

**PERANCANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN TINGKAT
KEPADATAN LAHAN PARKIR BERBASIS IOT DAN FUZZY
INFERENCE SYSTEM METODE TSUKAMOTO**

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Program Studi Teknik Informatika



Oleh:

Indraning Tyas Adhitria

F1D 014 039

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MATARAM

2020

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN TINGKAT
KEPADATAN LAHAN PARKIR BERBASIS IOT DAN FUZZY INFERENCE
SYSTEM METODE TSUKAMOTO

Oleh:

Indraning Tyas Adhitria

F1D 014 039

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing

1. Pembimbing utama




Dr. Eng. I Gde Putu Wirarama WW., ST., MT.
NIP. 19840919 201803 1 001

Tanggal: 30 Mei 2020

2. Pembimbing Pendamping




Ahmad Zafrullah M., S.T., M.Eng.
NIP. -

Tanggal: 30 Mei 2020

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknik
Universitas Mataram




Prof. Dr. Eng. I Gede Pasek Suta Wijaya, ST., MT.
NIP. 19731130 200003 1 001



TUGAS AKHIR
PERANCANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN TINGKAT
KEPADATAN LAHAN PARKIR BERBASIS IOT DAN FUZZY INFERENCE
SYSTEM METODE TSUKAMOTO

Oleh :

INDRANING TYAS ADHITRIA
F1D 014 039

Telah diujikan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 22 Mei 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Teknik Informatika
Susunan Tim Penguji :

1. Penguji 1



Andy Hidayat Jatmika, S.T., M.Kom.
NIP. 19831209 201212 1 001

Tanggal : 30 Mei 2020

2. Penguji 2



Ariyan Zubaidi, S.Kom., MT.
NIP. 19860913 201504 1 001

Tanggal : 30 Mei 2020

3. Penguji 3



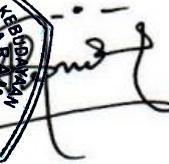
Fitri Bimantoro, ST., M.Kom.
NIP. 19860622 201504 1 002

Tanggal : 30 Mei 2020

Mataram, 2020

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Akmaluddin, ST., M.Sc.(Eng.), Ph.D.
NIP. 19681231 1994121 001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Mataram, Juni 2020

Indraning Tyas Adhitria

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh

Segala puji bagi Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala berkat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam penulis curahkan kepada baginda tercinta Nabi Muhammad SAW yang telah membawa dari alam gelap menuju alam terang benderang. Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan nikmat karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "*Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Tingkat Kepadatan Lahan Parkir Berbasis Iot dan Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto*". Tanpa pertolongan-Nya penulis tidak akan sanggup menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini dilaksanakan di Program Studi Teknik Informatika UNRAM. Penulis tentu menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan masih terdapat kesalahan dan kekurangan didalamnya. Untuk itu, diharapkan kritik serta saran dari pembaca untuk Tugas Akhir ini, agar Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik lagi. Penulis juga mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai.

Akhir kata semoga tidaklah terlampau berlebihan, bila penulis berharap agar karya ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, Juni 2020

Indraning Tyas

UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan dukungan ilmiah maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, ibu yang selalu mendukung dan mendo'akan, dan ayah yang mendampingi dan mendukung penulis saat mengerjakan Tugas Akhir ini sampai akhir hayatnya.
2. Bapak Akmaluddin, ST., M.Sc.(Eng.), Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mataram.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. I Gede Pasek Suta Wijaya, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Mataram.
4. Bapak Dr. Eng. I Gede Putu Wirama Wedashwara W. S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat selesai dengan baik.
5. Bapak Ahmad Zafrullah Mardiansyah S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir sehingga dapat selesai dengan baik.
6. Bapak I Wayan Agus Arimbawa, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya sebelumnya yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama tahap awal penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen dan *staff* di Jurusan Teknik Informatika Unram.
8. Saudara-saudara penulis (Ka Iqbal dan Bila), yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan materi selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman terbaik yang selalu memberikan dukungan dan semangat, Desak, Titak, Rizka, dan Ami.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan Tugas Akhir dengan baik.

Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya dan memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	v
ABSTRAK.....	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1. Penelitian Terkait	5
2.1.1. Implementasi IoT untuk Sistem Parkir.....	5
2.1.2. Penerapan Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> untuk Sistem Pendukung Keputusan.....	6
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. <i>Internet of Things</i> (IoT).....	7
2.2.2. Arsitektur Internet of Things	8
2.2.3. Mikrokontroler.....	9
2.2.4. Modul HC-SR04	10
2.2.5. Arduino UNO	11
2.2.6. Laravel.....	11
2.2.7. Bootstrap.....	12
2.2.8. Sistem Pendukung Keputusan	12
2.2.9. <i>Fuzzy Inference System</i> Metode Tsukamoto	12

2.2.10. Sistem Lahan Parkir	13
BAB III METODE PERANCANGAN	14
3.1. Rencana Pelaksanaan	14
3.2. Analisa Kebutuhan Sistem.....	15
3.3. Perencanaan Arsitektur Sistem	17
3.4. Perancangan Perangkat Keras Sistem	18
3.5. Perancangan Perangkat Lunak.....	19
3.5.1. Perancangan Aplikasi Pengontrol Perangkat Keras	19
3.5.2. Perancangan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan.....	19
3.6. Implementasi Sistem	29
3.7. Pengujian dan Evaluasi Sistem	29
3.8. Dokumentasi dan Laporan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Hasil Implementasi.....	31
4.1.1. Implementasi Perangkat Keras IoT	32
4.1.2. Implementasi Logika Metode Tsukamoto.....	34
4.1.3. Implementasi <i>Website</i> Sistem Pendukung Keputusan	54
4.2. Pengujian	57
4.2.1. Pengujian Alat.....	57
4.2.2. Pengujian Validasi Sistem.....	58
4.2.3. Pengujian Akurasi Sistem.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Internet of Things</i>	8
Gambar 2.2 Arsitektur <i>Internet of Things</i>	8
Gambar 2.3 Mikrokontroller	10
Gambar 2.4 Modul HC-SR04	10
Gambar 2.5 Konsep Model <i>View Controller</i>	11
Gambar 2.6 Proses inferensi dengan menggunakan metode Tsukamoto	13
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Rencana Pelaksanaan	14
Gambar 3.2 Rancangan Arsitektur Sistem.....	17
Gambar 3.3 Perancangan Perangkat Keras Sistem	18
Gambar 3.4 Rancangan <i>Control Aplikasi</i>	19
Gambar 3.5 Rancangan <i>database</i> SPK tingkat kepadatan lahan parkir	20
Gambar 3.6 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	21
Gambar 3.7 Alur metode inferensi <i>forward chaining</i>	21
Gambar 3.8 Alur metode inferensi <i>backward chaining</i>	21
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Metode Tsukamoto.....	22
Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan himpunan <i>fuzzy</i>	22
Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan himpunan <i>fuzzy</i>	23
Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan himpunan <i>fuzzy</i>	24
Gambar 3.13 Pola aturan <i>fuzzy</i> skenario.....	26
Gambar 3.14 Salah satu aturan <i>fuzzy</i> pada skenario.....	26
Gambar 3.15 Halaman <i>Log In</i>	27
Gambar 3.16 Halaman <i>Dashboard</i>	27
Gambar 3.17 Halaman Pendukung Keputusan	28
Gambar 3.18 Halaman Data Tingkat Kepadatan	28
Gambar 3.19 Halaman Data Tingkat Kepadatan	28
Gambar 4.1 Alur kerja spk tingkat kepadatan lahan parkir	31
Gambar 4.2 Tampilan keseluruhan alat.....	32
Gambar 4.3 Tampilan perangkat IoT	32
Gambar 4.4 Fungsi keanggotaan variabel waktu	36
Gambar 4.5 Fungsi keanggotaan variabel waktu	40
Gambar 4.6 Fungsi keanggotaan variabel waktu	42

Gambar 4.7 Halaman <i>login</i>	54
Gambar 4.8 Halaman <i>dashboard</i>	54
Gambar 4.9 Halaman Pendukung Keputusan	55
Gambar 4.10 Halaman hasil pendukung keputusan	55
Gambar 4. 11 Halaman pola kepadatan.....	55
Gambar 4.12 Halaman lihat <i>rule base</i>	56
Gambar 4. 13 Halaman <i>history</i>	56
Gambar 4.14 Halaman <i>realtime</i>	57
Gambar 4. 15 Pengujian mikrokontroler	58
Gambar 4.16 Pengujian Ethernet Shield	58

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data sesi kendaraan dari perangkat IoT	35
Tabel 4.2 Tabel representasi fungsi keanggotaan variabel waktu	36
Tabel 4.3 Nilai keanggotaan waktu.....	38
Tabel 4.4 Data per kelas	39
Tabel 4.5 Tabel representasi fungsi keanggotaan variabel waktu	40
Tabel 4.6 Nilai keanggotaan kepadatan.....	42
Tabel 4.7 Tabel representasi fungsi keanggotaan variabel waktu	43
Tabel 4.8 Nilai keanggotaan waktu.....	44
Tabel 4.9 Hasil kelompok variabel dengan <i>fuzzy</i>	45
Tabel 4.10 Hasil pola basis aturan <i>fuzzy</i>	45
.Tabel 4.11 Penjabaran Rule-0 IF Senin AND Pagi THEN Sepi AND Sedang	46
Tabel 4.12 Penjabaran Rule-1 IF Senin AND Siang THEN Ramai AND Sangat Lama	46
Tabel 4.13 Penjabaran Rule-2 IF Senin AND Sore THEN Ramai AND Sangat Lama..	47
Tabel 4.14 Penjabaran Rule-3 IF Senin AND Malam THEN Ramai AND Lama	47
Tabel 4.15 Penjabaran Rule-4 IF Selasa AND Pagi THEN Sepi AND Sedang	48
Tabel 4.16 Penjabaran Rule-5 IF Selasa AND Siang THEN Sedang AND Sangat Lama	48
Tabel 4.17 Penjabaran Rule-6 IF Selasa AND Sore THEN Sangat Ramai AND Sangat Lama.....	49
Tabel 4.18 Penjabaran Rule-7 IF Selasa AND Malam THEN Sedang AND Sangat Lama	49
Tabel 4. 19 Penjabaran Rule-8 IF Rabu AND Pagi THEN Sepi AND Lama	50
Tabel 4.20 Penjabaran Rule-9 IF Rabu AND Siang THEN Ramai AND Sangat Lama.	50
Tabel 4.21 Penjabaran Rule-10 IF Rabu AND Sore THEN Sangat Ramai AND Sangat Lama.....	51
Tabel 4.22 Penjabaran Rule-11 IF Rabu AND Malam THEN Sepi AND Lama	51
Tabel 4.23 Hasil uji sensor ultrasonik	57
Tabel 4.24 Hasil uji validasi sistem	59
Tabel 4.25 Hasil pengujian	59

ABSTRAK

Kendaraan bermotor merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kebanyakan masyarakat. Maka lahan parkir merupakan hal yang biasa ditemukan di kehidupan sehari-hari. Kepadatan lahan parkir dapat menjadi acuan untuk mengetahui banyaknya orang yang mengunjungi tempat tersebut. Hal ini dapat dimanfaatkan oleh pemilik lahan parkir untuk melakukan manajemen terhadap tempat yang dimilikinya tersebut. Saat ini kebanyakan pengelola suatu tempat hanya memperkirakan seadanya saja secara manual dalam mengetahui tingkat kepadatan suatu lahan parkir. Padahal dengan mengetahui tingkat kepadatan lahan parkir di waktu-waktu tertentu, pengelola tempat dapat lebih efisien dalam mengelola tempatnya. Misalnya, pemilik tempat dapat 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 waktu tertentu, maka akan membantu pengelola dalam proses manajemen lahan parkir.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka penelitian ini akan merancang suatu sistem pendukung keputusan (SPK) untuk menentukan tingkat kepadatan lahan parkir. Sistem menerapkan konsep IoT dan logika *fuzzy* metode Tsukamoto. Lahan parkir yang digunakan untuk pengujian berupa miniatur lahan parkir khusus mobil berukuran 60 cm x 70 cm. Konsep IoT digunakan untuk otomatisasi pengambilan data lahan parkir. Data yang diambil berupa total kendaraan yang ada di lahan parkir, dan waktu saat ada kendaraan yang masuk atau keluar. Data tersebut digunakan untuk membuat pola aturan *fuzzy* menggunakan sistem inferensi metode *fuzzy* Tsukamoto. Logika *fuzzy* Tsukamoto tersebut akan menentukan hasil kepadatan lahan parkir pada periode waktu yang diinginkan. 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.

Kata Kunci: Sistem Pendukung Keputusan, IoT, Logika *Fuzzy* Tsukamoto, Parkir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kendaraan bermotor merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kebanyakan masyarakat. Ruang gerak bagi seseorang yang memiliki kendaraan yaitu kebutuhan tempat atau lahan parkir. Pemerintah pun menentukan kebijakan yang mengharuskan pusat-pusat kegiatan bisnis, rumah sakit, perkantoran baik swasta maupun pemerintahan menyediakan suatu ruang parkir [1]. Suatu tingkat kepadatan lahan parkir dari suatu tempat 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* [2].

Komputer didesain sedemikian rupa supaya dapat membuat pekerjaan manusia menjadi lebih efektif dan efisien. 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 [3]. Logika *fuzzy* dengan metode Tsukamoto bersifat intuitif, dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif. Pada metode tersebut proses inferensinya menggunakan aturan yang berbentuk IF-THEN (jika x maka y) [4].

Berdasarkan penguraian di atas, maka penelitian ini akan merancang suatu sistem pendukung keputusan (SPK) untuk menentukan tingkat kepadatan lahan parkir berbentuk *website* untuk memberikan informasi tingkat kepadatan lahan parkir pada periode tertentu untuk membantu manajemen lahan parkir. Sistem menerapkan konsep IoT dan logika *fuzzy* metode Tsukamoto. Lahan parkir yang digunakan untuk pengujian berupa miniatur lahan parkir khusus mobil berukuran 60 cm x 70 cm. Konsep IoT digunakan untuk otomatisasi pengambilan data lahan parkir. Perangkat IoT akan terintegrasi dengan lahan parkir untuk mengambil data dan mengirimkannya ke *server* sistem. Data yang diambil sebagai variabel yang digunakan yaitu waktu masuk kendaraan, waktu keluar kendaraan, durasi lamanya tingkat kepadatan lahan parkir pada suatu periode, dan tingkat kepadatan lahan parkir. Data tersebut digunakan untuk membuat pola aturan *fuzzy* menggunakan sistem inferensi metode *fuzzy* Tsukamoto. Logika *fuzzy* Tsukamoto tersebut akan menentukan hasil kepadatan lahan parkir pada periode waktu yang diinginkan. Hasil dari alur pola tingkat kepadatan lahan tersebut kemudian divalidasi dengan membandingkannya dengan keputusan secara manual oleh pikiran manusia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan masalah dari latar belakang di atas, rumusan masalah yang mendasari penelitian ini adalah “bagaimana membuat sistem pendukung keputusan yang mengimplementasikan IoT dan logika *fuzzy* Tsukamoto untuk menentukan tingkat kepadatan lahan parkir pada periode waktu tertentu sebagai pertimbangan untuk manajemen lahan parkir?”

1.3. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup dari permasalahan yang ada, serta agar mencapai tujuan dan sasaran berdasarkan pada rumusan masalah di atas, maka diberikan beberapa batasan masalah yaitu:

1. Sistem hanya dirancang untuk kebutuhan manajemen lahan parkir jangka panjang atau periodik.
2. Sistem inferensi *fuzzy* dengan metode Tsukamoto akan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP.
3. Sistem inferensi *fuzzy* dengan metode Tsukamoto yang akan dikembangkan untuk pengenalan pola tingkat kepadatan lahan parkir berdasarkan periode waktu tertentu.
4. Sistem yang dirancang tidak akan membahas secara rinci tentang tanggapan keputusan apa yang harus dilakukan oleh pengelola lahan parkir.
5. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik HC-SR04.
6. Sensor ultrasonik yang digunakan sebanyak 2 buah yang masing-masing diletakkan pada gerbang masuk dan gerbang keluar.
7. Identifikasi kendaraan diabaikan.
8. Perangkat-perangkat akan dihubungkan melalui jaringan lokal.
9. Pengujian akan dilakukan menggunakan *server* komputer lokal yaitu pada *localhost*.
10. Pengujian dilakukan dalam bentuk miniatur lahan parkir khusus mobil.
11. Miniatur lahan parkir dibuat khusus untuk mobil.
12. Miniatur lahan parkir terbuat dari karton *duplex* dengan ukuran 60 cm x 70 cm.
13. Miniatur mobil menggunakan mobil mainan berukuran 3 cm x 5 cm.
14. Jumlah mobil miniatur yang digunakan adalah sebanyak 30 buah.
15. Jalur masuk dan keluar menggunakan satu gerbang yang sama berukuran 7 cm.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengimplementasikan IoT untuk membuat sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir pada periode waktu tertentu untuk manajemen lahan parkir
2. Mengimplementasikan logika *fuzzy* Tsukamoto untuk sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir pada periode waktu tertentu untuk manajemen lahan parkir.
3. Membuat sistem berbasis *web* yang menyajikan informasi sebagai pendukung keputusan untuk mengetahui tingkat kepadatan suatu lahan parkir pada periode waktu tertentu dalam manajemen lahan parkir.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat mengelola lahan parkir secara efektif dan efisien sesuai kebutuhan. bermanfaat sebagai:

1. Bagi penulis mendapatkan manfaat dari pengetahuan yang diperoleh selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan khususnya mengenai penerapan IoT dan logika *fuzzy*.
2. Memberikan pemahaman penggunaan logika *fuzzy* metode Tsukamoto sebagai pendukung keputusan.
3. Diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk manajemen lahan parkir secara efektif dan efisien.

1.6. Sistematika Penulisan Penelitian

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan
Bab ini mengemukakan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi serta sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun laporan tugas akhir.
2. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori
Bab ini berisi dasar teori yang digunakan dalam melakukan analisis, perancangan dan implementasi tugas akhir yang dilakukan pada bab-bab selanjutnya.
3. Bab III Metode Perancangan
Bab ini berisi tentang pelaksanaan, alat, bahan, jalannya perencanaan dan hasil yang diharapkan.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan
Bab ini memuat tentang analisa dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan.
5. Bab V Kesimpulan dan Saran
Bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran berdasarkan hasil pembahasan yang diperoleh.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Penelitian Terkait

Pada subbab ini akan dibahas tentang tinjauan yang telah dilakukan terhadap penelitian yang sudah ada dan berkaitan dengan topik dari penelitian yang diusulkan. Pada penelitian sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir dengan menerapkan IoT dan sistem inferensi *fuzzy* ini, dilakukan peninjauan terhadap beberapa penelitian tentang IoT pada sistem parkir dan penerapan sistem inferensi *fuzzy* metode Tsukamoto pada sistem pendukung keputusan.

2.1.1. Implementasi IoT untuk Sistem Parkir

Penelitian tentang penerapan IoT pada sistem parkir telah dilakukan sebelumnya oleh Rudi, I. Dinata dan R. Kurniawan pada tahun 2017 dengan judul “Rancang Bangun *Prototype* Sistem *Smart Parking* Berbasis Arduino Dan Pemantauan Melalui *Smartphone*”. Sama dengan penelitian yang akan dilakukan, penelitian tersebut menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai alat untuk mengambil data pada lahan parkir. Pada penelitian sebelumnya tersebut, sensor ultrasonik diletakkan di setiap selot parkir mobil, dan diatur jika ada mobil yang jaraknya kurang dari atau sama dengan 5 cm maka selot sedang terisi. Berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan, penelitian tersebut menggunakan Arduino UNO sebagai *microcontroller*-nya. Sedangkan penelitian yang akan dilakukan akan menggunakan Arduino UNO sebagai *microcontroller*-nya. Data dari sensor ultrasonik kemudian digunakan untuk membuat aplikasi untuk mengetahui apakah suatu selot parkir sudah terisi kendaraan atau tidak yang diberi nama *Blynk*. Aplikasi *Blynk* tersebut menampilkan informasi lahan parkir. Namun aplikasi yang dirancang pada penelitian tersebut juga hanyalah sebatas monitoring apakah suatu selot parkir sudah terisi atau belum dalam bentuk aplikasi *mobile* yang hanya digunakan pada *smartphone*. Jika semakin banyak selot parkir maka semakin banyaknya juga informasi pada aplikasi tersebut [5].

Penelitian lainnya tentang penerapan IoT untuk sistem parkir juga telah dilakukan sebelumnya oleh M. L. Hakim pada tahun 2017 dengan judul penelitian “Model *Smart Parking* Berbasis *Internet Of Things*”. Sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Rudi, I. Dinata dan R. Kurniawan di atas, perangkat yang digunakan untuk mengambil data

pada lahan parkir juga berupa sensor ultrasonik HC-SR04. Digunakan juga sensor cahaya untuk mendeteksi adanya kendaraan atau tidak pada suatu selot parkir. Sensor ultrasonik diletakkan pada posisi keluar dan masuknya kendaraan, sedangkan sensor cahaya diletakkan pada setiap selot parkir. Pada penelitian tersebut, informasi ditampilkan pada *web* yang menampilkan ilustrasi dari lahan parkir sesuai dengan kondisi lahan parkir tersebut. Pada *web* tersebut baru hanya menampilkan 2 informasi selot parkir saja. Sehingga jika terdapat banyaknya selot parkir maka akan semakin besar juga gambar ilustrasi lahan parkir pada *web* tersebut [6].

Sayangnya, kedua penelitian tersebut memerlukan sensor yang banyak sesuai dengan banyaknya selot parkir yang tersedia. Jika terdapat 100 buah selot parkir maka harus ada 100 buah sensor juga yang digunakan. Berdasarkan tinjauan terhadap kedua penelitian tersebut, penelitian yang akan dilakukan juga akan menggunakan sensor ultrasonik untuk mengambil data, namun sensor hanya akan diletakkan pada lokasi keluar dan masuknya kendaraan agar tidak terlalu banyak membutuhkan sensor. Penelitian yang akan dilakukan hanya akan menggunakan 2 buah sensor ultrasonik yang diletakkan pada posisi keluar dan masuknya kendaraan. Selain itu, akan dirancang juga aplikasi untuk *user* berupa *web* dalam bentuk sistem pendukung keputusan. *Web* tersebut akan menampilkan informasi tentang lahan parkir kepada *user*, di mana informasi yang ditampilkan berupa tingkat kepadatan lahan parkir.

2.1.2. Penerapan Sistem Inferensi *Fuzzy* untuk Sistem Pendukung Keputusan

Penelitian tentang penerapan sistem inferensi *fuzzy* metode Tsukamoto untuk sistem pendukung keputusan telah dilakukan sebelumnya oleh I. C. Dewi dkk. pada tahun 2014 dengan judul penelitian “Penerapan Logika *Fuzzy* Metode Tsukamoto Untuk Menentukan Kualitas Hotel”. Penelitian tersebut membahas tentang penggunaan Metode *Fuzzy* Tsukamoto untuk membuat SPK untuk mendukung keputusan penentuan kualitas hotel. Variabel yang digunakan untuk menentukan kualitas hotel pada penelitian tersebut yaitu: jumlah jenis kelas kamar hotel, jumlah fasilitas hotel, dan harga sewa hotel. Digunakan bahasa pemrograman PHP untuk mengimplementasikan sistem. Hasil kualitas hotel diperoleh dari perhitungan bobot tiap masing-masing variabel dan kemudian dilakukan perhitungan satu per satu pada *rule* yang telah ditetapkan. Pada penelitian tersebut hasil keluaran keputusan dihitung tingkat akurasi, yaitu dengan membandingkan dengan persepsi manusia secara manual. Dari tinjauan terhadap

penelitian sebelumnya tersebut, penelitian yang akan dilakukan ini juga akan menggunakan sistem inferensi *fuzzy* metode Tsukamoto untuk menentukan tingkat kepadatan dari lahan parkir. Dengan memperhitungkan variabel dan *rule base* yang berbeda, namun dengan metode implementasi yang sama. SPK yang akan dirancang untuk mendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir dengan variabel waktu masuk, waktu keluar, durasi kendaraan berada di lahan parkir, dan tingkat kepadatan. Pengujian hasil keputusan yang akan dilakukan pada penelitian ini juga akan dilakukan dengan membandingkan hasil dengan persepsi manusia secara manual [7].

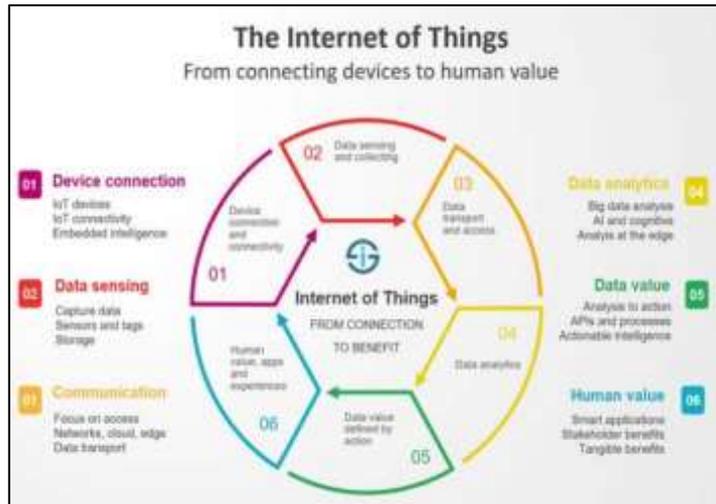
2.2. Dasar Teori

Berikut adalah beberapa landasan teori yang digunakan untuk membantu dan mendukung pembuatan penelitian ini.

2.2.1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan kumpulan benda-benda (*things*), berupa perangkat fisik (*hardware/embedded sistem*) yang mampu bertukar informasi antar sumber informasi, operator layanan ataupun perangkat lainnya yang terhubung ke dalam sistem sehingga dapat memberikan kemanfaatan yang lebih besar. Perangkat fisik (*hardware/embedded sistem*) dalam infrastruktur *Internet of Things* merupakan *hardware* yang tertanam (*embedded*) dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, dan juga konektivitas. Perangkat *embedded sistem* melakukan komputasi untuk pengolahan data dari *input* sensor dan beroperasi dalam infrastruktur internet. Sejauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Produk yang dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M sering disebut dengan sistem cerdas atau “*smart*” [2].

Internet of Things dikenalkan pertama kali oleh visioner Inggris yaitu Kevin Ashton, pada tahun 1999. IoT merupakan teknologi yang diharapkan mampu menawarkan perangkat sistem canggih dengan kemampuan konektivitas, sehingga mampu melakukan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) dan mencakup berbagai protokol, domain, dan aplikasi. Interkoneksi pada perangkat ini tertanam (*embedded*) diharapkan untuk mengantarkan otomatisasi dalam hampir semua bidang [2].

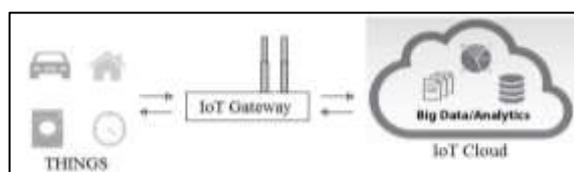


Gambar 2.1 *Internet of Things*

Untuk membangun sistem *Internet of Things* membutuhkan komponen yaitu *device connection* dan *data sensing*. Selain komponen untuk membangun sistem IoT kemampuan berkomunikasi antara sistem juga dibutuhkan dalam IoT. Untuk menyimpan serta melakukan *data analytics* dari data hasil akuisisi *data sensing* digunakan server *database*. Komponen terakhir adalah pemanfaatan dari komunikasi yang dijalankan terus menerus antara *device connection* dengan *data sensing* yang mampu menyimpan serta melakukan *data analytics* dan digunakan untuk membantu manusia dalam hal tertentu [2].

2.2.2. Arsitektur *Internet of Things*

Meski telah mulai diaplikasikan pada banyak bidang kehidupan sehari-hari, namun belum ada satu definisi yang baku dari IoT. Secara sederhana konsep IoT dapat digambarkan dengan bentuk arsitektur seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 [8].



Gambar 2.2 Arsitektur *Internet of Things*

Pada tingkat pertama adalah perangkat keras yang dapat mengenali dirinya dan mengindra lingkungannya, membaca lokasi, kondisi cuaca, gerakan mesin, kondisi kesehatan dan sebagainya. Perangkat yang digunakan pada lapisan ini adalah RFID, sensor, kontrol dan *actuator* [8].

Pada lapisan atau tingkat kedua adalah *gateway*, yang merupakan jembatan penghubung antara jaringan internal sensor yang mengumpulkan data, dengan jaringan

luar internet melalui berbagai media komunikasi nirkabel seperti WiFi, *bluetooth*, *selular satellite*, *Zigbee* dan lain-lain. *Gateway* juga merupakan tempat pengolah data tahap pertama, pengalamatan dan pengaturan *routing*. Data yang ditransmisikan melalui *gateway* kemudian disimpan dan diolah di *cloud server* dengan menggunakan mesin analitik *Big Data*. Data yang sudah diolah ini kemudian digunakan untuk melakukan hal-hal cerdas sesuai tujuan IoT [8].

Pada sisi pengguna, layanan IoT dimanfaatkan melalui aplikasi bergerak pada perangkat cerdas mereka. Aplikasi bergerak yang intuitif ini yang membantu pengguna untuk mengatur dan memonitor perangkatnya dari jarak jauh [8].

Tulang punggung dari seluruh ekosistem IoT adalah IPv6, yang merupakan alamat pengenal dari setiap perangkat yang terhubung dengan internet. Dengan IPv6 yang dapat menyediakan 2¹²⁸ alamat, setiap perangkat yang terhubung dengan internet bukan hanya dapat dikenali secara geografis seperti pada IPv4, namun juga secara individu [8].

2.2.3. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer*. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya adalah pemroses (*processor*), memori, *input* dan *output* [9].

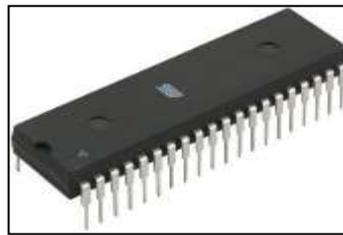
Kadangkala pada mikrokontroler ini beberapa *chip* digabungkan dalam satu papan rangkaian. Perangkat ini sangat ideal untuk mengerjakan sesuatu yang bersifat khusus, sehingga aplikasi yang diisikan ke dalam komputer ini adalah aplikasi yang bersifat *dedicated*. Jika dilihat dari harga, mikrokontroler ini harga umumnya lebih murah dibandingkan dengan komputer lainnya, karena perangkatnya relatif sederhana [9].

Mikrokontroler telah banyak digunakan di industri, walaupun penggunaannya masih kurang dibandingkan dengan penggunaan *Programmable Logic Control* (PLC), tetapi mikrokontroler memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan PLC. Ukuran mikrokontroler lebih kecil dibandingkan dengan suatu modul PLC sehingga peletakkannya dapat lebih *flexible*. Mikrokontroler telah banyak digunakan pada berbagai macam peralatan rumah tangga seperti mesin cuci. Sebagai pengendali sederhana, mikrokontroler telah banyak digunakan dalam dunia medik, pengaturan lalu-lintas dan

masih banyak lagi. Contoh alat ini di antaranya adalah *computer* yang digunakan pada mobil untuk mengatur kestabilan mesin, alat untuk pengatur lampu lalu lintas [9].

Secara teknis hanya ada 2 mikrokontroller yaitu RISC dan CISC, dan masing-masing mempunyai keturunan/keluarga sendiri-sendiri. RISC kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer*: instruksi terbatas tapi memiliki fasilitas yang lebih banyak CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer*: instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya [9].

Mikrokontroller mempunyai ruang alamat tersendiri yang disebut memori. Memori dalam mikrokontroller terdiri atas memori program dan memori data dimana keduanya terpisah, yang memungkinkan pengaksesan data memori dan pengalamatan 8 bit, sehingga dapat langsung disimpan dan dimanipulasi oleh mikrokontroller dengan kapasitas akses 8 bit. Program memori tersebut bersifat hanya dapat dibaca (ROM/EPROM). Sedangkan untuk data memori kita dapat menggunakan memori eksternal [9].



Gambar 2.3 Mikrokontroller

2.2.4. Modul HC-SR04

Adalah sebuah modul sensor multifungsi yang berfungsi untuk mengukur jarak dengan memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut *transmitter* dan rangkaian penerima ultrasonik disebut *receiver*.



Gambar 2.4 Modul HC-SR04

2.2.5. Arduino UNO

Arduino UNO merupakan platform elektronik *open source* yang berbasis pada Arduino dan *chip* ESP8266. Arduino pada dasarnya mengkombinasikan mikrokontroler keluarga Atmel dengan *hardware* standar ke dalam papan pengembangan dengan *bootloader* di dalamnya untuk pemrograman *embedded* secara *plug and play* [10].

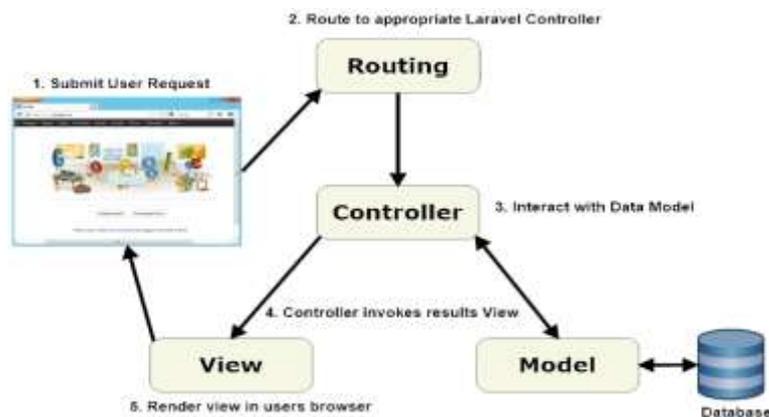
Dengan kemudahan di dalamnya, Arduino telah menarik hati banyak nonperekayasa (*non-engineer*). Hal ini terlihat dari data dari Google Trends [9] tentang penelusuran dengan kata kunci arduino, x86, atmega, Raspberry Pi yang termasuk dalam kategori *embedded sistem*. Arduino menjadi platform populer dalam *embedded sistem*, yang disusul oleh Raspberry Pi. Platform x86 semakin menurun, demikian juga dengan atmega yang sebenarnya menjadi mikrokontroler di dalam papan Arduino [10].

2.2.6. Laravel

Laravel adalah *framework* PHP yang menggunakan metode MVC (Model-View-Controller) agar mempermudah dalam pembangunan sistem karena hanya fokus mengatur serta membuat model, view, dan controller aplikasi saja dimana dikembangkan pertama kali oleh Taylor Otwell. Kelebihan *framework* Laravel dibandingkan dengan yang lain adalah [11]:

1. Koding yang sederhana
2. Fitur *Scheme Builder* untuk berbagi *database*
3. Fitur *Migration* dan *Seeding* untuk berbagi *database*
4. Fitur *Query Builder* yang mudah
5. Fitur pembuatan *Package* dan *bundle*
6. Elequent ORM yang luar biasa

Arsitektur MVC dari laravel dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Konsep Model View Controller

2.2.7. Bootstrap

Bootstrap merupakan sebuah *framework* CSS yang memudahkan pengembang untuk membangun *website* yang menarik dan responsif. Tidak konsistensinya terhadap aplikasi individual membuat sulitnya untuk mengembangkan dan pemeliharannya. Bootstrap adalah CSS tetapi dibentuk dengan LESS, sebuah pre-processor yang memberi fleksibilitas dari CSS biasa. Bootstrap memberikan solusi rapi dan seragam terhadap solusi yang umum, tugas *interface* yang setiap pengembang hadapi. Bootstrap dapat dikembangkan dengan tambahan lainnya karena ini cukup fleksibel terhadap pekerjaan design butuhkan.

Keunggulan dalam menggunakan Bootstrap adalah semua bagian untuk antarmuka pengguna menggunakan *style* CSS, Bootstrap dapat menggunakan LESS pre-processor sebuah teknologi yang mengurangi dan mengefisienkan penulisan kode CSS. Bootstrap dapat diintegrasikan dengan JavaScript untuk menjadikan lebih menarik dengan efek-efek yang dapat diberikan dengan JavaScript [12].

2.2.8. Sistem Pendukung Keputusan

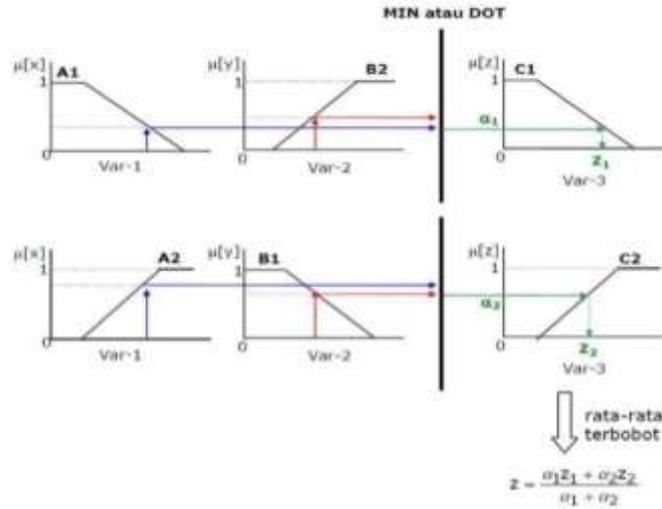
Sistem Pendukung Keputusan adalah sistem pendukung berbasis komputer bagi para pengambil keputusan manajemen yang menangani masalah [13]. Sistem Pendukung Keputusan (SPK) memadukan sumber daya intelektual dari individu dengan kapabilitas komputer yang meningkatkan kualitas keputusan [14].

2.2.9. Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto

Fuzzy Inference System (FIS) merupakan salah satu bagian dari model heuristik. Pada FIS dikenal beberapa metode yang telah populer, seperti: metode Tsukamoto, metode Mamdani, metode Sugeno. Setiap metode memiliki karakteristik yang berbeda.

Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan dengan tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot. Misalkan ada dua variabel input, yaitu x dan y ; serta satu variabel *output* z . Variabel x terbagi atas dua himpunan yaitu A_1 dan A_2 , sedangkan variabel y terbagi atas himpunan B_1 dan B_2 . Variabel z juga terbagi atas dua himpunan yaitu C_1 dan C_2 .

Beberapa aturan dapat dibentuk untuk mendapatkan nilai z akhir. Misalkan ada dua aturan yang digunakan yaitu: [R1] IF (x is A1) and (y is B2) THEN (z is C1), [R2] IF (x is A2) and (y is B1) THEN (z is C2). Proses inferensi dapat dilihat pada Gambar 2.6 [3].



Gambar 2.6 Proses inferensi dengan menggunakan metode Tsukamoto

2.2.10. Sistem Lahan Parkir

Sistem penyediaan parkir pada dasarnya ada dua yaitu melalui *off-street parking* dan *on-street parking*.

1. *On - Street Parking* menggunakan sebagian badan jalan pada salah satu sisi atau kedua sisi untuk parkir.
2. *Off Street Parking* yaitu Parkir di luar jalan merupakan parkir yang tidak memanfaatkan badan jalan. Jenis parkir ini antara lain adalah:
 - a. Pelataran parkir (*Openspace Parking*)
 - b. Bangunan parkir (*Park Building*)
 - c. Parkir di lantai dasar (*Basement Parking*)

Ukuran lebar pintu keluar-masuk dapat ditentukan yaitu lebar 3meter dan panjangnya harus dapat menampung tiga mobil berurutan dengan jarak antar mobil (*spacing*) sekitar 1,5 meter. Oleh karena itu panjang-lebar pintu keluar-masuk minimum 15 meter. Pergerakan kendaraan di area parkir dapat dibedakan menjadi jalur sirkulasi gang dan modul [15].

BAB III METODE PERANCANGAN

3.1. Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan sistem pendukung keputusan berbasis IoT dan FIS Metode Tsukamoto dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Rencana Pelaksanaan

Masing masing proses pada gambar dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada tahap studi literatur akan dilakukan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan IoT, Mikrokontroller, Sensor Ultrasonik, Sistem Pendukung Keputusan, Laravel, *Fuzzy Inference System* Metode Tsukamoto, serta mempersiapkan segala kebutuhan alat.
2. Pada tahap analisa kebutuhan sistem akan dilakukan analisa kebutuhan dari sistem lahan parkir yang akan dibangun, yaitu menjelaskan perangkat-perangkat apa saja

yang dibutuhkan dalam proses perancangan dan pembangunan sistem baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak.

3. Pada tahap perancangan arsitektur sistem akan dilakukan perancangan terhadap arsitektur dan alur kerja dari sistem lahan parkir yang akan dibangun.
4. Pada tahap perancangan perangkat keras akan dilakukan perancangan terhadap alat yang digunakan untuk menghubungkan semua perangkat keras yang dibutuhkan seperti Arduino UNO, Sensor HC-SR04.
5. Pada tahap perancangan *database* akan dilakukan perancangan model *database* yang sesuai dengan kebutuhan sistem.
6. Pada tahap perancangan perangkat lunak menjelaskan tentang perancangan aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan oleh sistem. Aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan tersebut adalah *Control Application* dan *Web Service*. Perancangan aplikasi-aplikasi tersebut akan dilakukan dengan menggunakan bahasa pemodelan UML.
7. Pada tahap implementasi akan dilakukan penyusunan perangkat, pembangunan aplikasi-aplikasi yang dibutuhkan oleh sistem serta pembangunan *database*. *Control Application* akan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman C++. *Web Service* akan diimplementasikan dengan menggunakan *framework* Laravel. Sementara itu, *database* diimplementasikan menggunakan MySQL.
8. Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, pengujian sistem informasi akan dilakukan dengan menggunakan teknik pengujian *black box* yang berfungsi untuk mengetahui kinerja dari fitur-fitur yang ada pada sistem.
9. Jika sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan seperti sensor HC-SR04 dapat mendeteksi kendaraan masuk dan keluar, serta *website* dapat memberikan data lengkap kendaraan, maka akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika belum berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisa, maka akan dilakukan perbaikan dari tahap perancangan perangkat.
10. Pada tahap dokumentasi dan laporan, akan dilakukan pencatatan dari hasil pengujian dan evaluasi sistem.

3.2. Analisa Kebutuhan Sistem

Pada tahap analisa kebutuhan sistem, akan dilakukan analisa terhadap kebutuhan akan alat dan bahan untuk mengimplementasikan IoT dan logika *fuzzy* Tsukamoto pada sistem pendukung keputusan tingkat lahan parkir yang akan dirancang. Analisa yang

dilakukan meliputi analisa kebutuhan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Terdapat *hardware* yang dibutuhkan untuk digunakan sebagai media pembangunan aplikasi dan bahan uji coba sistem, yaitu Laptop dengan spesifikasi:

1. Merk : ACER E14-75
2. Prosesor : Intel Core i5-6200Y @2,40GHz
3. RAM : 4GB
4. Memori : 1TB

Software yang dibutuhkan untuk pembangunan sistem antara lain:

1. Sistem operasi Windows 10, sistem operasi ini berfungsi untuk menjalankan *software* yang akan digunakan untuk membangun sistem.
2. *Browser*, sebagai aplikasi pendukung untuk uji coba sistem
3. Arduino IDE, sebagai aplikasi pendukung pembangunan sistem untuk controller perangkat IoT
4. *Sublime text 3*, digunakan sebagai *text editor* untuk membangun sistem informasi yang akan dirancang

Berikut ini adalah perangkat yang dibutuhkan sebagai bahan untuk konsep IoT:

1. Arduino UNO, digunakan sebagai alat untuk menghubungkan sensor dan modul dengan sistem pendukung keputusan yang akan dirancang serta dijadikan sebagai kontrol aplikasi yang akan dibuat.
2. Sensor HC-SR04, digunakan sebagai alat pengukur jarak untuk mengetahui adanya kendaraan.

Dibutuhkan juga *framework* dan *server* untuk pembangunan sistem yaitu:

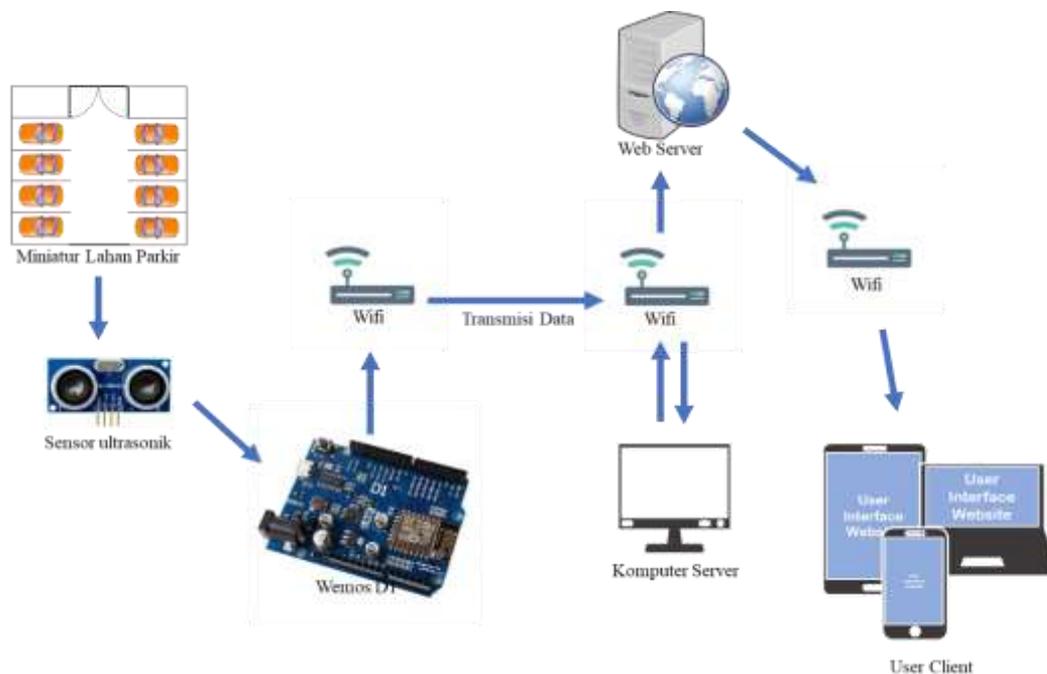
1. Laravel, sebagai *framework* PHP yang digunakan untuk membangun sistem pendukung keputusan agar pembangunan sistem dapat dilakukan dengan lebih mudah dengan adanya *framework*.
2. Bootstrap, sebagai *framework* CSS untuk membuat tampilan sistem agar lebih responsif.
3. XAMPP, merupakan *software web server* yang didalamnya terdapat *server* MySQL dan Apache yang akan digunakan sebagai *server* dalam pembuatan aplikasi dan digunakan untuk membuat serta mengelola *database* yang dibutuhkan.

Selain itu, terdapat bahan yang dibutuhkan untuk membuat miniatur lahan parkir yaitu:

1. Karton *duplex* berukuran 50cm x 21cm untuk membuat miniatur lahan parkir.
2. *Styrofoam* berukuran 42cm x 8cm untuk membuat miniatur mobil.

3.3. Perencanaan Arsitektur Sistem

Pada tahap perancangan arsitektur sistem ini akan dibuat alur rangkaian perangkat keras yang akan digunakan untuk menentukan keputusan tingkat kepadatan lahan parkir pada penelitian ini. Untuk rancangan arsitektur dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rancangan Arsitektur Sistem

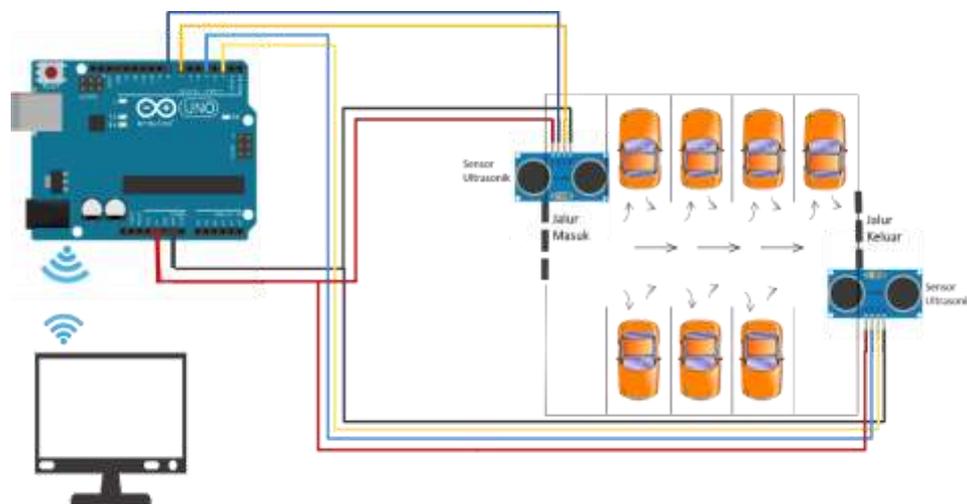
Pada Gambar 3.2 merupakan gambaran arsitektur sistem untuk menentukan keputusan tingkat kepadatan lahan parkir, dimana pengukuran ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang merupakan sensor pengukur jarak untuk menentukan adanya kendaraan yang keluar atau masuk. Adapun penjelasan dari arsitektur sistem adalah sebagai berikut:

1. Sensor ultrasonik diletakkan pada jalur pintu untuk keluar dan masuk kendaraan. Sensor mengukur jarak benda yang ada di depannya secara terus-menerus.
2. Ketika ada kendaraan melewati jalur pintu parkir tersebut maka jarak yang diukur oleh sensor ultrasonik memendek yang artinya terdapat kendaraan yang melewatinya. Jika sensor pada jalur pintu masuk parkir yang mendeteksi adanya

- kendaraan yang lewat, maka data yang dikirim adalah terdapat kendaraan masuk. Sebaliknya jika sensor pada jalur pintu keluar parkir yang mendeteksi adanya kendaraan yang lewat, maka data yang dikirim adalah terdapat kendaraan keluar.
3. Jika sensor tidak dapat mendeteksi adanya kendaraan yang masuk atau keluar maka komponen IoT akan dirangkai ulang sampai sensor bisa berfungsi dengan baik.
 4. Data dari kendaraan yang masuk atau keluar tersebut akan dikirim ke dalam *database* yang sebelumnya telah di-*install* dan dikonfigurasi pada *server*. Data tersebut dikirim menggunakan Wemos dengan memanfaatkan koneksi Wi-Fi.
 5. Data pada *server* akan digunakan untuk pembelajaran *rule base* yang kemudian diproses menggunakan logika *fuzzy* untuk mendapatkan hasil tingkat kepadatan lahan parkir.
 6. Data akan disimpan dalam *database* yang dimana akan menjadi bahan untuk diproses dengan sistem pendukung keputusan.

3.4. Perancangan Perangkat Keras Sistem

Perancangan perangkat keras sistem dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dimana *controller* yang digunakan disini adalah Arduino UNO, dikarenakan untuk menghemat penggunaan kabel maka digunakan *controller* Wemos yang memiliki dukungan konektivitas Wi-Fi dibandingkan dengan arduino yang tidak memiliki konektivitas tersebut. Untuk pemrosesan data yang didapat oleh sensor digunakan komputer *server* dengan sistem operasi Windows 10. Untuk memproses data sensor lebih lanjut maka digunakan sistem pendukung keputusan yang berbasis *fuzzy* untuk mendapatkan kesesuaian tingkat kepadatan lahan parkir tersebut.



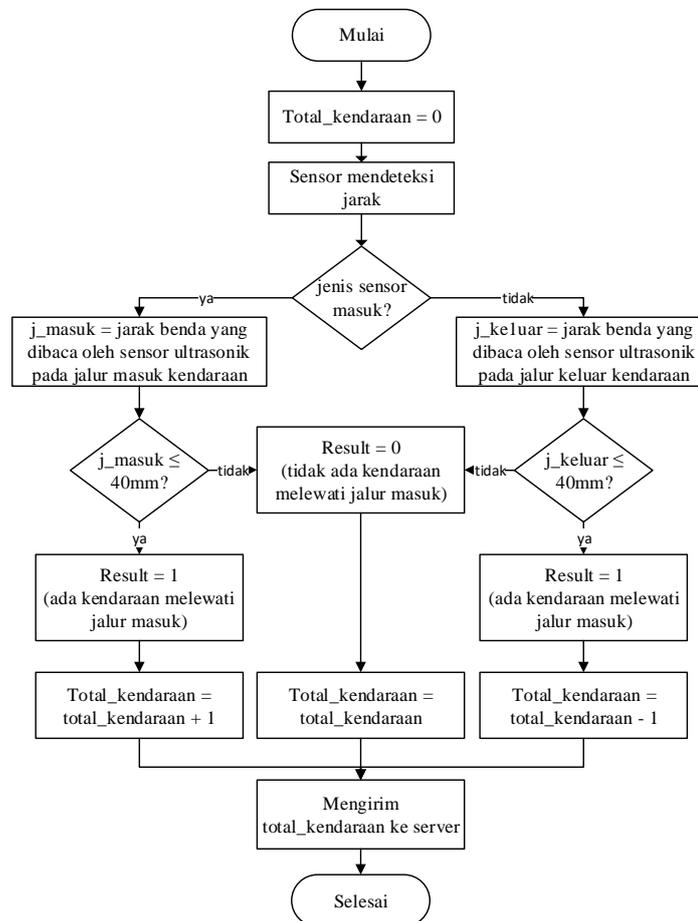
Gambar 3.3 Perancangan Perangkat Keras Sistem

3.5. Perancangan Perangkat Lunak

Pada sistem yang akan dibangun terdapat 2 buah aplikasi yang akan digunakan, yaitu aplikasi untuk mengontrol perangkat keras dan aplikasi untuk sistem pendukung keputusan itu sendiri.

3.5.1. Perancangan Aplikasi Pengontrol Perangkat Keras

Aplikasi Pengontrol Perangkat Keras (*Control Application*) merupakan aplikasi yang akan dipasangkan pada arduino dan digunakan untuk mengendalikan sensor dan modul untuk dapat menerima *input* dan memberikan *output*. *Control Application* tidak memiliki antar muka untuk menghubungkan langsung dengan *user*. Rancangan dari *Control Application* dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini:



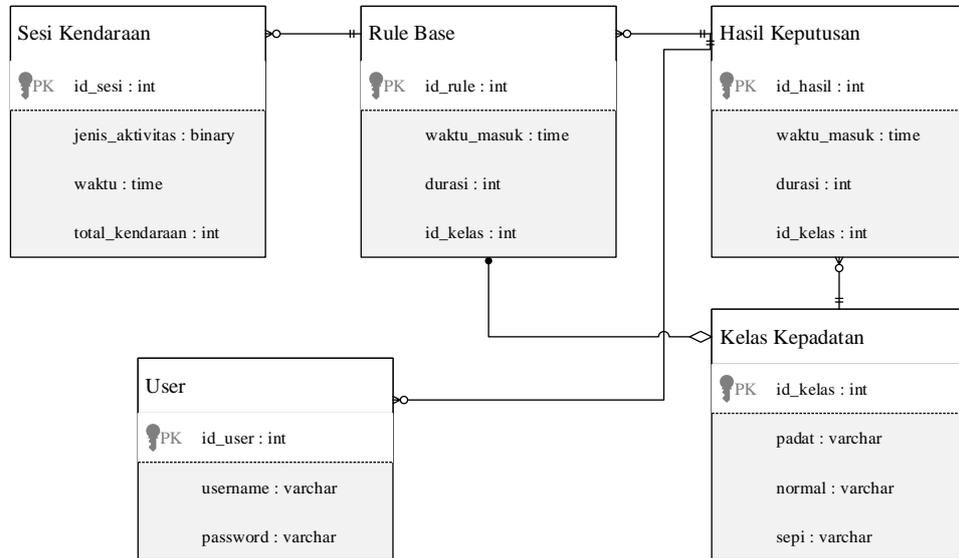
Gambar 3.4 Rancangan *Control Aplikasi*

3.5.2. Perancangan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan

Pada tahap perancangan ini terdapat beberapa subsistem yang dirancang untuk menyelesaikan kebutuhan sistem. Terdiri dari perancangan subsistem basis data, subsistem manajemen data, subsistem manajemen model dan subsistem antar muka.

3.5.2.1. Subsistem Basis Data

Pada perancangan sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir menggunakan IoT dan FIS metode Tsukamoto ini memiliki 5 entitas seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rancangan *database* SPK tingkat kepadatan lahan parkir

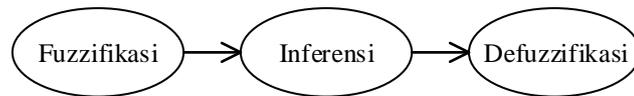
Penjelasan untuk rancangan *database* di atas sebagai berikut:

- Entitas user digunakan untuk menyimpan data *user* yang akan memakai sistem yang akan dibuat. Atribut yang digunakan adalah *id_user*, *username*, dan *password*.
- Entitas Sesi Kendaraan digunakan untuk menyimpan data kendaraan yang ada pada lahan parkir. Atribut *jenis_aktivitas* digunakan untuk menandakan apakah kendaraan tersebut keluar atau masuk. Atribut waktu untuk menyimpan waktu setiap aktivitas pada lahan parkir. Atribut *total_kendaraan* digunakan untuk menyimpan total kendaraan setiap adanya aktivitas. Jika aktivitasnya merupakan masuk, maka total kendaraan bertambah 1. Sebaliknya, jika aktivitasnya merupakan keluar, maka total kendaraan berkurang 1.
- Entitas Rule Base digunakan untuk menyimpan aturan yang digunakan untuk melakukan proses sistem *fuzzy*. Aturan tersebut menggunakan 3 buah variabel yaitu *waktu_masuk*, *durasi*, *id_kelas* yang diambil dari entitas Kelas Kepadatan.

- Entitas Kelas Kepadatan digunakan untuk menyimpan jenis-jenis tingkat kepadatan yaitu padat, sedang, dan sepi.
- Entitas Hasil Keputusan digunakan untuk menyimpan hasil dari setiap melakukan proses pengambilan keputusan sistem.

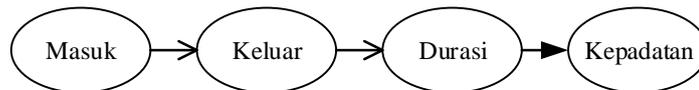
3.5.2.2. Subsistem Model Basis *Fuzzy* Metode Tsukamoto

Di dalam subsistem model basis ini, secara umum terdapat tiga langkah untuk menentukan tingkat kepadatan lahan parkir dengan inferensi *fuzzy*, yaitu: mendefinisikan variabel *fuzzy* (fuzzifikasi), inferensi, dan defuzzifikasi (menentukan output *crisp*).

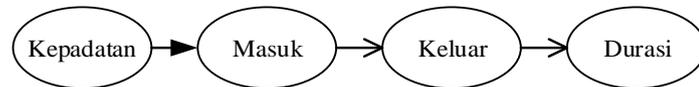


Gambar 3.6 Sistem Inferensi *Fuzzy*

Alur untuk inferensi dengan metode Tsukamoto yang digunakan dapat dengan cara *forward chaining* dan *backward chaining*, dimana variabel yang digunakan adalah variabel waktu masuk, variabel waktu keluar, variabel durasi, dan variabel kepadatan.

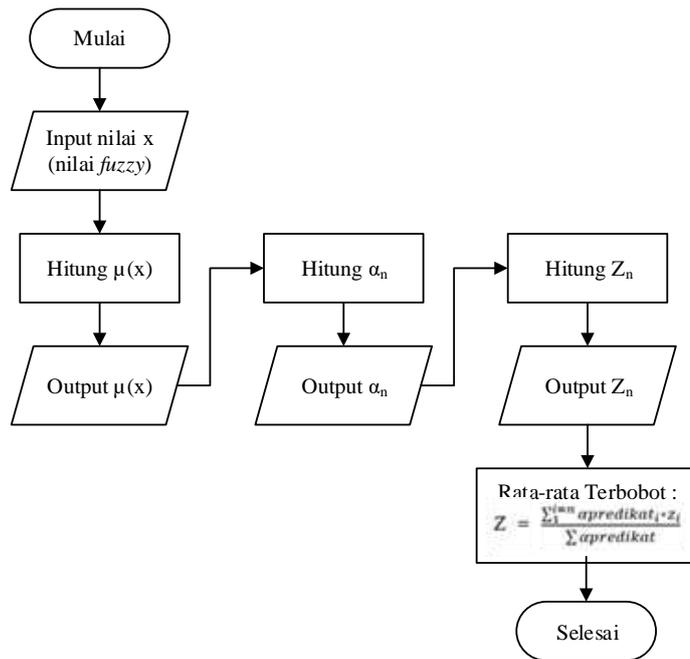


Gambar 3.7 Alur metode inferensi *forward chaining*



Gambar 3.8 Alur metode inferensi *backward chaining*

Pada teori himpunan *Fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. 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. Secara umum alur metode Tsukamoto adalah seperti pada Gambar 3.9 berikut:



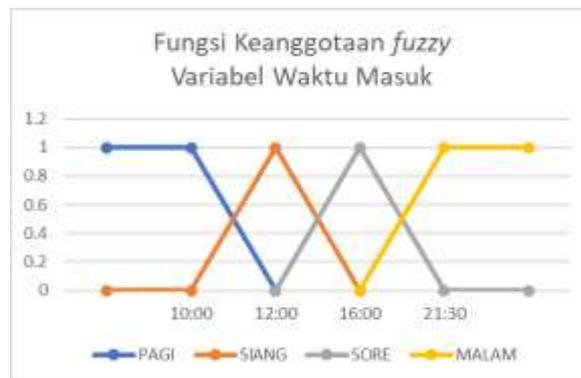
Gambar 3.9 Flowchart Metode Tsukamoto

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 setiap variabel:

1. Variabel Waktu Masuk

Variabel waktu masuk terdiri dari 4 himpunan *fuzzy*, yaitu PAGI, SIANG, SORE, dan MALAM. Fungsi untuk nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* tersebut direpresentasikan pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan himpunan *fuzzy* dari Variabel Waktu Masuk

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* PAGI dari himpunan *fuzzy* Waktu Masuk adalah:

$$\mu_{wmPAGI}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 10:00 \\ \frac{12:00-x}{12:00-10:00}, & 10:00 < x < 12:00 \\ 0, & x \geq 12:00 \end{cases} \quad (3.1)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SIANG dari himpunan *fuzzy* Waktu Masuk adalah:

$$\mu_{wmSIANG}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 10:00 \\ \frac{x-10:00}{12:00-10:00}, & 10:00 < x < 12:00 \\ 1, & x = 12:00 \\ \frac{16:00-x}{16:00-12:00}, & 12:00 < x < 16:00 \\ 0, & x \geq 16:00 \end{cases} \quad (3.2)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SORE dari himpunan *fuzzy* Waktu Masuk adalah:

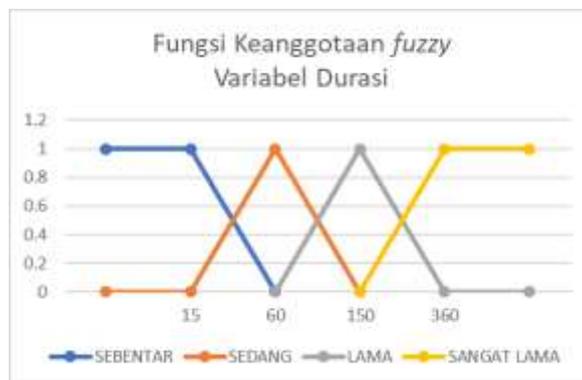
$$\mu_{wmSORE}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 12:00 \\ \frac{x-12:00}{16:00-12:00}, & 12:00 < x < 16:00 \\ 1, & x = 16:00 \\ \frac{21:30-x}{21:30-16:00}, & 16:00 < x < 21:30 \\ 0, & x \geq 21:30 \end{cases} \quad (3.3)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* MALAM dari himpunan *fuzzy* Waktu Masuk adalah:

$$\mu_{wmMALAM}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 16:00 \\ \frac{x-16:00}{21:30-16:00}, & 16:00 < x < 21:30 \\ 1, & x \geq 21:30 \end{cases} \quad (3.4)$$

2. Variabel Durasi

Variabel durasi terdiri dari 4 himpunan *fuzzy*, yaitu SEBENTAR, SEDANG, LAMA, dan SANGAT LAMA. Fungsi untuk nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* tersebut direpresentasikan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Fungsi Keanggotaan himpunan *fuzzy* dari Variabel Durasi

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEBENTAR dari himpunan *fuzzy* durasi adalah:

$$\mu_{durSEBENTAR}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 15 \\ \frac{60-x}{60-15}, & 15 < x < 60 \\ 0, & x \geq 60 \end{cases} \quad (3.5)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEDANG dari himpunan *fuzzy* durasi adalah:

$$\mu_{durSEDANG}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 15 \\ \frac{x-15}{60-15}, & 15 < x < 60 \\ 1, & x = 60 \\ \frac{60-x}{150-60}, & 60 < x < 150 \\ 0, & x \geq 150 \end{cases} \quad (3.6)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* LAMA dari himpunan *fuzzy* durasi adalah:

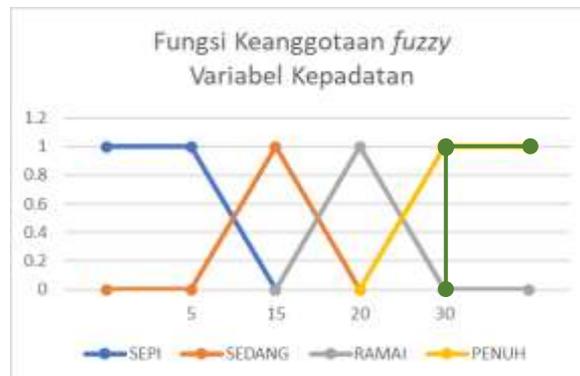
$$\mu_{durLAMA}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 60 \\ \frac{x-60}{150-60}, & 60 < x < 150 \\ 1, & x = 16:00 \\ \frac{360-x}{360-150}, & 150 < x < 360 \\ 0, & x \geq 360 \end{cases} \quad (3.7)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SANGAT LAMA dari himpunan *fuzzy* durasi adalah:

$$\mu_{durS.LAMA}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 150 \\ \frac{x-150}{360-150}, & 150 < x < 360 \\ 1, & x \geq 360 \end{cases} \quad (3.8)$$

3. 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 3.12



Gambar 3.12 Fungsi Keanggotaan himpunan *fuzzy* dari Variabel Kepadatan

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEPI dari himpunan *fuzzy* kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd_{SEPI}}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{15-x}{15-5}, & 5 < x < 15 \\ 0, & x \geq 15 \end{cases} \quad (3.9)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEDANG dari himpunan *fuzzy* kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd_{SEDANG}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{15-5}, & 5 < x < 15 \\ 1, & x = 15 \\ \frac{15-x}{20-15}, & 15 < x < 20 \\ 0, & x \geq 20 \end{cases} \quad (3.10)$$

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* RAMAI dari himpunan *fuzzy* kepadatan adalah:

$$\mu_{kpd_{RAMAI}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 15 \\ \frac{x-15}{20-15}, & 15 < x < 20 \\ 1, & x = 20 \\ \frac{30-x}{30-20}, & 20 < x < 30 \\ 0, & x \geq 30 \end{cases} \quad (3.11)$$

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

$$\mu_{kpd_{S.RAMAI}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{30-20}, & 20 < x < 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases} \quad (3.12)$$

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

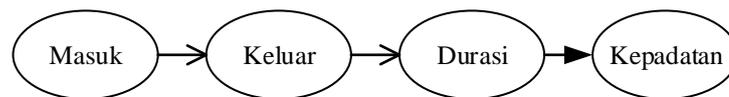
$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \text{apredikat}_i \cdot z_i}{\sum \text{apredikat}} \quad (3.13)$$

Contoh skenario kepadatan lahan parkir yang dapat menggunakan metode Tsukamoto:

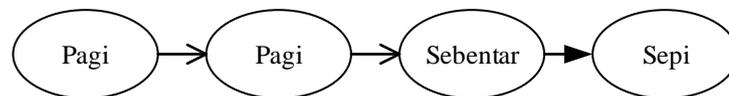
Suatu pusat perbelanjaan memiliki lahan parkir yang dapat memuat sampai 30 buah mobil. Lahan parkir tersebut dibuka mulai dari pukul 10.00 pagi sampai pukul 22.00. Sehingga durasi orang berada di pusat perbelanjaan tersebut bisa dari tempat dibuka sampai tempat ditutup. Pada pusat perbelanjaan tersebut terdapat fasilitas untuk makan dan bermain. Orang yang datang antara pukul 10-11 biasanya berada tidak lama di tempat tersebut karena aktivitasnya biasanya hanyalah berbelanja, dan lahan parkir biasanya tidak dalam keadaan ramai. Ada juga yang datang mulai dari antara pukul 10.00 sampai

12.00 yang biasanya kegiatannya adalah berbelanja sekaligus makan siang, maka biasanya durasi orang tersebut berada di tempat itu terkadang bisa lama dan bisa juga sebentar, atau disebut sedang. Kepadatan lahan parkir biasanya ramai pada jam-jam tersebut. Orang yang datang antara pukul 12.00 sampai 16.00 biasanya cukup lama berada di tempat tersebut dengan kegiatan makan siang dan berbelanja. Kepadatan lahan parkir biasanya sedang karena ada juga orang yang datang hanya untuk makan siang dan langsung meninggalkan tempat tersebut. Orang yang datang antar pukul 16.00 sampai 21.30 biasanya akan berlama-lama di tempat tersebut untuk berbelanja, makan malam, dan bermain. Maka biasanya lahan parkir akan sangat padat pada jam-jam tersebut. Orang yang datang lebih dari pukul 21.30 biasanya tidak akan berlama-lama karena tempat akan segera tutup, dan lahan parkir biasanya sedang, tidak terlalu ramai ataupun terlalu sepi.

Dari skenario di atas dapat digambarkan bahwa pola aturan *fuzzy* yang berlaku seperti pada Gambar 3.13, contoh salah satu aturan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.14



Gambar 3.13 Pola aturan *fuzzy* skenario



Gambar 3.14 Salah satu aturan *fuzzy* pada skenario

Sehingga dapat diketahui jika terdapat kendaraan yang masuk pada pukul 10:00 dan keluar pada pukul 11:00, durasi kendaraan tersebut berada di pusat berbelanja yaitu selama 1 jam atau 60 menit, dan kepadatan pada saat kendaraan berada disana yaitu lahan parkir sepi. Untuk jumlah kendaraan pada lahan parkir tersebut dapat diketahui menggunakan metode Tsukamoto.

3.5.2.3. Subsistem Antar Muka

Perancangan antar muka Sistem Pendukung Keputusan tingkat kepadatan lahan parkir ini merupakan bagian dari perancangan perancang lunak. Pada tahap ini akan dibuat prototipe dari antar muka dari sistem pendukung keputusan berbasis *website* yang dimana dapat dilihat sebagai berikut:

1. Halaman *Log In*

Pada Gambar 3.15 merupakan halaman untuk *user* melakukan *log in* agar dapat mengakses halaman SPK tingkat kepadatan lahan parkir yang dibuat.

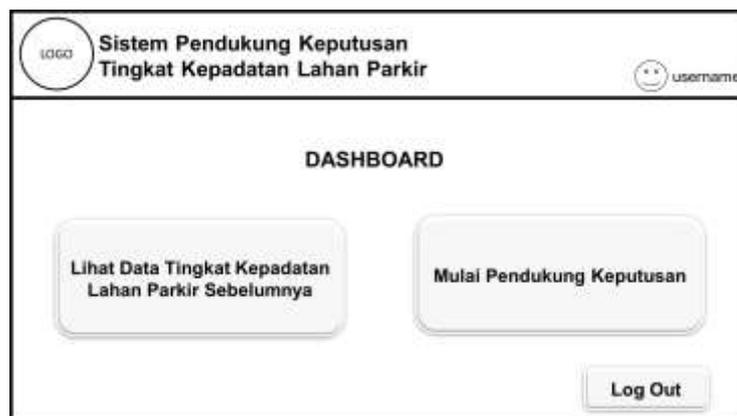


The screenshot shows a login form titled "Sistem Pendukung Keputusan Tingkat Kepadatan Lahan Parkir". It contains two input fields: "Username" and "Password", each followed by a colon and a text box. Below the password field is a "Log In" button.

Gambar 3.15 Halaman *Log In*

2. Halaman *Dashboard*

Pada Gambar 3.16 merupakan halaman *dashboard* sebagai halaman awal untuk *user* melakukan proses pendukung keputusan. Terdapat 3 menu yaitu menu untuk melihat data tingkat kepadatan lahan parkir sebelumnya, menu untuk memulai pendukung keputusan, dan menu untuk *log out*.



The screenshot shows a dashboard titled "Sistem Pendukung Keputusan Tingkat Kepadatan Lahan Parkir". The header includes a logo with "IDGO" and a user profile icon labeled "username". The main content area is titled "DASHBOARD" and contains three buttons: "Lihat Data Tingkat Kepadatan Lahan Parkir Sebelumnya", "Mulai Pendukung Keputusan", and "Log Out".

Gambar 3.16 Halaman *Dashboard*

3. Halaman Pendukung Keputusan

Pada Gambar 3.17 merupakan halaman untuk melakukan proses pendukung keputusan, dimana *user* diminta untuk memasukkan waktu masuk lahan parkir secara manual. Setelah itu *user* dapat melihat hasil keputusan pada halaman tersebut setelah menekan tombol lihat hasil keputusan.

Gambar 3.17 Halaman Pendukung Keputusan

Gambar 3.18 Halaman Data Tingkat Kepadatan

4. Halaman Data Tingkat Kepadatan

Pada Gambar 3.19 merupakan halaman data tingkat kepadatan yang diambil dari konsep IoT yang diterapkan. Waktu masuk diambil dari sensor-sensor di lahan parkir yang mendeteksi adanya kendaraan masuk atau keluar. Pada halaman ini user dapat mengetahui kepadatan lahan parkir yang paling terbaru.

Gambar 3.19 Halaman Data Tingkat Kepadatan

3.6. Implementasi Sistem

Setelah tahap perancangan akan dilakukan proses implementasi. Terdapat empat tahap dalam implementasi yaitu penyusunan perangkat, pembangunan *Control Application*, pembangunan *database*, dan pembangunan Sistem Pendukung Keputusan Tingkat Kepadatan Lahan Parkir.

1. Penyusunan Perangkat

Pada tahap penyusunan perangkat Arduino UNO, sensor ultrasonik, menggunakan kabel *jumper* dan kabel listrik. Proses penyusunan perangkat akan dilakukan sesuai dengan rancangan perangkat keras pada tahap perancangan perangkat keras.

2. Pembangunan *Control Application*

Pada tahap pembangunan *Control Application*, rancangan *Control Application* akan diimplementasikan ke dalam Arduino UNO dengan menggunakan bahasa pemrograman C++. Arduino IDE akan digunakan sebagai alat bantu dalam proses implementasi *Control Application* ke dalam Arduino UNO.

3. Pembangunan *Database*

Pada tahap pembangunan *Database*, rancangan *Database* akan diimplementasikan dalam Arduino UNO dengan menggunakan MySQL. XAMPP akan digunakan sebagai alat bantu dalam proses implementasi *Database* ke dalam komputer *server*.

4. Pembangunan Sistem Pendukung Keputusan Tingkat Kepadatan Lahan Parkir

Pada tahap pembangunan SPK ini, rancangan dari SPK tingkat kepadatan lahan parkir akan dibuat dalam bentuk *Web Service* yang akan diimplementasikan ke dalam Arduino UNO dengan menggunakan *framework* Laravel. Metode inferensi *fuzzy* Tsukamoto akan dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python. Sublime Text digunakan sebagai alat bantu dalam proses implementasi *Web Service* ke dalam Arduino UNO dan pembangunan sistem.

3.7. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Pada penelitian ini, teknik pengujian yang digunakan yaitu metode *black box* untuk pengujian sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir dikarenakan metode pengujian *black box* ini berfungsi untuk mengetahui kinerja yang ada pada sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir.

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang dilakukan pada minatur lahan parkir sebagai sampel pengujian. Adapun tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Perangkat Keras

Pada pengujian perangkat keras, akan diuji apakah masing-masing sensor dapat melakukan identifikasi berdasarkan data *input* yang dapat diterima seperti sensor ultrasonik. Apabila sensor ultrasonik belum dapat membaca data *input* maka akan dilakukan perangkaian ulang agar dapat menerima *input* berupa adanya kendaraan yang masuk atau keluar. Begitu juga dengan perangkat Arduino UNO akan dilakukan ujicoba apakah dapat mengirimkan data sensor ke dalam *database* yang ada pada komputer *server* sebagai bahan untuk pengambilan keputusan nantinya.

2. Pengujian Perangkat Lunak

Pada pengujian sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir akan diuji apakah dapat digunakan untuk menerima data dari modul dan sensor agar dapat mengetahui kondisi kepadatan lahan parkir. Kemudian akan diuji juga apakah sistem dapat menampilkan data berdasarkan data yang dikirimkan perangkat sensor dan modul melalui perangkat Arduino UNO.

3.8. Dokumentasi dan Laporan

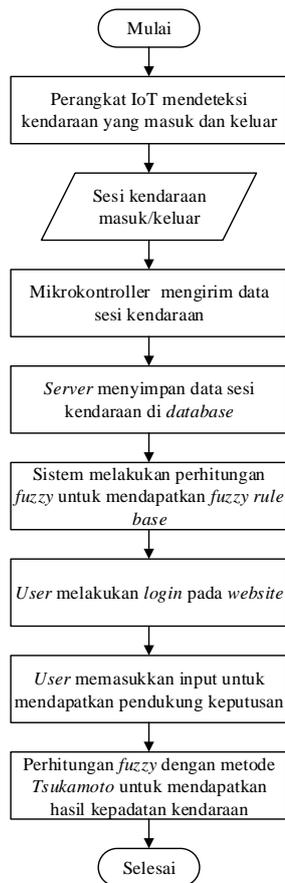
Pada tahap dokumentasi dan laporan, hasil dari pengujian sistem akan didokumentasikan dan diambil kesimpulan berdasarkan dokumentasi tersebut. Kesimpulan yang telah didapatkan akan dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB IV

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 seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Alur kerja sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir

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*.

Pada skenario untuk implementasi penelitian ini, digunakan sebuah miniatur lahan parkir mobil dengan kapasitas jumlah kendaraan maksimal 30 buah mobil. Lahan parkir tersebut mulai beraktivitas pada pukul 9.00 pagi dan berhenti beraktivitas pada pukul 21.00 malam.

4.1.1. Implementasi Perangkat Keras IoT

Alat yang dibuat untuk sistem ini secara keseluruhan memiliki dimensi ukuran 60 cm x 70 cm. Kapasitas jumlah kendaraan pada alat yang dibuat yaitu sebanyak 30 buah mobil. Sensor ultrasonik HC-SR04 sebanyak 2 buah masing-masing diletakkan pada jalur masuk dan keluar kendaraan. Realisasi perangkat keras dari sistem dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Tampilan keseluruhan alat

Perangkat IoT berupa Arduino UNO, *Ethernet Shield*, *BreadBoard*, *Power Supply* dan sensor ultrasonik diletakkan pada kotak yang lebih kecil dan tertutup seperti yang bisa dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.3 Tampilan perangkat IoT

Aplikasi kontrol dibangun pada mikrokontroler (Aduino 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 Wi-Fi 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 Wi-Fi yang akan dikoneksikan, sedangkan passwordjaringan adalah kata sandi untuk terhubung ke Wi-Fi tersebut.

```
wifi.addAP("Jaringan Wifi", "passwordjaringan");
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/IoT/input_sesi/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/IoT/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 Logika Metode 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 diatas 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.

4.1.2.1. 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.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, skenario untuk implementasi penelitian ini, digunakan sebuah miniatur lahan parkir mobil dengan kapasitas jumlah kendaraan maksimal 30 buah mobil. Lahan parkir tersebut mulai beraktivitas pada pukul 9.00 pagi dan berhenti beraktivitas pada pukul 21.00 malam. Pembagian waktunya yaitu pagi, siang, sore, dan malam. Untuk inialisasi, data pertama pada tabel akan berisi $n=0$, waktu sesi=9:00 AM, jenis sesi=keluar, total kendaraan=0, dan durasi sesi=0 menit. Pada Tabel 4.1 berikut ini adalah sebagian dari data yang diambil mulai hari Senin, 4 Februari 2019 sampai Rabu, 6 Februari 2019 oleh perangkat IoT.

Tabel 4. 1 Data sesi kendaraan dari perangkat IoT

n	Hari sesi	Waktu sesi	Jenis Sesi	Total Kendaraan	Durasi sesi (menit)
0	Senin	9:00:00	Keluar	0	0
1	Senin	9:10:00	Masuk	1	10
2	Senin	9:15:00	Masuk	2	5
3	Senin	9:32:00	Masuk	3	17
4	Senin	10:04:00	Masuk	4	16
5	Senin	10:20:00	Masuk	5	16
...
19	Senin	11:59:00	Masuk	19	6
20	Senin	12:00:00	Masuk	20	1
21	Senin	12:04:00	Keluar	19	4
22	Senin	12:06:00	Keluar	18	2
...
37	Senin	13:03:00	Keluar	16	5
38	Senin	13:08:00	Masuk	17	5
39	Senin	13:13:00	Masuk	18	5
40	Senin	13:15:00	Masuk	19	2
...
125	Senin	21:09:00	Keluar	0	2
...
167	Selasa	14:58:00	keluar	14	17
168	Selasa	15:16:00	masuk	15	18
169	Selasa	15:37:00	masuk	16	21
170	Selasa	15:45:00	masuk	17	8
171	Selasa	15:54:00	masuk	18	9
...
288	Rabu	19:37:00	Keluar	8	4
289	Rabu	19:47:00	Keluar	7	10
290	Rabu	19:48:00	Keluar	6	1
291	Rabu	19:57:00	Masuk	7	9
...

Dari Tabel 4.1, dicari derajat keanggotaan dari variabel waktu dan hari. Untuk variabel hari, keanggotaannya berbentuk tegas. Jadi untuk nilai derajat keanggotaannya adalah nilai mutlak yaitu 1 untuk masing-masing himpunannya. Himpunan keanggotaan hari terdiri dari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, Sabtu, dan Minggu. Sedangkan untuk mencari derajat keanggotaan masing-masing himpunan dari variabel waktu, digunakan rumus persamaan yang sesuai dengan skenario dan logika *fuzzy*.

Untuk variabel waktu, himpunan keanggotaannya terdiri dari Pagi, Siang, Sore, dan Malam. Fungsi keanggotaan variabel waktu untuk skenario ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Fungsi keanggotaan variabel waktu

Kurva fungsi keanggotaan tersebut jika direpresentasikan dalam bentuk tabel maka akan menjadi seperti Tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2 Tabel representasi 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

Dari fungsi keanggotaannya, dapat diuraikan bahwa untuk fungsi keanggotaan waktu pagi, representasi kurvanya bahu kiri, dengan domain 9:00 sampai 13:00. Artinya, jika waktu kurang dari atau sama dengan pukul 9:00 maka nilai keanggotaan pagi (μ_{pagi}) sama dengan 1. Jika waktu lebih dari 13:00, maka nilai keanggotaan pagi sama dengan 0. Untuk persamaan untuk menghitung nilai keanggotaan pagi dapat dilihat pada persamaan (4 - 1) berikut dengan terlebih dulu mengonversi waktu (x) menjadi bilangan desimal.

$$\mu_{PAGI}[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 13 \\ \frac{13-x}{13-9}, & 9 < x < 13 \\ 1, & x \leq 9 \end{cases} \quad (4 - 1)$$

Untuk fungsi keanggotaan siang direpresentasikan menggunakan kurva segitiga. Jika waktu sama dengan 13, maka nilai keanggotaan siangnya adalah 1. Karena pukul 13:00 adalah puncak dari domain kurva segitiga fungsi keanggotaannya. Persamaan untuk menghitung nilai keanggotaan siang (μ_{siang}) dapat dilihat pada persamaan (4 - 2) berikut ini:

$$\mu_{SIANG}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 9 \\ \frac{x-9}{13-9}, & 9 < x < 13 \\ 1, & x = 13 \\ \frac{17-x}{17-13}, & 13 < x < 17 \\ 0, & x \geq 17 \end{cases} \quad (4 - 2)$$

Untuk fungsi keanggotaan sore direpresentasikan menggunakan kurva segitiga. Jika waktu sama dengan 17, maka nilai keanggotaan sorenya adalah 1. Karena pukul 17:00 adalah puncak dari domain kurva segitiga fungsi keanggotaannya. Persamaan untuk menghitung nilai keanggotaan sore (μ_{sore}) dapat dilihat pada persamaan (4 - 3) berikut ini:

$$\mu_{Sore}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 13 \\ \frac{x-13}{17-13}, & 13 < x < 17 \\ 1, & x = 17 \\ \frac{21-x}{21-17}, & 17 < x < 21 \\ 0, & x \geq 21 \end{cases} \quad (4 - 3)$$

Untuk fungsi keanggotaan malam direpresentasikan menggunakan kurva bahu kiri, dengan domain 7:00 sampai 21:00. Artinya, jika waktu lebih dari atau sama dengan pukul 21:00 maka nilai keanggotaan malam (μ_{malam}) sama dengan 1. Jika waktu kurang dari 17:00, maka nilai keanggotaan malam sama dengan 0. Untuk persamaan menghitung nilai keanggotaan malam dapat dilihat pada persamaan (4 - 4) berikut:

$$\mu_{malam}[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 21 \\ \frac{x-17}{21-17}, & 17 < x < 21 \\ 0, & x \leq 17 \end{cases} \quad (4 - 4)$$

Setiap waktu sesi pada tabel data sesi di Tabel 4.1 masing-masing akan dihitung nilai keanggotaan dari masing-masing anggota himpunan waktu. Dan untuk keanggotaannya akan diambil dari yang nilai keanggotaannya paling tinggi. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk data n=3, yaitu 12:00.

$$x = 12 \text{ maka } x > 9 \text{ dan } x < 13$$

$$\mu_{PAGI}[x] = \frac{13 - x}{13 - 9}, \quad 9 < x < 13$$

$$\mu_{PAGI}[x] = \frac{13 - 12}{4} = 0,25$$

$$\mu_{SIANG}[x] = \frac{x - 9}{13 - 9}, \quad 9 < x < 13$$

$$\mu_{SIANG}[x] = \frac{12 - 9}{4} = 0,75$$

$$\mu_{SORE}[x] = 0, \quad x \leq 13$$

$$\mu_{MALAM}[x] = 0, \quad x \leq 17$$

$$\mu \text{ waktu} = \max(0,25; 0,75; 0; 0) = 0,96 \rightarrow \text{Siang}$$

Untuk hasil perhitungan lainnya sebagian direpresentasikan pada Tabel 4.3 di bawah ini:

Tabel 4.3 Nilai keanggotaan waktu

n	Hari	Waktu sesi	Desimal (x)	Nilai Keanggotaan				Derajat (max μ)	Keanggotaan
				μ_{pagi}	μ_{siang}	μ_{sore}	μ_{malam}		
0	Senin	9:00:00	0	1.00	0.00	0	0	1.00	Pagi
1	Senin	9:10:00	9.17	0.96	0.04	0	0	0.96	Pagi
2	Senin	9:15:00	9.25	0.94	0.06	0	0	0.94	Pagi
3	Senin	9:32:00	9.53	0.87	0.13	0	0	0.87	Pagi
4	Senin	10:04:00	9.80	0.80	0.20	0	0	0.80	Pagi
5	Senin	10:20:00	10.07	0.73	0.27	0	0	0.73	Pagi
...						
19	Senin	11:59:00	11.98	0.25	0.75	0	0	0.75	Siang
20	Senin	12:00:00	12.00	0.25	0.75	0	0	0.75	Siang
21	Senin	12:04:00	12.07	0.23	0.77	0	0	0.77	Siang
22	Senin	12:06:00	12.10	0.23	0.78	0	0	0.78	Siang
...						
37	Senin	13:03:00	13.05	0.00	0.99	0.01	0	0.99	Siang
38	Senin	13:08:00	13.13	0.00	0.97	0.03	0	0.97	Siang
39	Senin	13:13:00	13.22	0.00	0.95	0.05	0	0.95	Siang
40	Senin	13:15:00	13.25	0.00	0.94	0.06	0	0.94	Siang
...						
125	Senin	21:09:00	21.15	0.00	0.00	0	1	1.00	Malam
...						
167	Selasa	14:58:00	14.97	0.00	0.51	0.49	0.00	0.51	Siang
168	Selasa	15:16:00	15.27	0.00	0.43	0.57	0.00	0.57	Sore
169	Selasa	15:37:00	15.62	0.00	0.35	0.65	0.00	0.65	Sore
170	Selasa	15:45:00	15.75	0.00	0.31	0.69	0.00	0.69	Sore
171	Selasa	15:54:00	15.90	0.00	0.28	0.72	0.00	0.72	Sore
...						
287	Rabu	19:33:00	19.55	0.00	0.00	0.36	0.64	0.64	Malam
288	Rabu	19:37:00	19.62	0.00	0.00	0.35	0.65	0.65	Malam
289	Rabu	19:47:00	19.78	0.00	0.00	0.30	0.70	0.70	Malam
290	Rabu	19:48:00	19.80	0.00	0.00	0.3	0.7	0.70	Malam
291	Rabu	19:57:00	19.55	0.00	0.00	0.3625	0.6375	0.64	Malam

Setelah nilai dari masing-masing keanggotaannya didapatkan, data dikelompokkan berdasarkan himpunan waktu yaitu Pagi, Siang, Sore, dan Malam. Untuk menghitung variabel total kendaraan, digunakan fungsi mencari rata-rata. Jadi, untuk setiap kelas waktu masing-masing memiliki rata-rata total kendaraan. Misalnya untuk kelas hari Senin dan Pagi, maka rata-rata total kendaraannya dihitung mulai dari $n=1$ sampai $n=8$.

$$\text{rata - rata total kendaraan}_1 = \frac{1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8}{8} = \frac{36}{8} = 4,5$$

Sedangkan untuk variabel durasi, yaitu jumlah waktu atau durasi yang merupakan selisih antara sesi pertama dalam sebuah kelas himpunan waktu dan sesi akhir pada kelas tersebut. Misalnya untuk kelas hari Senin dan Pagi, maka durasi kepadatan kendaraannya dihitung mulai dari $n=1$ sampai $n=8$. Di mana jika dilihat pada Tabel 4.1, diketahui durasi kepadatan tersebut berlangsung mulai dari pukul 9:00 sampai pukul 10:41. Maka untuk menghitung durasi kepadatannya yaitu:

$$\text{durasi kepadatan}_1 = ((10 * 60) + 41) - (9 * 60) = 641 - 540 = 101$$

Untuk semua hasil perhitungan total kendaraan dan durasi per kelas mulai hari Senin sampai Rabu dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 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

Setelah didapatkan nilai total kendaraan dan durasi kepadatannya, maka dihitung nilai derajat keanggotaan masing-masing variabel kepadatan dan durasi kepadatannya. Maing-masing variabel akan dicari nilai keanggotaannya menggunakan fungsi keanggotaan masing-masing himpunan.

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 Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Fungsi keanggotaan variabel waktu

Kurva fungsi keanggotaan tersebut jika direpresentasikan dalam bentuk tabel maka akan menjadi seperti Tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4.5 Tabel representasi fungsi keanggotaan variabel waktu

Total Kendaraan	Representasi Kurva	Domain	Puncak Domain	Range x
Kosong	Tegak lurus	[0]	0	$x=0$
Sepi	Bahu kiri	[6, 12]	6	$6 < x < 12$
Sedang	Segitiga	[6, 12, 18]	12	$6 < x < 18$
Ramai	Segitiga	[12, 18, 24]	18	$12 < x < 24$
Sangat Ramai	Bahu Kanan	[18, 24]	24	$18 < x < 30$
Penuh	Tegak lurus	[30]	30	$x = 30$

Nilai x merupakan rata-rata total kendaraan pada kelas n sesuai pada Tabel 4.4. Dari Tabel 4.5 jika direpresentasikan dalam bentuk persamaan sesuai logika *fuzzy Tsukamoto*, maka rumus untuk perhitungan derajat keanggotaan masing-masing himpunannya sebagai berikut:

$$\mu_{kosong}[x] = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases} \quad (4 - 5)$$

$$\mu_{sepi}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 6 \\ \frac{12-x}{12-6}, & 6 < x < 12 \\ 0, & x \geq 12 \end{cases} \quad (4 - 6)$$

Untuk fungsi keanggotaan sedang direpresentasikan menggunakan kurva segitiga. Jika total kendaraan sama dengan 12, maka nilai keanggotaan sedangnya adalah 1. Karena 12 adalah puncak dari domain kurva segitiga fungsi keanggotaannya. Persamaan untuk menghitung nilai keanggotaan sedang (μ_{sedang}) dapat dilihat pada persamaan (4 - 7) berikut ini:

$$\mu_{\text{sedang}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 6 \\ \frac{x-6}{12-6}, & 6 < x < 12 \\ 1, & x = 12 \\ \frac{18-x}{18-12}, & 12 < x < 18 \\ 0, & x \geq 18 \end{cases} \quad (4 - 7)$$

Untuk fungsi keanggotaan ramai direpresentasikan menggunakan kurva segitiga. Jika total kendaraan sama dengan 18, maka nilai keanggotaan ramainya adalah 1. Karena 18 adalah puncak dari domain kurva segitiga fungsi keanggotaannya. Persamaan untuk menghitung nilai keanggotaan ramai (μ_{ramai}) dapat dilihat pada persamaan (4 - 8) berikut ini:

$$\mu_{\text{ramai}}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 12 \\ \frac{x-12}{18-12}, & 12 < x < 18 \\ 1, & x = 18 \\ \frac{24-x}{24-18}, & 18 < x < 24 \\ 0, & x \geq 24 \end{cases} \quad (4 - 8)$$

Untuk fungsi keanggotaan sangat ramai direpresentasikan menggunakan kurva bahu kanan, dengan domain 18 sampai 30. Artinya, jika total kendaraan lebih dari atau sama dengan 24 maka nilai keanggotaan malam (μ_{malam}) sama dengan 1. Jika waktu kurang dari 18, maka nilai keanggotaan malam sama dengan 0. Untuk persamaan menghitung nilai keanggotaan malam dapat dilihat pada persamaan (4 - 9) berikut:

$$\mu_{\text{Sangat Ramai}}[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 24 \\ \frac{x-18}{24-18}, & 18 < x < 24 \\ 0, & x \leq 18 \end{cases} \quad (4 - 9)$$

Untuk fungsi keanggotaan penuh, jika total kendaraan tidak sama dengan 30 maka nilai keanggotaannya adalah 0, dan jika total kendaraan sama dengan 30 maka nilai keanggotaannya 1.

$$\mu_{\text{penuh}}[x] = \begin{cases} 1, & x = 30 \\ 0, & x \neq 30 \end{cases} \quad (4 - 10)$$

Setiap total kendaraan sesi pada tabel data sesi di Tabel 4.1 masing-masing akan dihitung nilai keanggotaan dari masing-masing anggota himpunan waktu. Dan untuk keanggotaannya akan diambil dari yang nilai keanggotaannya paling tinggi. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk data $n=10$, yaitu 15,93.

$x = 15,93$ maka $x > 12$ dan $x < 18$

$\mu_{\text{kosong}}[x] = 0, \quad 0 \neq x$

$\mu_{\text{sepi}}[x] = 0, \quad x \geq 12$

$$\mu_{Sedang}[x] = \frac{18 - x}{18 - 12}, \quad 12 < x < 18$$

$$\mu_{Sedang}[x] = \frac{18 - 15,93}{6} = 0,35$$

$$\mu_{ramai}[x] = \frac{x - 12}{18 - 12}, \quad 12 < x < 18$$

$$\mu_{ramai}[x] = \frac{15,93 - 12}{6} = 0,65$$

$$\mu_{Sangat\ Ramai}[x] = 0, \quad x \leq 18$$

$$\mu_{penuh}[x] = 0, \quad x \neq 30$$

$$\mu_{waktu} = \max(0; 0; 0,35; 0,65; 0; 0) = 0,65 \rightarrow Ramai$$

Untuk hasil perhitungan lainnya direpresentasikan pada Tabel 4.6 di bawah ini

Tabel 4.6 Nilai keanggotaan kepadatan

n	Total Kendaraan	Nilai Keanggotaan						max μ	Keanggotaan Kepadatan
		Kosong (μ_{kosong})	Sepi (μ_{sepi})	Sedang (μ_{sedang})	Ramai (μ_{ramai})	Sangat Ramai ($\mu_{sangat\ ramai}$)	Penuh (μ_{penuh})		
0	4.5	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	Sepi
1	17.93	0.00	0.00	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99	Ramai
2	20.5	0.00	0.00	0.00	0.58	0.42	0.00	0.58	Ramai
3	18.05	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.99	Ramai
4	6.64	0.00	0.89	0.11	0.00	0.00	0.00	0.89	Sepi
5	9.88	0.00	0.35	0.65	0.00	0.00	0.00	0.65	Sedang
6	23.59	0.00	0.00	0.00	0.07	0.93	0.00	0.93	Sangat Ramai
7	11.5	0.00	0.08	0.92	0.00	0.00	0.00	0.92	Sedang
8	4.50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	Sepi
9	15.93	0.00	0.00	0.35	0.65	0.00	0.00	0.65	Ramai
10	23.21	0.00	0.00	0.00	0.13	0.87	0.00	0.87	Sangat Ramai
11	6.94	0.00	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.84	Sepi
12	4.5	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	Sepi

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 Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Fungsi keanggotaan variabel waktu

Kurva fungsi keanggotaan tersebut jika direpresentasikan dalam bentuk tabel maka akan menjadi seperti Tabel 4.7 di bawah ini:

Tabel 4.7 Tabel representasi fungsi keanggotaan variabel waktu

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

Dari fungsi keanggotaannya, dapat diuraikan beberapa persamaan untuk menghitung nilai keanggotaannya (μ). Untuk nilai keanggotaan sebentar direpresentasikan dengan menggunakan kurva bahu kiri yang dapat dilihat pada persamaan dibawan ini:

$$\mu_{SEBENTAR}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 30 \\ \frac{60-x}{60-30}, & 30 < x < 60 \\ 0, & x \geq 60 \end{cases} \quad (4 - 11)$$

Fungsi keanggotaan sedang direpresentasikan menggunakan kurva trapesium. Untuk nilai keanggotaan sedang yang direpresentasikan dengan menggunakan kurva trapesium, dapat dilihat pada persamaan dibawan ini:

$$\mu_{SEDANG}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{60-30}, & 30 < x < 60 \\ 1, & 60 \leq x \leq 90 \\ \frac{120-x}{120-90}, & 90 < x < 120 \\ 0, & x \geq 120 \end{cases} \quad (4 - 12)$$

Fungsi keanggotaan lama direpresentasikan menggunakan kurva trapesium. Untuk nilai keanggotaan lama yang direpresentasikan dengan menggunakan kurva trapesium, dapat dilihat pada persamaan dibawan ini:

$$\mu_{LAMA}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 90 \\ \frac{x-90}{120-90}, & 90 < x < 120 \\ 1, & 120 \leq x \leq 180 \\ \frac{210-x}{210-180}, & 180 < x < 210 \\ 0, & x \geq 210 \end{cases} \quad (4 - 13)$$

Fungsi keanggotaan sangat lama direpresentasikan menggunakan kurva bahu kanan. Untuk nilai keanggotaan sangat lama yang direpresentasikan dengan menggunakan kurva bahu kanan, dapat dilihat pada persamaan dibawan ini:

$$\mu_{SANGAT\ LAMA}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 180 \\ \frac{210-x}{210-180}, & 180 < x < 210 \\ 1, & x \geq 210 \end{cases} \quad (4 - 14)$$

Setiap durasi kepadatan pada Tabel 4.4 akan dihitung nilai keanggotaan dari masing-masing anggota himpunan durasi kepadatan tersebut. Dan untuk keanggotaannya akan diambil dari yang nilai keanggotaannya paling tinggi. Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk data n=1 yaitu 101 menit

$$x = 78 \text{ maka } 90 < x < 120$$

$$\mu_{SEBENTAR}[x] = 0, \quad x \geq 60$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = \frac{120 - x}{120 - 90}, \quad 90 < x < 120$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = \frac{120 - 101}{30} = 0,63$$

$$\mu_{LAMA}[x] = \frac{x - 90}{120 - 90}, \quad 90 < x < 120$$

$$\mu_{LAMA}[x] = \frac{101 - 90}{30} = 0,37$$

$$\mu_{SANGAT\ LAMA}[x] = 0, \quad x \leq 180$$

$$\mu \text{ durasi kepadatan} = \max(0; 0,63; 0,37; 0) = 0,63 \rightarrow \text{Sedang}$$

Untuk hasil perhitungan lainnya direpresentasikan pada Tabel 4.8 di bawah ini

Tabel 4.8 Nilai keanggotaan waktu

n	Durasi Kepadatan (menit)	Fungsi Keanggotaan				Derajat (max μ)	Keanggotaan
		Sebentar ($\mu_{sebentar}$)	Sedang (μ_{sedang})	Lama (μ_{lama})	Sangat Lama ($\mu_{sangat\ lama}$)		
0	101	0.00	0.63	0.37	0.00	0.63	Sedang
1	240	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
2	256	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
3	132	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	Lama
4	100	0.00	0.67	0.33	0.00	0.67	Sedang
5	265	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
6	527	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
7	253	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
8	118	0.00	0.07	0.93	0.00	0.93	Lama
9	233	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
10	242	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	Sangat Lama
11	127	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	Lama
12	101	0.00	0.63	0.37	0.00	0.63	Sedang

Berdasarkan perhitungan derajat keanggotaannya, dapat disimpulkan hasil dari pengelompokan variabel untuk data dari hari Senin, 4 Februari 2019 sampai Rabu, 6 Februari 2019 adalah sebagaimana dalam Tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4.9 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

Data pada Tabel 4.9 tersebut digunakan untuk perhitungan kepadatan dan durasi kepadatan parkir pada sistem pendukung keputusan. Data tersebut merepresentasikan aturan basis *fuzzy* yang digunakan untuk proses inferensi.

Untuk melakukan inferensi menggunakan metode fuzzy Tsukamoto, terdapat aturan-aturan dalam bentuk IF-THEN monoton. Contoh representasi aturan *fuzzy* pada metode Tsukamoto sesuai dengan hasil pengelompokan variabel yang dilakukan sebelumnya yaitu jika (IF) hari sama dengan pagi, dan (AND) waktu sama dengan pagi, maka (THEN) tingkat kepadatannya akan sepi dan durasi kepadatannya sedang. Dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini:

Tabel 4.10 Hasil pola basis aturan *fuzzy*

R		Hari		Waktu		Tingkat Kepadatan		Durasi Kepadatan
0	I F	Senin	A N D	Pagi	T H E N	Sepi	A N D	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

Tabel 4.11 Penjabaran Rule-0 IF Senin AND Pagi THEN Sepi AND Sedang

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi (menit)	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Pagi	Sepi	Sedang
1	9:10	1	10	0.96	1.00	0.00
2	10:04	5	54	0.73	1.00	0.80
3	11:01	9	57	0.50	0.50	0.90
4	11:34	11	33	0.36	0.17	0.10
5	12:04	19	30	0.23	0.00	0.00
6	12:15	15	11	0.19	0.00	0.00
7	12:27	13	12	0.14	0.00	0.00
8	12:43	18	16	0.07	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.00	0.00	0.07
10	13:25	21	10	0.00	0.00	0.00
11	13:33	25	8	0.00	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.00	0.00	0.60
13	16:31	19	130	0.00	0.00	0.00
14	18:37	25	126	0.00	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.00	0.00	1.00
16	20:19	28	22	0.00	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.00	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.00	0.00	0.00
19	20:57	14	4	0.00	0.00	0.00
20	21:07	1	10	0.00	1.00	0.00

Tabel 4.12 Penjabaran Rule-1 IF Senin AND Siang THEN Ramai AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Siang	Ramai	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.04	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.27	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.50	0.00	0.00
4	11:34	11	33	0.64	0.00	0.00
5	12:04	19	30	0.77	0.83	0.00
6	12:15	15	11	0.81	0.50	0.00
7	12:27	13	12	0.86	0.17	0.00
8	12:43	18	16	0.93	1.00	0.00
9	13:15	19	32	0.94	0.83	0.00
10	13:25	21	10	0.90	0.50	0.00
11	13:33	25	8	0.86	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.66	0.67	0.00
13	16:31	19	130	0.12	0.83	0.00
14	18:37	25	126	0.00	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.00	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.00	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.00	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.00	0.50	0.00
19	20:57	14	4	0.00	0.33	0.00
20	21:07	1	10	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.13 Penjabaran Rule-2 IF Senin AND Sore THEN Ramai AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Sore	Ramai	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.00	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.00	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.00	0.00	0.00
4	11:34	11	33	0.00	0.00	0.00
5	12:04	19	30	0.00	0.83	0.00
6	12:15	15	11	0.00	0.50	0.00
7	12:27	13	12	0.00	0.17	0.00
8	12:43	18	16	0.00	1.00	0.00
9	13:15	19	32	0.06	0.83	0.00
10	13:25	21	10	0.10	0.50	0.00
11	13:33	25	8	0.14	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.34	0.67	0.00
13	16:31	19	130	0.88	0.83	0.00
14	18:37	25	126	0.60	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.26	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.17	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.13	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.03	0.50	0.00
19	20:57	14	4	0.01	0.33	0.00
20	21:07	1	10	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.14 Penjabaran Rule-3 IF Senin AND Malam THEN Ramai AND Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Malam	Ramai	Lama
1	9:10	1	10	0.00	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.00	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.00	0.00	0.00
4	11:34	11	33	0.00	0.00	0.00
5	12:04	19	30	0.00	0.83	0.00
6	12:15	15	11	0.00	0.50	0.00
7	12:27	13	12	0.00	0.17	0.00
8	12:43	18	16	0.00	1.00	0.00
9	13:15	19	32	0.00	0.83	0.00
10	13:25	21	10	0.00	0.50	0.00
11	13:33	25	8	0.00	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.00	0.67	0.00
13	16:31	19	130	0.00	0.83	1.00
14	18:37	25	126	0.40	0.00	1.00
15	19:57	26	80	0.74	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.83	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.88	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.97	0.50	0.00
19	20:57	14	4	0.99	0.33	0.00
20	21:07	1	10	1.00	0.00	0.00

Tabel 4.15 Penjabaran Rule-4 IF Selasa AND Pagi THEN Sepi AND Sedang

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Pagi	Sepi	Sedang
1	9:10	1	10	0.96	1.00	0.00
2	10:04	5	54	0.73	1.00	0.80
3	11:01	9	57	0.50	0.50	0.90
4	11:34	11	33	0.36	0.17	0.10
5	12:04	19	30	0.23	0.00	0.00
6	12:15	15	11	0.19	0.00	0.00
7	12:27	13	12	0.14	0.00	0.00
8	12:43	18	16	0.07	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.00	0.00	0.07
10	13:25	21	10	0.00	0.00	0.00
11	13:33	25	8	0.00	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.00	0.00	0.60
13	16:31	19	130	0.00	0.00	0.00
14	18:37	25	126	0.00	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.00	0.00	1.00
16	20:19	28	22	0.00	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.00	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.00	0.00	0.00
19	20:57	14	4	0.00	0.00	0.00
20	21:07	1	10	0.00	1.00	0.00

Tabel 4.16 Penjabaran Rule-5 IF Selasa AND Siang THEN Sedang AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Siang	Sedang	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.04	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.27	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.50	0.50	0.00
4	11:34	11	33	0.64	0.83	0.00
5	12:04	19	30	0.77	0.00	0.00
6	12:15	15	11	0.81	0.50	0.00
7	12:27	13	12	0.86	0.83	0.00
8	12:43	18	16	0.93	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.94	0.00	0.00
10	13:25	21	10	0.90	0.00	0.00
11	13:33	25	8	0.86	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.66	0.00	0.00
13	16:31	19	130	0.12	0.00	0.00
14	18:37	25	126	0.00	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.00	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.00	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.00	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.00	0.00	0.00
19	20:57	14	4	0.00	0.67	0.00
20	21:07	1	10	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.17 Penjabaran Rule-6 IF Selasa AND Sore THEN Sangat Ramai AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Sore	Sangat Ramai	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.00	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.00	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.00	0.00	0.00
4	11:34	11	33	0.00	0.00	0.00
5	12:04	19	30	0.00	0.17	0.00
6	12:15	15	11	0.00	0.00	0.00
7	12:27	13	12	0.00	0.00	0.00
8	12:43	18	16	0.00	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.06	0.17	0.00
10	13:25	21	10	0.10	0.50	0.00
11	13:33	25	8	0.14	1.00	0.00
12	14:21	20	48	0.34	0.33	0.00
13	16:31	19	130	0.88	0.17	0.00
14	18:37	25	126	0.60	1.00	0.00
15	19:57	26	80	0.26	1.00	0.00
16	20:19	28	22	0.17	1.00	0.00
17	20:30	25	11	0.13	1.00	0.00
18	20:53	21	23	0.03	0.50	0.00
19	20:57	14	4	0.01	0.00	0.00
20	21:07	1	10	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.18 Penjabaran Rule-7 IF Selasa AND Malam THEN Sedang AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Malam	Sedang	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.00	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.00	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.00	0.50	0.00
4	11:34	11	33	0.00	0.83	0.00
5	12:04	19	30	0.00	0.00	0.00
6	12:15	15	11	0.00	0.50	0.00
7	12:27	13	12	0.00	0.83	0.00
8	12:43	18	16	0.00	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.00	0.00	0.00
10	13:25	21	10	0.00	0.00	0.00
11	13:33	25	8	0.00	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.00	0.00	0.00
13	16:31	19	130	0.00	0.00	0.00
14	18:37	25	126	0.40	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.74	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.83	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.88	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.97	0.00	0.00
19	20:57	14	4	0.99	0.67	0.00
20	21:07	1	10	1.00	0.00	0.00

Tabel 4. 19 Penjabaran Rule-8 IF Rabu AND Pagi THEN Sepi AND Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Pagi	Sepi	Lama
1	9:10	1	10	0.96	1.00	0.00
2	10:04	5	54	0.73	1.00	0.00
3	11:01	9	57	0.50	0.50	0.00
4	11:34	11	33	0.36	0.17	0.00
5	12:04	19	30	0.23	0.00	0.00
6	12:15	15	11	0.19	0.00	0.00
7	12:27	13	12	0.14	0.00	0.00
8	12:43	18	16	0.07	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.00	0.00	0.00
10	13:25	21	10	0.00	0.00	0.00
11	13:33	25	8	0.00	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.00	0.00	0.00
13	16:31	19	130	0.00	0.00	1.00
14	18:37	25	126	0.00	0.00	1.00
15	19:57	26	80	0.00	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.00	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.00	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.00	0.00	0.00
19	20:57	14	4	0.00	0.00	0.00
20	21:07	1	10	0.00	1.00	0.00

Tabel 4.20 Penjabaran Rule-9 IF Rabu AND Siang THEN Ramai AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Siang	Ramai	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.04	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.27	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.50	0.00	0.00
4	11:34	11	33	0.64	0.00	0.00
5	12:04	19	30	0.77	0.83	0.00
6	12:15	15	11	0.81	0.50	0.00
7	12:27	13	12	0.86	0.17	0.00
8	12:43	18	16	0.93	1.00	0.00
9	13:15	19	32	0.94	0.83	0.00
10	13:25	21	10	0.90	0.50	0.00
11	13:33	25	8	0.86	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.66	0.67	0.00
13	16:31	19	130	0.12	0.83	0.00
14	18:37	25	126	0.00	0.00	0.00
15	19:57	26	80	0.00	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.00	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.00	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.00	0.50	0.00
19	20:57	14	4	0.00	0.33	0.00
20	21:07	1	10	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.21 Penjabaran Rule-10 IF Rabu AND Sore THEN Sangat Ramai AND Sangat Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Sore	Sangat Ramai	Sangat Lama
1	9:10	1	10	0.00	0.00	0.00
2	10:04	5	54	0.00	0.00	0.00
3	11:01	9	57	0.00	0.00	0.00
4	11:34	11	33	0.00	0.00	0.00
5	12:04	19	30	0.00	0.17	0.00
6	12:15	15	11	0.00	0.00	0.00
7	12:27	13	12	0.00	0.00	0.00
8	12:43	18	16	0.00	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.06	0.17	0.00
10	13:25	21	10	0.10	0.50	0.00
11	13:33	25	8	0.14	1.00	0.00
12	14:21	20	48	0.34	0.33	0.00
13	16:31	19	130	0.88	0.17	0.00
14	18:37	25	126	0.60	1.00	0.00
15	19:57	26	80	0.26	1.00	0.00
16	20:19	28	22	0.17	1.00	0.00
17	20:30	25	11	0.13	1.00	0.00
18	20:53	21	23	0.03	0.50	0.00
19	20:57	14	4	0.01	0.00	0.00
20	21:07	1	10	0.00	0.00	0.00

Tabel 4.22 Penjabaran Rule-11 IF Rabu AND Malam THEN Sepi AND Lama

n	Waktu	Total Kendaraan	Durasi	Nilai Keanggotaan <i>Fuzzy</i> (μ)		
				Malam	Sepi	Lama
1	9:10	1	10	0.00	1.00	0.00
2	10:04	5	54	0.00	1.00	0.00
3	11:01	9	57	0.00	0.50	0.00
4	11:34	11	33	0.00	0.17	0.00
5	12:04	19	30	0.00	0.00	0.00
6	12:15	15	11	0.00	0.00	0.00
7	12:27	13	12	0.00	0.00	0.00
8	12:43	18	16	0.00	0.00	0.00
9	13:15	19	32	0.00	0.00	0.00
10	13:25	21	10	0.00	0.00	0.00
11	13:33	25	8	0.00	0.00	0.00
12	14:21	20	48	0.00	0.00	0.00
13	16:31	19	130	0.00	0.00	1.00
14	18:37	25	126	0.40	0.00	1.00
15	19:57	26	80	0.74	0.00	0.00
16	20:19	28	22	0.83	0.00	0.00
17	20:30	25	11	0.88	0.00	0.00
18	20:53	21	23	0.97	0.00	0.00
19	20:57	14	4	0.99	0.00	0.00
20	21:07	1	10	1.00	1.00	0.00

4.1.2.2. 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:

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

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

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

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

$$= \frac{21 - 20,25}{4} = 0,19$$

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

$$= \frac{20,25 - 17}{4} = 0,81$$

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

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

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

$$Z_{\text{kepadatan1}} = 0$$

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

$$Z_{\text{drasi1}} = 0$$

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

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

$$Z_{\text{kepadatan2}} = 0$$

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

$$Z_{\text{drasi2}} = 0$$

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

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

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

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

$$Z_{\text{kepadatan3}} = \text{MAX}(12,14;22,86) = 22,86 = 23$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Z^* - \text{kepadatan} = (0,19*23) + (0,81*29) / 0,19 + 0,81 = 27,86 = 28 \text{ buah kendaraan}$$

$$x = 28 \text{ maka } x \geq 24$$

$$\mu_{\text{kosong}}[x] = 0, \quad 0 \neq x$$

$$\mu_{\text{sepi}}[x] = 0, \quad x \geq 12$$

$$\mu_{\text{sedang}}[x] = 0, \quad x \geq 18$$

$$\mu_{\text{ramai}}[x] = 0, \quad x \geq 24$$

$$\mu_{\text{Sangat Ramai}}[x] = 1, \quad x \geq 24$$

$$\mu_{\text{penuh}}[x] = 0, \quad x \neq 30$$

$$\mu_{\text{kepadatan}} = \max(0; 0; 0; 0; 1; 0) = 1 \rightarrow \text{Sangat Ramai}$$

$$Z^* - \text{durasi kepadatan} = (0,19*204,3) + (0,81*234,3) / 0,19 + 0,81 = 228,6 \text{ menit}$$

$$x = 228,6 \text{ maka } x \geq 210$$

$$\mu_{SEBENTAR}[x] = 0, \quad x \geq 60$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = 0, \quad x \geq 120$$

$$\mu_{LAMA}[x] = 0, \quad x \geq 210$$

$$\mu_{SANGAT\ LAMA}[x] = 1, \quad x \geq 210$$

$$\mu \text{ durasi kepadatan} = \max(0; 0; 0; 0; 1) = 1 \rightarrow \text{Sangat Lama}$$

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

4.1.3. Implementasi *Website* 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*.

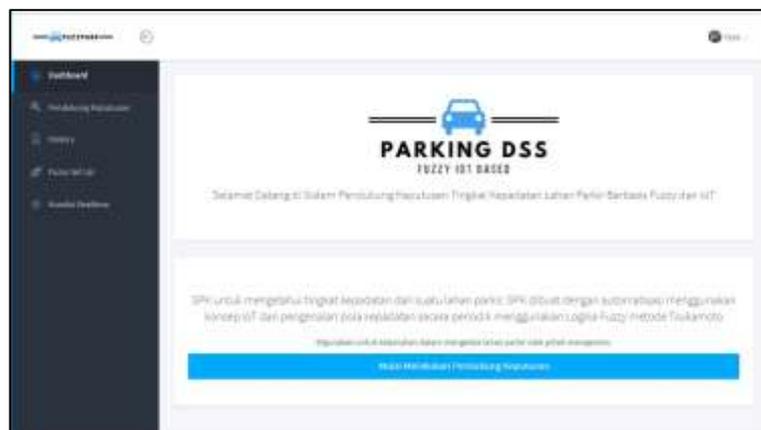
1. Halaman *Log In*



Gambar 4.7 Halaman *login*

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

2. Halaman *Dashboard*



Gambar 4.8 Halaman *dashboard*

Pada halaman dashboard seperti pada Gambar 4.8, terdapat informasi tentang apa saja yang dapat dilakukan pada sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang dibuat.

3. Halaman Pendukung Keputusan



Gambar 4.9 Halaman Pendukung Keputusan

Pada halaman pendukung keputusan seperti pada Gambar 4.9, 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.

4. Halaman Hasil Keputusan



Gambar 4.10 Halaman hasil pendukung keputusan

Pada halaman hasil keputusan seperti pada Gambar 4.10, terdapat informasi hasil dari proses pendukung keputusan berdasarkan waktu input yang dimasukan oleh *user*.

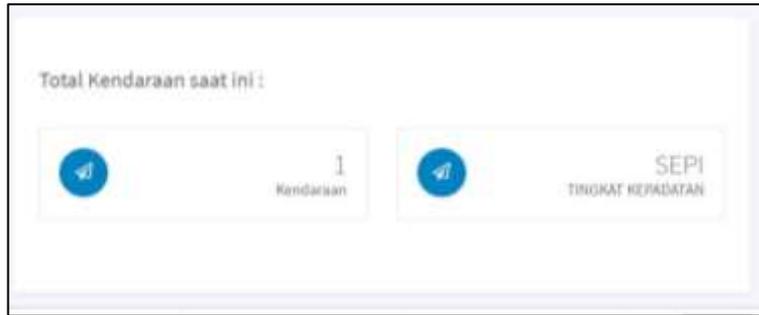
5. Halaman Pola Kepadatan



No.	Keterangan	Kapasitas Kendaraan	Waktu tunggu kendaraan	Peningkatan waktu tunggu
1.	Kawasan Tepi	2.000	150	Tinggi
2.	Kawasan Tengah	3.000	100	Normal
3.	Kawasan Tengah Dalam	3.000	100	Normal
4.	Kawasan Tengah Dalam	3.000	100	Normal
5.	Kawasan Pusat	4.000	100	Normal

Gambar 4. 11 Halaman pola kepadatan

8. Halaman *Realtime*



Gambar 4.14 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 [16], 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 *Wi-Fi-Ethernet Shield*.

1. 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.

Tabel 4.23 Hasil uji sensor ultrasonik

No.	Jarak yang dibaca sensor (cm)	Jarak sebenarnya (cm)	Ada objek di deteksi oleh sensor (ada/tidak)	Ada objek sebenarnya (ada/tidak)	Keterangan
1	10	10	Tidak	Tidak	Berhasil
2	10	10	Tidak	Tidak	Berhasil
3	8	10	Tidak	Tidak	Berhasil

4	4	3	Ada	Ada	Berhasil
5	8	10	Tidak	Tidak	Berhasil
6	4	3	Ada	Ada	Berhasil
7	10	10	Tidak	Tidak	Berhasil
8	10	10	Tidak	Tidak	Berhasil
9	9	10	Tidak	Tidak	Berhasil
10	3	3	ada	ada	Berhasil

Dari Tabel 4.23 dapat dijelaskan bahwa sensor ultrasonik dapat berfungsi dengan baik dan berhasil mendeteksi ada objek atau tidak di depannya.

2. Pengujian fungsionalitas mikrokontroller

Pada Gambar 4.15 dapat diketahui bahwa mikrokontroler telah bekerja. Hal ini dilihat dari lampu indikator mikrokontroller yang bekerja. Dengan demikian mikrokontroller lulus pengujian.



Gambar 4.15 Pengujian mikrokontroller

3. Pengujian fungsionalitas *Wi-Fi -Ethernet Shield*

Pada Gambar 4.16 dapat diketahui bahwa mikrokontroler telah bekerja. Hal ini dilihat dari lampu indikator *Shield* yang bekerja. Dengan demikian mikrokontroller lulus pengujian.



Gambar 4.16 Pengujian Ethernet Shield

4.2.2. Pengujian Validasi 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 4.24 Sebagai berikut:

Tabel 4.24 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 <i>fuzzy</i>	valid
5	Pengolahan <i>rule fuzzy</i>	valid
6	Perhitungan <i>fuzzy Tsukamoto</i>	valid
7	Lihat hasil keputusan	valid
8	Lihat <i>rule base fuzzy</i>	valid
9	Lihat kondisi lahan parkir realtime	valid
10	Lihat pola kepadatan lahan parkir	valid

Dari hasil pengujian yang tertera pada Tabel 4.24, maka dapat disimpulkan bahwa fungsionalitas sistem pendukung keputusan tingkat kepadatan lahan parkir yang dibuat dapat berfungsi dan menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan saat sistem dibuat.

4.2.3. Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian akurasi sistem pada penelitian ini dilakukan dengan menghitung berapa banyak data yang sama antara hasil berdasarkan perhitungan manual oleh manusia dengan hasil perhitungan oleh sistem dengan metode *fuzzy Tsukamoto*. Pengujian akurasi dilakukan untuk mengetahui performa dari Sistem Pendukung Keputusan untuk memberikan kepadatan di lahan parkir. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil data total kendaraan dan durasi kepadatan yang diambil dari perangkat IoT pada hari dan waktu tersebut, dengan hasil perhitungan *fuzzy Tsukamoto*. Hasil perbandingan berupa nilai *error* (%). Nilai *error* didapatkan dari perhitungan selisih keluaran pertama dan keluaran kedua kemudian dibagi dengan nilai maksimal dari keluaran pertama atau kedua. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Hasil pengujian

No	Masukan		Keluaran		Error (%)
	Hari	Waktu	Total Kendaraan Sebenarnya	Total Kendaraan Hasil Perhitungan Fuzzy	
1	Senin	11:38	13	17	23.53
2	Senin	14:00	23	20	13.04
3	Senin	17:36	20	20	0.00
4	Senin	19:17	26	21	19.23
5	Selasa	10:12	11	10	9.09
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	7.14
10	Rabu	15:04	20	21	4.76
11	Rabu	16:02	25	23	8.00
12	Rabu	20:37	7	8	12.50
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.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, analisis, dan 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 parki yang lebih baik lagi dengan menambah fitur seperti: monitoring lahan parkir secara *realtime*, sistem otomatis untuk alokasi selot 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 BBP-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.
- [9] E. D. Meutia, “Internet of Things Keamanan dan Privasi,” Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro, 2015.
- [10] A. N. N. Chamim, “Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal GSM,” Jurnal Informatika, vol. 4, no. 1, 2010.
- [11] 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.
- [12] C. A. Aryanto, “Implementasi IoT (Internet of Things) Dalam Pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang engan Framework Laravel dan Materialize,” 2017.
- [13] D. Naista, CODEIGNITER VS LARAVEL, Kasus Membuat Website Pencari Kerja, Jakarta: Loko Media, 2017.
- [14] N. Yustina, “Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lensa Kontak Bagi Penderita Kelainan Refraksi Mata Menggunakan Metode Simple Additive Weighting,” vol. 1, 2013.

- [15] E. Turban, E. J. Aronson dan T. P. Liang, “Decision Support Systems and Intelligent Sistem, Jilid 1,” 2005.
- [16] D. J. P. Darat, Perhubungan Darat Dalam Angka 2014, Jakarta: Kementrian Perhubungan RI, 2014.