	Tidak	Berhasil
3	8	10	Tidak	Berhasil
4	4	3	Ada	Berhasil
5	8	10	Tidak	Berhasil
6	4	3	Ada	Berhasil
7	10	10	Tidak	Berhasil
8	10	10	Tidak	Berhasil
9	9	10	Tidak	Berhasil
10	3	3	ada	Berhasil

Dari Tabel VII dapat dijelaskan bahwa sensor ultrasonik dapat berfungsi mendeteksi objek dan berdasarkan pengujian dengan 10 data, diketahui bahwa tingkat keberhasilannya yaitu 100%, di mana semua objek dapat terdeteksi.

b. Pengujian fungsionalitas mikrokontroler

Pada Gambar 21 dapat diketahui bahwa mikrokontroler telah bekerja. Hal ini dilihat dari lampu indikator mikrokontroler yang bekerja. Dengan demikian mikrokontroler lulus pengujian.



Gambar. 17. Pengujian mikrokontroler

c. Pengujian fungsionalitas WIFI -Ethernet Shield

Pada Gambar 22 dapat diketahui bahwa mikrokontroler telah bekerja. Hal ini dilihat dari lampu indikator Shield yang bekerja. Dengan demikian mikrokontroler lulus pengujian.



Gambar. 18. Pengujian Ethernet Shield

4.2.2. Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian validasi sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir menggunakan metode Black Box untuk menguji keseluruhan fungsi sistem. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel VIII.

Dari hasil pengujian yang tertera pada Tabel VIII, maka dapat disimpulkan bahwa fungsionalitas sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang dibuat dapat berfungsi dan menjalankan fungsinya dengan baik dengan tingkat keberhasilan menampilkan informasi 100%. Yaitu, semua halaman untuk kasus uji dapat menampilkan informasi sesuai dengan yang diharapkan sistem.

TABLE VIII. HASIL UJI VALIDASI SISTEM

No	Nama Kasus Uji	Status Validitas
1	Log In berhasil	valid
2	Log In gagal	valid
3	Tambah data pendukung keputusan	valid
4	Perhitungan derajat keanggotaan fuzzy	valid
5	Pengolahan rule fuzzy	valid
6	Perhitungan fuzzy Tsukamoto	valid
7	Lihat hasil keputusan	valid
8	Lihat rule base fuzzy	valid
9	Lihat kondisi lahan parkir realtime	valid
10	Lihat pola kepadatan lahan parkir	valid

4.2.3. Pengujian Error

Pengujian akurasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung persentasi error hasil keluaran sistem. Hasil keluaran sistem yang berupa tingkat kepadatan yang dihitung menggunakan metode fuzzy Tsukamoto dibandingkan dengan tingkat kepadatan sebenarnya pada lahan parkir saat waktu tersebut. Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui performa dari Sistem Pendukung Keputusan untuk memberikan kepadatan di lahan parkir. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel IX.

TABLE IX. HASIL UJI PENGUJIAN KEPADATAN

No	Masukan		Keluaran (Total Kendaraan)		Error (%)
	Hari	Waktu	Tot. Ken. Aktual	Hasil Fuzzy	
1	Senin	11:38	13	17	21.17
2	Senin	14:00	23	20	11.96
3	Senin	17:36	20	20	2.35
4	Senin	19:17	26	21	19.46
5	Selasa	10:12	11	10	6.18
6	Selasa	13:27	13	13	0.00
7	Selasa	16:16	22	22	0.00
8	Selasa	20:07	15	15	0.00
9	Rabu	10:41	13	14	6.96
10	Rabu	15:04	20	21	5.24
11	Rabu	16:02	25	23	9.80
12	Rabu	20:37	7	8	9.06
Rata-rata Error					8.11 %

Berdasarkan pengujian akurasi yang didapatkan dengan membandingkan hasil dari perhitungan logika fuzzy dengan pengamatan manual sebanyak 12 sampel, dihasilkan error sebesar 8,11%. Error terbesar dihasilkan dari sampel data pada hari Senin. Hal tersebut karena pada hari Senin adalah awal sistem menghitung pola aturan, di mana jumlah data yang digunakan untuk menentukan pola aturan belum sebanyak pada hari selanjutnya. Nilai error ditentukan

oleh seberapa banyak data yang digunakan untuk membuat pola aturan *fuzzy*. Jika semakin banyak data yang digunakan untuk membuat aturan, maka semakin baik pula hasilnya. Saat melakukan pengambilan data, data yang diambil pada hari di mana nilai *error* yang lebih tinggi tidak sebanyak dengan data yang diambil pada hari yang nilai *error*-nya lebih kecil. Karena pola aturan *fuzzy* didapatkan dengan merata-ratakan hasil keluaran fungsi keanggotaan setiap variabel, maka semakin banyak jumlah data yang dihitung nilai rata-ratanya juga semakin akurat hasilnya. Contohnya seperti pada pengujian untuk hari Selasa. Karena pada hari Selasa dilakukan pengambilan data lebih banyak.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap Sistem Pendukung Keputusan dalam menentukan tingkat kepadatan lahan parkir, dapat disimpulkan bahwa:

1. IoT diimplementasikan pada miniatur lahan parkir agar sistem dapat secara otomatis terintegrasi dengan lahan parkir. Berdasarkan pengujian fungsionalitasnya, diketahui bahwa perangkat IoT yang digunakan dapat melakukan pengambilan data untuk dikirimkan ke *server* menggunakan koneksi *wifi*. Persentase keberhasilan alat mengirimkan data yaitu 100%, di mana setiap data yang diambil dapat berhasil dikirimkan ke *server*. Data yang dikirimkan oleh perangkat sensor berupa sesi adanya kendaraan masuk atau keluar, dan waktu saat sesi tersebut terjadi.
2. Metode Tsukamoto diimplementasikan untuk pengenalan pola aturan kepadatan dan menentukan kepadatan lahan parkir beserta durasi kepadatannya. Berdasarkan pengujian, sistem memiliki *error* sebesar 8,11%. Besarnya nilai *error* ditentukan oleh seberapa banyak data yang digunakan untuk membuat pola aturan *fuzzy*. Karena pola aturan *fuzzy* didapatkan dengan merata-ratakan hasil keluaran fungsi keanggotaan setiap variabel, maka semakin banyak jumlah data yang dihitung nilai rata-ratanya juga semakin akurat hasilnya.
3. Sistem berbasis *web* yang dibuat diuji pada server lokal. Berdasarkan hasil pengujian *black-box*, dapat diketahui bahwa sistem yang menerapkan logika *fuzzy* dan *framework Laravel* secara fungsional sudah dapat menghasilkan keluaran yang diharapkan sesuai dengan 10 fungsi yang dibuat di setiap halaman *web*-nya. Tingkat keberhasilan sistem menampilkan informasi sesuai fiturnya yaitu 100%, di mana seluruh halaman sistem dapat

menampilkan informasi sesuai dengan fungsinya. Yaitu dengan menentukan masukan nilai variabel waktu dan total kendaraan untuk menghasilkan keluaran keputusan tingkat kepadatan lahan parkir beserta durasi lamanya kepadatan tersebut berlangsung.

5.2. Saran

Hal-hal yang menjadi saran dalam pengembangan sistem ini agar menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan untuk pengembangan sistem dalam meningkatkan akurasi, dapat dilakukan dengan menambah jumlah data untuk pengenalan pola aturan dan juga menambah jumlah data untuk pengujian.
2. Diharapkan dapat dibangun Sistem Pendukung Keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang lebih baik lagi dengan menambah fitur seperti: *monitoring* lahan parkir secara *real-time*, sistem otomatis untuk alokasi lot parkir, atau lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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," Jurnal Universitas Muhammadiyah Jakarta, 2017.
- [2] M. I. Mahali, "Smart Door Lock Based on *Internet of Things* Concept with *Mobile Backend as a Service*," Jurnal Electronics, Informatics, and Vocational Education (ELINVO), vol. 1, p. 3, 2016.
- [3] S. Kusumadewi dan H. Purnomo, Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Pendukung Keputusan, Jakarta: Graha Ilmu, 2004.
- [4] B. M. W. & C. I. Restuputri, "Optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy* Tsukamoto dua tahap menggunakan algoritma genetika pada pemilihan calon penerima beasiswa dan BBB-PPA (studi kasus: PTIIK Universitas Brawijaya Malang)," DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, Malang, vol. 5, no. 15, 2015.
- [5] D. S. HS, Sistem Penunjang Keputusan, Jakarta: Gunadarma, 1996.
- [6] Rudi, I. Dinata dan R. Kurniawan, "Rancang Bangun Prototype Sistem Smart Parking Berbasis Arduino Dan Pemantauan Melalui Smartphone," Jurnal Ecotipe, vol. 4, no. 2, pp. 14-20, 2017.
- [7] M. L. Hakim, "Model Smart Parking Berbasis *Internet Of Things*," 2017.

- [8] E. D. Meutia, "Internet of Things Keamanan dan Privasi," Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro, 2015.
- [9] A. N. N. Chamim, "Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal GSM," Jurnal Informatika, vol. 4, no. 1, 2010.
- [10] M. P. T. Sulistyanto, D. A. Nugraha dan N. Sari, "Implementasi IoT (Internet of Things) Dalam Pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang," SMARTICS Journal, vol. 1, no. 1, 2015.
- [11] C. A. Aryanto, "Implementasi IoT (Internet of Things) Dalam Pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang dengan Framework Laravel dan Materialize," 2017.
- [12] D. Naista, CODEIGNITER VS LARAVEL, Kasus Membuat Website Pencari Kerja, Jakarta: Loko Media, 2017.
- [13] N. Yustina, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lensa Kontak Bagi Penderita Kelainan Refraksi Mata Menggunakan Metode Simple Additive Weighting," vol. 1, 2013.
- [14] E. Turban, E. J. Aronson dan T. P. Liang, "Decision Support Systems and Intelligent Sistem, Jilid 1," 2005.
- [15] D. J. P. Darat, Perhubungan Darat Dalam Angka 2014, Jakarta: Kementrian Perhubungan RI, 2014.