

**DESAIN SISTEM MONITOR OBJEK PADA AREA *BLINDSPOT* TRUK BOX
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Wisnu Agung Nugroho

No. Mahasiswa : 18522085

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 7 Oktober 2022



Wisnu Agung Nugroho



SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext. 4110, 4100
F. (0274) 895007
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uui.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 94/Ka.lab SIMANTI/30/Lab.SIMANTI/X/2022

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Wisnu Agung Nugroho

Nim : 18522085

Jurusan : Teknik Industri

Dosen Pembimbing : Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul "**DESAIN SISTEM MONITOR OBJEK PADA AREA BLINDSPOT TRUK BOX MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY**" mulai pelaksanaan penelitian 15 Juli 2022 sampai 30 September 2022.

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 07 Oktober 2022

Kepala Laboratorium
Sistem Manufaktur Terintegrasi

Abdullah Azzam, S.T, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**DESAIN SISTEM MONITOR OBJEK PADA AREA *BLINDSPOT* TRUK BOX
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY**



Dosen Pembimbing

(Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**DESAIN SISTEM MONITOR OBJEK PADA AREA *BLINDSPOT* TRUK BOX
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY**

ISLAM
TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Wisnu Agung Nugroho

No. Mahasiswa : 18522085

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogtakarta, 28 November 2022

Tim Penguji

Ir. Muhammad Ridwan Andi P, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

Ketua

Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I.

Anggota I

Abdullah 'Azzam, S.T., M.T.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, rasa syukur kepada Allah SWT, Tuhan yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala nikmat dan hidayahnya di dunia ini.

Terimakasih saya ucapkan kepada ibu dan bapak (Rr. Siti Rahayu dan Yudi Subagyo) Atas segala dukungan dan Doa restunya.

Terimakasih kepada bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM atas ilmu dan bimbingannya.

Terimakasih Kepada Adik Kandung dan Kakak Sepupu (Bayu Aji Nugroho dan Kurniawan Dwi Atmaja) Atas segala dukungan dan Doa.

Terimakasih kepada seluruh teman-teman yang selalu mendukung dalam segala aktivitas dibangku kuliah



HALAMAN MOTTO

إِن فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ أَلْيَلٍ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَبْصَارِ ۝١٩

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal” (QS Ali-Imran : 190)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuhu

Alhamdulillah, segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju jaman yang terang benderang ini.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini begitu banyak mendapat bimbingan dan bantuan secara material dan non material baik langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu maka penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan bimbingan, masukan, pandangan dan dukungan kepada penulis.
4. Orang tua (Bapak Yudi Subagyo dan Ibu RR. Siti Rahayu) dan adik kandung (Bayu Aji Nugroho) yang telah memberikan dukungan dan motivasi sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Kepada teman-teman driver truk box (Kurniawan Dwi Atmaja, Panji Irawan, Choironi) yang merupakan inspirasi terciptanya ide dan gagasan untuk melakukan penelitian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
7. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2018.
8. Serta seluruh teman-teman dan saudara yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang membantu dan mendukung dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Semoga seluruh bantuan dan bimbingan yang telah diberikan akan mendapatkan balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan dan kesalahan. Sehingga penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun sebagai evaluasi dan kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kemajuan seluruh umat manusia. Amin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuhu

Yogyakarta, 7 Oktober 2022



Wisnu Agung Nugroho



ABSTRAK

Truk merupakan moda pengiriman barang terbesar di Indonesia dengan proporsi lebih dari 65% dibanding dengan moda angkutan barang lain. Dengan kebutuhan akan biaya distribusi barang yang murah maka pabrikan truk membuat dimensi kendaraan yang dapat mengangkut barang lebih besar. Dengan dimensi yang besar maka area *blind spot* yang timbul maka semakin besar juga. Pada jaman moderen alat bantu monitor objek diarea *blind spot* sangat dibutuhkan namun alat ini belum banyak diaplikasikan pada kendaraan besar seperti truk box secara langsung oleh pabrikan. Dengan banyaknya beredar alat serupa namun pengemudi atau pemilik truk masih merasa alat tersebut terlalu mahal untuk dipasang pada truk box mereka. Sehingga dilakukan perancangan sistem deteksi objek diarea *blind spot* truk box. Metode perancangan sistem ini menggunakan metode *prototyping* dengan implementasi logika fuzzy sebagai algoritma pengambil keputusan. Perangkat keras terdiri dari dua buah mikrokontroler, enam buah sensor ultrasonik, 12 buah LED, satu buzzer dan tiga saklah *push on*. Penggunaan metode *prototyping* dan implementasi logika fuzzy pada pengembangan perangkat lunak dihasilkan sebuah sistem yang dapat memantau objek yang berada diarea truk box dengan baik. Dari hasil pengujian menggunakan metode *white box* sistem yang telah dibuat dapat mendeteksi objek dengan baik dan mengirimkan output yang sesuai dengan kategori jarak. Output sistem yang dibangun berupa LED warna merah, kuning dan hijau yang merupakan output visual dan buzzer sebagai output audio. Sistem ini telah diimplementasikan pada kendaraan truk box sesungguhnya dan dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci : *Radar Detection System, Blindspot Monitoring System, Fuzzy Logic*

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN | ii |
| SURAT BUKTI PENELITIAN | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING | iv |
| LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| HALAMAN MOTTO | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| ABSTRAK | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 5 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| BAB II KAJIAN LITERATUR | 7 |
| 2.1 Kajian Induktif | 7 |
| 2.2 Kajian Deduktif | 13 |
| 2.2.1 <i>Prototyping</i> | 13 |
| 2.2.2 <i>Blind Spot</i> | 14 |
| 2.2.3 <i>Blind Spot Detection System</i> | 15 |
| 2.2.4 <i>Fuzzy Logic</i> | 15 |
| 2.2.5 <i>Fuzzy Inference System</i> | 25 |
| 2.2.6 Arduino UNO R3 | 28 |
| 2.2.7 NodeMCU ESP 8266 | 30 |
| 2.2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04 | 31 |
| 2.2.9 White Box Testing | 32 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 34 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 34 |
| 3.2 Subjek dan Objek Penelitian | 37 |
| 3.2.1 Profil Pakar | 37 |
| 3.2.2 Kriteria Subjek | 38 |
| 3.2.3 Objek Penelitian | 38 |
| 3.3 Identifikasi Masalah | 38 |
| 3.4 Data Penelitian | 39 |
| 3.4.1 Jenis Data | 39 |
| 3.4.2 Pengambilan Data | 39 |
| 3.4.3 Instrumen Penelitian | 40 |
| 3.5 Metode Pengembangan Sistem | 40 |
| 3.6 Metode Pembuatan Logika Fuzzy | 42 |
| BAB IV PEMBANGUNAN DAN PENGUJIAN SISTEM | 45 |
| 4.1 Penentuan Kebutuhan Sistem | 45 |
| 4.1.1 Identifikasi Masalah | 45 |

| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 4.1.2 | <i>Blind Spot</i> Truk Box | 45 |
| 4.1.3 | Jangkauan Sensor | 46 |
| 4.1.4 | Sistem Usulan | 47 |
| 4.1.5 | Kebutuhan Perangkat Keras | 48 |
| 4.1.6 | Kebutuhan Perangkat Lunak | 49 |
| 4.2 | Desain Cepat | 50 |
| 4.2.1 | Desain Input Output | 50 |
| 4.2.2 | Desain Skematik Sistem | 51 |
| 4.3 | Pembangunan Prototype | 54 |
| 4.3.1 | Pembangunan Perangkat Keras | 54 |
| 4.3.2 | Pembangunan Perangkat Lunak | 55 |
| 4.4 | Pengujian Sistem | 72 |
| 4.4.1 | Pengujian Sistem Metode <i>White Box</i> | 72 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN | | 80 |
| 5.1 | Implementasi | 80 |
| 5.2 | Hasil Pengujian <i>White Box Testing</i> | 86 |
| 5.2.1 | Hasil Pengujian Logika Fuzzy | 86 |
| 5.2.2 | Hasil Pengujian Kontroler Input Output | 88 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | 90 |
| 6.1 | Kesimpulan | 90 |
| 6.2 | Saran | 91 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 92 |
| LAMPIRAN | | 95 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Kajian Induktif | 8 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3 | 29 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi NodeMCU ESP 6266 | 30 |
| Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor HC SR04 | 31 |
| Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras | 49 |
| Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak | 50 |
| Tabel 4.3 Penggunaan Pin Sensor Arduino Uno | 52 |
| Tabel 4.4 Penggunaan Pin GPIO Nodemcu | 52 |
| Tabel 4.5 Penggunaan Pin Saklar | 53 |
| Tabel 4.6 Penggunaan Pin Output | 53 |
| Tabel 4.7 Himpunan Fuzzy | 61 |
| Tabel 4.8 Aturan Sistem | 65 |
| Tabel 4.9 Jalur Pengujian | 74 |
| Tabel 4.10 Hasil Uji Logika Fuzzy | 75 |
| Tabel 4.11 Jalur Uji Kontroler Input Output | 78 |
| Tabel 4.12 Hasil Uji Kontroler Input | 78 |
| Tabel 4.13 Hasil Uji Kontroler Output | 79 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Bagian Fungsi Keanggotaan | 18 |
| Gambar 2.2 | Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga | 19 |
| Gambar 2.3 | Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium | 20 |
| Gambar 2.4 | Grafik Fungsi Keanggotaan Gaussian | 21 |
| Gambar 2.5 | Arduino Uno R3 | 29 |
| Gambar 2.6 | NodeMCU ESP 8266 | 30 |
| Gambar 2.7 | Sensor Ultrasonik HC SR04 | 31 |
| Gambar 3.1 | Alur Penelitian | 34 |
| Gambar 3.2 | Alur Penelitian (Lanjutan) | 35 |
| Gambar 3.3 | Metode Pengembangan Sistem | 41 |
| Gambar 3.4 | Alur Pembuatan Logika Fuzzy | 43 |
| Gambar 4.1 | Analisis Area Truk skala 1:100 | 46 |
| Gambar 4.2 | Jangkauan Sensor Ultrasonik Skala 1:40 | 47 |
| Gambar 4.3 | Kebutuhan Fungsional Sistem | 48 |
| Gambar 4.4 | Desain Input Output | 50 |
| Gambar 4.5 | Desain Skematik Perangkat Keras | 51 |
| Gambar 4.6 | Perangkat Utama | 55 |
| Gambar 4.7 | Perangkat Sensor | 55 |
| Gambar 4.8 | Diagram Alir Logika Sistem | 57 |
| Gambar 4.9 | Diagram Alir Logika Sistem (Lanjutan) | 58 |
| Gambar 4.10 | Pseudocode Kontroler Sensor | 60 |
| Gambar 4.11 | Diagram Himpunan Fuzzy | 63 |
| Gambar 4.12 | Pseudocode Fuzzifikasi | 64 |
| Gambar 4.13 | Pseudocode Inferensi Aturan | 66 |
| Gambar 4.14 | Pseudocode Agregasi | 66 |
| Gambar 4.15 | Pseudocode Komposisi | 68 |
| Gambar 4.16 | Grafik Keanggotaan Hasil Defuzzifikasi | 69 |
| Gambar 4.17 | Pseudocode Defuzzifikasi | 70 |
| Gambar 4.18 | Pseudocode Kontroler Output | 71 |
| Gambar 4.19 | Pembagian Node Uji Logika Fuzzy | 73 |
| Gambar 4.20 | Flow Graph Uji Logika Fuzzy | 74 |
| Gambar 4.21 | Pembagian Node Pengujian Kontroler Input Output | 76 |
| Gambar 4.22 | Flow Graph Uji Kontroler Input Output | 77 |
| Gambar 5.1 | Peletakan Sensor Tampak Samping Skala 1:100 | 80 |
| Gambar 5.2 | Peletakan Sensor Tampak Atas Skala 1:100 | 81 |
| Gambar 5.3 | Penempatan Sensor Sebelah Kiri | 83 |
| Gambar 5.4 | Penempatan Sensor Sebelah Kanan | 83 |
| Gambar 5.5 | Peletakan Sensor Sisi Belakang | 84 |
| Gambar 5.6 | Peletakan Perangkat Utama | 85 |
| Gambar 5.7 | Hasil Uji Logika Fuzzy | 87 |
| Gambar 5.8 | Error Pembacaan Sensor Ultrasonik | 88 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mobil barang merupakan salah satu alat distribusi barang yang sangat vital untuk kelancaran rantai pasok dari produsen ke konsumen. Perkembangan mobil barang di Indonesia selama tahun 2016 sampai tahun 2020 meningkat sebanyak 4.11% pertahunnya. Sedangkan jumlah mobil barang pada tahun 2020 tercatat sebanyak 5.083 juta unit. Sementara itu jumlah total kendaraan bermotor mencapai 136 juta pada tahun 2020 dengan jumlah kendaraan terbanyak berada di Pulau Jawa sebanyak 81,88 juta kendaraan bermotor (Direktorat Statistik Distribusi, 2021). Mobil barang yang umum digunakan di Indonesia salah satunya adalah truk. Truk merupakan salah satu alat yang penting dalam distribusi barang dari produsen ke ritel atau langsung ke konsumen. Selain itu truk merupakan salah satu kendaraan barang yang vital bagi distribusi barang di Indonesia. Menurut data yang didapatkan dari website *Supply Chain Indonesia* penggunaan moda pengiriman barang 5 komoditas tertentu menggunakan truk di Pulau Jawa lebih dari 91%. Sementara itu penggunaan moda angkutan barang lain seperti kereta api kurang dari 5 % dan kapal laut kurang dari 30% (Supply Chain Indonesia, 2016)

Dengan perkembangan jumlah kendaraan bermotor, angkutan logistik menggunakan truk di Indonesia juga mengalami perkembangan. Perusahaan manufaktur truk seperti mitsubishi fuso, hino dan isuzu berusaha membuat truk dengan ukuran dan dimensi yang besar untuk memenuhi kebutuhan perusahaan angkutan logistik. Penggunaan truk di Indonesia sangatlah beragam mulai dari kelas *light-duty* seperti truk engkel dan colt disel, serta truk *medium-duty* seperti truk fuso dan tronton. Pada truk *medium duty* seperti mitsubishi fuso fighter memiliki ukuran yang besar dengan panjang total mencapai 11935 mm dengan lebar 2.45 mm (PT Karma Yuda Tiga Berlian Motors, 2021) Dengan dimensi yang besar maka truk *medium duty* memiliki banyak titik buta atau *blind spot*. Titik buta pada truk *medium duty* membuat sopir tidak dapat melihat

kendaraan lain yang berada pada titik buta tersebut. Titik buta terbesar pada kendaraan truk berada dibelakang. Hal ini karena terhalang dari bak, box atau muatan yang dibawa truk tersebut. Selain itu semakin besar dimensi dari kendaraan maka semakin banyak titik buta yang tidak dapat dilihat oleh sopir. Sehingga area *blind spot* atau titik buta kendaraan dapat menyebabkan kecelakaan yang menyebabkan kerugian material ataupun non material.

Pada tahun 2012 di Jerman terdapat 640 kecelakaan antara truk dan sepeda akibat *blind spot*. Kecelakaan ini terjadi akibat pengemudi truk tidak dapat melihat pesepeda saat berbelok ke kanan sebab posisi kemudi berada disebelah kiri (Seiniger, et al., 2015). Sementara itu di Norwegia terdapat 252 kasus data kecelakaan yang dibagikan oleh pihak berwenang setempat melibatkan truk trailer. Data tersebut hanya 1,2 % dari total kecelakaan yang terjadi di Norwegia antara tahun 2000 sampai 2014. 12 % dari kecelakaan tersebut merupakan akibat dari *blind spot*. Kecelakaan akibat *blind spot* tersebut mayoritas terjadi di persimpangan dan bundaran jalan (Pokorny et al., 2017).

Kecelakaan yang terjadi di Indonesia setiap tahunnya meningkat sebanyak 4.87% dari tahun 2015 sampai tahun 2019. Tahun 2019 terjadi 116 ribu kecelakaan dengan jumlah korban meninggal dunia mencapai 14.63% dan korban luka berat mencapai 7.11% dan sisanya mengalami luka ringan. Mayoritas kecelakaan di Indonesia masih didominasi oleh sepeda motor dengan presentase 73% dan disusul oleh kendaraan angkutan barang sebesar 12% (Direktorat Statistik Distribusi, 2021).

Faktor manusia atau pengemudi menyumbang 55 % dari total kecelakaan yang terjadi di jalan lintas Sumatra ruas Kota Tebing Tinggi. Penyebab tingginya faktor manusia atau pengemudi pada kecelakaan dipicu dari kesadaran akan peraturan lalulintas yang rendah bahkan pura-pura tidak tahu tentang peraturan berkendara (Siregar & Dewi, 2020). Kecelakaan akibat *blind spot* terjadi karena pemahaman tentang keselamatan berkendara yang kurang baik. Pada studi pemahaman dan perilaku berkendara menunjukkan 40% pengemudi sadar berada diarea *blind spot* kendaraan lain (Puspoprodjo & Laila, 2021).

Berdasarkan wawancara singkat dengan sopir truk box bernama Kurniawan dan Panji Irawan menyatakan bahwa titik buta paling besar pada truk box paling besar pada bagian belakang truk. Hal ini karena dimensi truk yang besar dan panjang membuat

bagian belakang menjadi tidak terlihat dari sepion. Hal lain yang menjadi kendala narasumber adalah ketika berkendara di malam hari dimana penglihatan dari sepion tidak terlalu efektif terlebih pada bagian sebelah kiri. Sering kali ketika sedang parkir digudang atau pabrik tempat bongkar muat jika tidak ada yang memberi aba-aba bagian belakang truk sering menabrak pembatas pada pintu sehingga membuat truk menjadi rusak dan sering kali membuat kerugian yang tidak kecil. Pada wawancara tersebut, narasumber menyebutkan bahwa supir truk juga merasa terlalu berat jika membeli peralatan kamera mundur yang dianggap mahal oleh supir truk. Selain itu juga narasumber juga mengutarakan bahwa layar yang menampilkan kondisi dibelakang truk tidak terlalu membantu karena tidak terdapat keterangan jarak dan membuat supir terganggu karena harus membagi fokus untuk memperhitungkan jarak dan melihat layar dan mengoperasikan truk saat mundur.

Dengan teknologi yang berkembang saat ini penggunaan *driving assistant* sudah banyak dikembangkan oleh kampus, lembaga riset hingga perusahaan otomotif besar. Namun untuk kendaraan niaga fitur *blind spot detection* masih jarang disematkan oleh pabrikan. Perpaduan *microcontroller* dengan penggunaan logika fuzzy banyak digunakan untuk membuat sistem serupa baik untuk kendaraan besar seperti truk tangki dan truk dump (Kusuma et al., 2020; Vicky, 2020) Dalam penelitian tersebut telah menggunakan buzzer dan led sebagai output keluaran peingatan untuk pengemudi truk. Selain itu alat *blind spot detection* juga dikembangkan untuk mobil bahkan sepeda motor. Penggunaan logika fuzzy ini dipilih karena logika fuzzy merupakan salah satu logika yang mendekati pola pikir manusia untuk mengambil keputusan serta meluaskan logika boolean menjadi logika multi nilai.

Terdapat tiga metode sistem inferensi fuzzy yaitu Metode Tsukamoto, Metode Mamdani dan Metode Sugeno. Metode Tsukamoto merupakan sistem yang terdiri dari beberapa aturan berbentuk IF dan THEN dengan hasil berupa himpunan fuzzy yang tetap. Metode Mamdani merupakan sistem fuzzy yang menggunakan fungsi min sebagai fungsi implikasi dan fungsi max sebagai pengatur komposisi aturan untuk mendapatkan himpunan fuzzy. Sedangkan Metode Sugeno hampir sama dengan Metode mamdani namun dengan output persamaan linear tidak berupa himpunan fuzzy seperti pada Metode Mamdani. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Pembagian Node Uji Kontroler Input Output (Setiawan, 2019) menunjukkan bahwa Metode Mamdani lebih baik dari

pada metode sugeno karena menunjukkan akurasi yang lebih baik daripada Metode Sugeno. Sehingga pada penelitian ini akan menggunakan Metode Mamdani sebagai metode inferensi fuzzy.

Agar dapat memberikan output yang dapat diterima dengan baik secara kognitif oleh supir truk maka harus ditunjang dengan penggunaan media yang sesuai. Penggunaan audio dan visual yang baik dapat meningkatkan kepekaan pengemudi terkait situasi disekitar kendaraan. Selain itu sistem yang menerapkan penggunaan audio visual yang baik memungkinkan pengemudi untuk membuat keputusan yang tepat sehingga dapat meningkatkan keselamatan berkendara (Hong et al., 2014).

Dari besarnya resiko material dan non material yang dapat terjadi akibat dari blind spot pada truk dan berdasarkan keluhan dari supir truk maka dibutuhkan sebuah sistem untuk memonitor blind spot pada truk box untuk meningkatkan keselamatan berkendara. Maka penelitian ini berfokus pada bagaimana membuat sistem monitor blind spot agar supir dapat mengetahui bahwa ada kendaraan lain yang berada di area blind spot truk. Pada penelitian ini diharapkan mampu untuk menghasilkan sistem yang dapat membantu supir untuk memantau kendaraan yang terdapat di area blind spot serta dapat diimplementasikan secara luas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan masalah yang terdapat di latar belakang maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat sistem pendeteksi objek pada area *blind spot* di truk box yang mampu untuk meningkatkan keamanan berkendara ?
2. Bagaimana cara memberitahu sopir apabila terdapat kendaraan atau objek yang mendekat ke area *blind spot* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari pemaparan yang terdapat pada rumusan masalah maka penelitian ini memiliki tujuan:

1. Membuat prototype sistem pendeteksi objek di area *blind spot* pada kendaraan truk box.
2. Mengetahui cara kerja sistem dalam menyampaikan hasil deteksi kendaraan kepada supir truk box.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan mendapatkan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah keselamatan berkendara bagi truk box dan kendaraan lain dengan adanya prototype sistem yang dapat mendeteksi kendaraan yang berada di area blind spot truk box.
2. Memberikan pengetahuan kepada perusahaan logistik ataupun supir truk tentang pemanfaatan teknologi untuk menunjang keselamatan berkendara.
3. Memberikan tambahan wawasan dan informasi serta rujukan kepada penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan antara lain:

1. Pembangunan prototype sistem deteksi blind spot berfokus kepada truk box dengan dimensi total diatas 6 meter.
2. Deteksi obyek berfokus pada area blind spot terbesar yaitu pada sebelah kiri dan belakang truk box.
3. Penggunaan logika fuzzy sebagai logika pembuat keputusan pada desain prototype sistem.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan penelitian ini terdapat enam bab. Berikut merupakan garis besar penjelsan masing-masing bab yang terdapat pada penelitian ini

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada BAB II ini berisi tentang kajian literatur secara induktif dan deduktif yang berkaitan dengan penelitian ini. Didalam bab ini juga berisi tentang penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki kaitan langsung maupun tidak langsung dengan penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada BAB III berisi tentang bagaimana penelitian ini berjalan. Memuat kerangka penelitian, alur penelitian, subyek dan obyek penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV PEMBANGUNAN DAN PENGUJIAN SISTEM

Pada BAB IV ini memuat bagaimana prototype sistem deteksi obyek di area blind spot ini dibangun. Memuat pembangunan pemrograman menggunakan logika fuzzy, pembangunan hardware, serta pengujian sistem.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada BAB V memuat tentang hasil dan pembahasan mengenai prototype sistem serta membahas dari hasil pengujian sistem yang telah dibuat.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada BAB VI ini memuat kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari pembahasan setiap bab yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Induktif

Kajian secara induktif diperoleh dari hasil *review* publikasi penelitian yang telah dilakukan. Terdapat banyak penelitian yang membahas tentang pembuatan sistem deteksi objek yang sudah dilakukan. Sistem deteksi obyek yang dibuat menggunakan berbagai macam perangkat deteksi seperti perangkat visual ataupun *ultrasonic*. Penggunaan logika fuzzy disandingkan dengan perangkat keras sebagai algoritma untuk mengolah input dari sensor. Kamera yang dipadukan dengan logika fuzzy dapat digunakan untuk *tracking* banyak objek secara simultan sehingga dapat memprediksi error dan memprediksi gerakan selanjutnya (Liang-qun et al., 2018). Penelitian tersebut menunjukkan hasil dari eksperimen di tempat publik sangat efektif dan mampu untuk mengurangi pecahan jalur.

Penggunaan sensor *ultrasonic* yang dipadukan dengan logika fuzzy juga dapat diaplikasikan pada sistem deteksi obyek. Dalam beberapa penelitian penggunaan sensor ultrasonic diaplikasikan untuk mendeteksi jarak obyek hingga arus lalu lintas. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Li et al., 2019) sensor ultrasonic digunakan untuk mendeteksi pengguna jalan lain seperti pejalan kaki, pesepeda dan kendaraan. Dalam penelitian tersebut dihasilkan bahwa sensor dapat mendeteksi berbagai macam obyek dengan akurasi mencapai 86% dan sangat efektif untuk mendeteksi obyek sehingga dapat digunakan sebagai alat asistensi berkendara dan meningkatkan keselamatan berkendara. Selain itu sensor ultrasonic dapat digunakan untuk mengukur jarak obyek yang bergerak dan menampilkan pengukuran jarak pada *liquid crystal display* (LCD) (Gabriel & Kuria, 2020). Dalam penelitian tersebut sensor *ultrasonic* dipadukan dengan sensor infra merah serta perangkat lain yang dapat mengukur jarak. Dari penggunaan gabungan beberapa sensor menunjukkan hasil yang efisien dalam mendeteksi dan mengukur jarak obyek yang mendekat serta sangat presisi dalam mengukur jarak yang kecil.

Didalam penelitian lain, pemanfaatan sensor ultrasonic dapat digunakan sebagai *driver assistant* atau alat pembantu berkendara sebagai sensor parkir pada mobil (Sari et al., 2022). Sensor ultrasonic yang digunakan dalam penelitian tersebut diletakkan pada area *blind spot* kendaraan. Tujuan dari pembuatan sensor parkir tersebut untuk membantu proses parkir menjadi lebih cepat dan akurat bagi pengemudi pemula ataupun lansia. Selain digunakan pada kendaraan roda empat aplikasi sensor *ultrasonic* dapat digunakan pada kendaraan niaga berupa truk tangki (Kusuma et al., 2020). Didalam penelitian tersebut penggunaan sensor *ultrasonic* ditempatkan pada area *blind spot* yang ada di truk tangki. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan sensor dapat mendeteksi obyek yang berada di area *blind spot* truk dengan peringatan buzzer dan led.

Selain penggunaan di truk tangki penggunaan sensor *ultrasonic* yang digabungkan dengan logika fuzzy dapat diaplikasikan di kendaraan truk dump (Vicky, 2020). Pada penelitian tersebut digunakan lima sensor *ultrasonic* ditempatkan pada sisi depan, kiri, kanan dan dua sensor dibelakang. Penggunaan logika fuzzy sugeno digunakan pada 2 sensor belakang untuk pemrosesan input. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa jarak terdekat dari sensor *blind spot* yang dibuat sebesar 2 cm dan jarak terjauh yang dapat terdeteksi sebesar 300 cm.

Berikut merupakan tabel yang memuat penelitian-penelitian terdahulu yang memiliki yang membahas tentang penggunaan sensor *ultrasonic* dan *fuzzy logic* pada kendaraan:

Tabel 2.1 Kajian Induktif

| No | Nama Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|----|-----------------|---|---------------------|---|
| 1 | (Huang, 2021) | Vehicle Door Opening Control Model Based on a Fuzzy Inference System to Prevent Motorcycle–Vehicle Door Crashes | Fuzzy Logic | Sistem bernama <i>Vehicle Door Opening Model</i> (VDOM) yang dapat mengatur sistem pengunci pintu mobil berdasarkan kecepatan sepeda motor yang mendekat untuk mencegah terjadinya tabrakan dengan pintu mobil secara rasional, reliabel dan konsisten. |
| 2 | (Rahmat et al., | Sistem Penghingar | <i>Fuzzy logic.</i> | Dari sistem yang |

| No | Nama Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|-------|---------------------|--|-------------------------------|---|
| 2020) | | Tabrakan Depan Belakang Kooperatif Berbasis Logika Fuzzy | | dibangun menunjukkan hasil kendali sesuai dengan desain dengan keberhasilan sebesar 75 % pada <i>line keeping assistance</i> dan 88,9% pada CRCAS. Sistem yang dibangun dapat mendeteksi kendaraan dengan kecepatan yang berbeda dan dapat mendeteksi jarak kendaraan. |
| 3 | (Sari et al., 2022) | Prototype Sensor Parking Otomatis Pada Area Blind-Spot Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler | <i>Prototyping</i> | Sebuah sistem peringatan bagi pengemudi tentang jarak antar kendaraan. Jarak akurat yang dapat dideteksi oleh sensor pada sistem ini adalah 2-40 cm. Selain itu sistem ini dapat membantu pengemudi pemula dan pengemudi lansia untuk memarkirkan mobil. |
| 4 | (Shao et al., 2018) | A Grid Projection Method Based On Ultrasonic Sensor For Parking Space Detection | <i>Grid projection method</i> | Sistem bantu parkir yang dapat membantu pengemudi parkir paralel ataupun parkir tegak lurus menggunakan bantuan sensor <i>ultrasonic</i> . Dengan metode <i>grid projection</i> sistem dapat menghitung ukuran dari tempat parkir. Metode <i>grid projection</i> ini hanya dipengaruhi oleh ukuran tempat parkir. Untuk parkir paralel didapatkan error |

| No | Nama Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|----|-----------------------|--|--|---|
| 5 | (Kusuma et al., 2020) | Rancang Bangun Alat Blind Spot Area Pada Kendaraan Truck Tangki Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno | <i>Prototyping</i> dan Uji responsif deteksi alat terhadap obyek | sebesar 0.2 m karena keterbatasan tempat yang sangat minim. Sedangkan untuk parkir tegak lurus sistem dapat mendeteksi ukuran tempat parkir secara akurat. |
| 6 | (Vicky, 2020) | Sistem Pendeteksi Objek Pada Area Blind Spot Dump Truck Menggunakan Fuzzy Logic Dengan Metode Sugeno | Metode Fuzzy Sugeno | Dihasilkan prototype yang dapat mendeteksi obyek yang berada di area <i>blind spot</i> truk tangki. Prototype tersebut menggunakan sensor <i>ultrasonic</i> sebagai input dan menggunakan LED dan buzzer sebagai output pemberi peringatan kepada supir truk tangki. Sistem deteksi <i>blind spot</i> untuk kendaraan truk dump dengan sensor <i>ultasonic</i> sebagai input dan penggunaan logika fuzzy sugeno sebagai logika pembuat keputusan. Output dari sistem ini berupa led dan buzzer yang digunakan untuk memperingatkan pengemudi truk dump. Sistem ini dapat mendeteksi obyek dengan jarak minimum 2 cm dan jarak maksimum 300 cm. |
| 7 | (Trinovat, 2018) | Rancang Bangun Sistem Pengereman Otomatis Dan Blind Spot Warning Pada | Experimental | Dihasilkan sebuah alat yang diintegrasikan di helm untuk sistem peringatan <i>blind spot</i> |

| No | Nama Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|----|----------------------|---|--|--|
| | | Sepeda Motor Berbasis Arduino Uno | | dan sebagai sistem pengereman otomatis. Alat ini menggunakan sensor <i>ultrasonic</i> sebagai input dan buzzer sebagai output untuk memberikan peringatan kepada pengendara sepeda motor. Selain itu output berupa motor DC digunakan sebagai mekanisme untuk menjalankan pengereman otomatis berdasarkan jarak obyek yang berada didepan sepeda motor. |
| 8 | (Liu et al., 2017) | A radar-based blind spot detection and warning system for driver assistance | <i>Smallest averaging false-alarm rate (CGSA-CFAR) detector.</i> | and Sistem deteksi <i>blind spot</i> yang dipasang di mobil sebagai wahana uji coba dapat digunakan pada siang ataupun malam hari. Sistem tersebut dapat memberikan rating peringatan awal di siang hari mencapai 98.38% dan pada malam hari sebesar 98.34%. Dari sistem radar menunjukkan tingkat akurasi deteksi obyek dan peringatan awal untuk pengemudi lebih efektif daripada sistem deteksi yang berbasis visual. |
| 9 | (Adnan et al., 2020) | Vehicle Blind Spot Monitoring Phenomenon using Ultrasonic Sensor | <i>Vehicle Blind Spot Monitoring System (VBMS)</i> | Prototype berdasarkan sistem VBMS menunjukkan hasil yang efektif dalam pengujian secara nyata dalam kondisi statis, kecepatan berubah, dan mendahului. |

| No | Nama Peneliti | Judul | Metode | Hasil |
|----|---------------------|---|---|---|
| 10 | (Hyun et al., 2017) | Design And Development Of Automotive Blind Spot Detection Radar System Based On Roi Pre-Processing Scheme | <i>Region Of Interest (ROI) pre-processing scheme</i> | <p>Sensor <i>ultrasonic</i> dapat diatur sesuai dengan tinggi atau rendahnya potensi bahaya di area blind spot. Berdasarkan data yang didapatkan diketahui bahwa semua obyek target dapat termonitor oleh sistem.</p> <p>Dari prototype yang dibuat menunjukkan penurunan waktu proses sebesar 52.4% pada 16 jangkauan ROI dan 5 jangkauan <i>doppler</i> ROI pada pengujian di jalan secara nyata. Dalam pengujian di jalan raya menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi dengan baik berbagai target seperti mobil, sepeda, pejalan kaki bahkan kendaraan yang menyalip pada kecepatan 70 km/h. Dari hasil pegujian dan data yang diperoleh maka sistem yang dibangun dapat digunakan sebagai alat keamanan berkendara dengan harga yang kompetitif.</p> |

2.2 Kajian Dedeuktif

2.2.1 Prototyping

Prototype merupakan bentuk fisik dari sebuah sistem maupun sub sistem. *Prototype* berfungsi sebagai versi awal dari sistem maupun komponen yang menggambarkan kebutuhan berdasarkan komponen atau sistem yang sebenarnya (Ogedebe & Jacob, 2012). *Prototype* dapat berbentuk *paper based* atau *computer based*, sedangkan proses pembangunan *prototype* ini dinamakan *prototyping*. *Prototyping* dapat digunakan pada pengembangan sistem baik sistem besar maupun kecil dengan tujuan agar proses pembangunan sistem dapat selesai tepat waktu (Purnomo, 2017). Dalam pembangunan *prototype* ini terdapat empat metodologi yaitu:

1. Ilustratif merupakan metodologi *prototype* yang menghasilkan mookup ataupun gambar.
2. Simulatif merupakan metodologi *prototype* yang mensimulasikan fungsi sistem tanpa menggunakan data nyata dan belum diimplementasikan.
3. Fungsional merupakan metodologi *prototype* yang menunjukkan cara kerja sistem secara nyata dengan data nyata namun belum diimplementasikan.
4. Evolusioner merupakan metodologi *prototype* yang menghasilkan model yang merupakan bagian dari sistem yang telah beroperasi.

Selain itu *prototyping* memungkinkan pengembang sistem untuk memperoleh informasi kebutuhan pengguna dengan interaksi pengguna dengan *prototype* yang dibuat. *Prototyping* merupakan salah satu cara agar pengembang sistem dapat membuat model dari sistem yang akan dibuat (Ogedebe & Jacob, 2012). Proses *prototyping* dimulai dengan mempertemukan pengembang dengan pengguna untuk menentukan kebutuhan sistem berupa tujuan, fungsi dan persyaratan performa sistem. Berikut merupakan urutan dalam proses *prototyping* :

1. Penentuan kebutuhan sistem.
2. Desain cepat.
3. Pembuatan *prototype*.
4. Evaluasi dan perbaikan.
5. *Engineer the product*.

Penentuan kebutuhan sistem merupakan langkah paling penting dimana pengguna dan pengembang bertemu untuk menentukan tujuan, fungsi serta persyaratan sistem yang akan dibuat. Informasi yang diperoleh dari proses ini akan digunakan sebagai outline dalam pembangunan prototype. Desain cepat merupakan proses yang berfokus untuk menggambarkan prototype berdasarkan sudut pandang dari pengguna meliputi input, proses dan output.

Dari proses desain cepat selanjutnya adalah proses pembangunan *prototype*. Prototype yang sudah dibangun akan diuji dan dievaluasi oleh pengguna. Dari hasil uji dan evaluasi kemudian menjadi masukan perbaikan untuk menyesuaikan kebutuhan dari pengguna. Proses pembuatan prototype dan evaluasi akan berulang sampai pengguna merasa sesuai dengan kebutuhan. Setelah pengguna merasa sesuai maka proses selanjutnya adalah membuat produk secara nyata.

2.2.2 *Blind Spot*

Titik buta atau *blind spot* merupakan sebuah area yang tidak terpantau oleh pengemudi kendaraan baik secara langsung maupun melalui kaca sepion (Trinovat, 2018). Adanya *blind spot* atau titik buta ini disebabkan oleh keterbatasan jangkauan kaca sepion, dimensi kendaraan ataupun obyek lain seperti kendaraan lain, rambu lalu lintas dan sebagainya. Bagian belakang kendaraan merupakan area dengan *blind spot* terbesar karena tidak dapat terpantau oleh kaca sepion.

Dengan adanya *blind spot* pada kendaraan ini dapat menyebabkan pengemudi gagal untuk memperkirakan potensi bahaya karena kendaraan lain yang memasuki area *blind spot*. Fisik dari pengemudi dapat mempengaruhi area blind spot selain ukuran dari kendaraan. Selain itu kendaraan yang memiliki ukuran besar seperti truk dan bus memiliki area *blind spot* yang lebih besar daripada kendaraan standar (Adnan et al., 2020).

2.2.3 *Blind Spot Detection System*

Sistem deteksi blind spot merupakan sebuah sistem yang dapat mendeteksi obyek yang berada di area blind spot kendaraan (Liu et al., 2017). Sistem deteksi blind spot ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dari pengemudi pada kendaraan yang mendekat ke area blind spot agar terhindar dari tabrakan (Hyun et al., 2017). Sistem ini dikembangkan untuk menjawab permasalahan terkait jangkauan area yang terlihat dari sepion kendaraan.

Sistem deteksi blind spot secara umum menggunakan sensor aktif seperti kamera, radar, laser, infrared untuk mendeteksi jarak obyek target. Namun sensor yang paling banyak digunakan pada sistem ini adalah sensor kamera dan radar (Hyun et al., 2017). Sensor kamera sangat baik jika digunakan untuk pengenalan visual namun sangat dipengaruhi oleh kondisi eksternal seperti pencahayaan, cuaca, kondisi lingkungan. Disisi lain sensor radar atau ultrasonic merupakan perangkat yang murah dan dapat mendeteksi jarak obyek yang tidak terlalu jauh. Namun sensor ultrasonic ini memiliki kekurangan tidak dapat memberitahu bentuk dan ukuran obyek yang dideteksi jika menggunakan metode tradisional (Shao et al., 2018).

Sistem deteksi blind spot ini telah dikembangkan oleh perusahaan otomotif terkemuka. Seperti Volo dengan Blind Spot Information System (BSIS), Audi dengan Audi Side Assist (ASA) dan Blind Spot Monitoring (BSM) yang digunakan oleh Mitsubishi, Toyota dan Mazda (Adnan et al., 2020).

2.2.4 *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic adalah sebuah konsep logika yang dapat membuat keputusan rasional pada kondisi tidak menentu dan tidak pasti. Logika fuzzy menggunakan pendekatan perkiraan daripada pendekatan pasti. Sehingga logika fuzzy memiliki kemampuan untuk memperkirakan jawaban dari persoalan yang tidak tepat, tidak lengkap atau tidak sepenuhnya dapat dipercaya (Zadeh, 1988). Logika fuzzy tercipta karena logika klasik yang hanya menggunakan nilai 0 sebagai salah dan 1 sebagai benar tidak dapat menyelesaikan masalah multi nilai yang banyak ditemui (Ross, 2010).

Logika fuzzy terdapat himpunan yang memuat obyek yang memiliki ketidakakuratan sifat keanggotaan yang disebut himpunan fuzzy dan keanggotaan dari obyek didalam himpunan fuzzy dapat diperkirakan (Ross, 2010). Himpunan fuzzy ini juga berfungsi sebagai penyedia cara matematis untuk menyelesaikan ketidakpastian yang timbul dari ketidakjelasan pada sistem humanis (Hooda & Raich, 2017). Pengembangan logika fuzzy melalui beberapa tahapan yaitu fuzzyfikasi, inferensi, dan defuzzyfikasi (Yunardi et al., 2018).

Menurut (Kusumadewi & Purnomo, 2004), dalam memahami sistem fuzzy terdapat beberapa hal yang perlu diketahui antara lain:

- a. Variabel Fuzzy, yaitu variabel yang dibahas didalam sistem fuzzy. Misalkan suhu, kelembaban, permintaan, penjualan, dsb.
- b. Himpunan Fuzzy, yaitu sekumpulan yang mewakili kondisi atau keadaan dalam sebuah variabel fuzzy.
- c. Semesta Pembicaraan, yaitu keseluruhan nilai yang diperolehkan untuk beroperasi pada suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang nilainya selalu naik. Nilai dari semesta pembicaraan dapat berupa nilai positif atau negatif.
- d. Domain, yaitu keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh beroperasi pada suatu variabel fuzzy. Domain merupakan himpunan bilangan *real* yang nilainya selalu naik. Nilai dari domain dapat berupa nilai positif atau negatif.

A. Preposisi Fuzzy

Logika fuzzy memiliki preposisi yang disimbolkan dalam P (Ross, 2010). Preposisi logika fuzzy adalah pernyataan yang meliputi konsep dengan definisi batasan yang tidak jelas. Pernyataan linguistik untuk mengutarakan ide subjektif dan dapat diartikan secara berbeda-beda atau ambigu termasuk didalam preposisi fuzzy. Nilai kebenaran yang didefinisikan sebagai P dapat berada pada interval 0 dan 1. Definisi nilai kebenaran suatu preposisi merupakan pemetaan dari interval $[0, 1]$ kedalam semesta nilai kebenaran T seperti pada persamaan:

$$T: u \in U \rightarrow (0,1) \quad (2.1)$$

Preposisi fuzzy dapat dimasukkan kedalam himpunan fuzzy. Proposisi P dapat masuk kedalam himpunan fuzzy A, maka nilai kebenaran suatu proposisi dapat dinotasikan sebagai $T(P)$ seperti persamaan:

$$T(P) = \mu_A(x), 0 \leq \mu_A \leq 1 \quad (2.2)$$

Pada persamaan menunjukkan derajat kebenaran dari preposisi $P : x \in A$ sama dengan anggota dari x di himpunan fuzzy A.

B. Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan sebuah himpunan yang memiliki ketidak jelasan, ambiguitas mengenai batas keanggotaan himpunan (Ross, 2010). Keanggotaan dari himpunan fuzzy ini ditentukan dengan sebuah fungsi yang disebut fungsi keanggotaan yang dapat mendeskripsikan ketidak jelasan dan abiguitas. Dalam himpunan fuzzy, elemen anggota memiliki derajat keanggotaan (μ) sehingga memungkinkan beberapa elemen berada didalam himpunan fuzzy lain dalam semesta yang sama. Misal derajat keanggotaan x didalam himpunan fuzzy A dapat dinotasikan sebagai berikut:

$$\mu_a(x) \in [0,1] \quad (2.3)$$

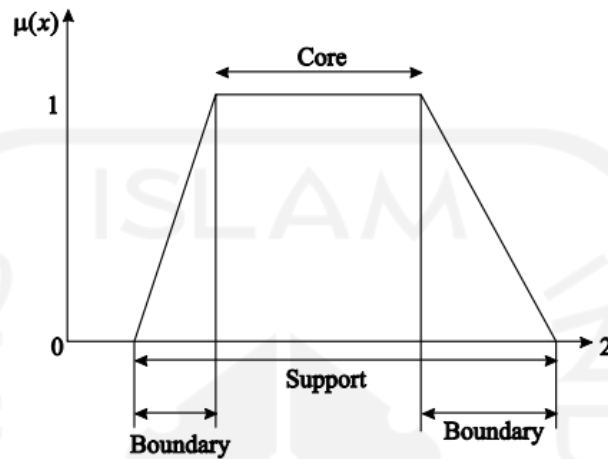
Simbol $\mu_A(x)$ merupakan nilai dari derajat keanggotaan x pada interval 0 sampai 1 yang menandakan bahwa emelen x merupakan anggota himpunan fuzzy A. Oleh karena itu maka himpunan fuzzy A pada semesta x dapat dituliskan dengan persamaan:

$$A = \{x, \mu_a(x) : x \in X\} \quad (2.4)$$

C. Fungsi Keanggotaan

Pada logika fuzzy terdapat fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan memiliki tiga bagian yaitu *core*, *support* dan *boundary* (Hooda & Raich, 2017). *Core* merupakan wilayah dengan sifat keanggotaan penuh pada himpunan fuzzy. Pada himpunan fuzzy A *core* dapat dinotasikan kedalam fungsi $\mu_A(x) = 1$. *Support* merupakan wilayah dengan anggota yang memiliki sifat bukan nol. Pada himpunan fuzzy A dapat dinotasikan

kedalam $\mu_A(x) > 0$. *Boundary* merupakan wilayah dengan anggota yang memiliki sifat bukan nol namun tidak memiliki sifat keanggotaan penuh. Dalam himpunan fuzzy A dapat dinotasikan sebagai $0 < \mu_A(x) < 1$.



Gambar 2.1 Bagian Fungsi Keanggotaan

Sumber: Hooda & Raich, 2017

Himpunan fuzzy berada didalam himpunan semesta bilangan real dapat didefinisikan melalui persamaan matematis dengan parameter-parameter tertentu sebagai berikut:

a. Fungsi keanggotaan segitiga

Merupakan fungsi keanggotaan yang memiliki tiga bilangan fuzzy didalam himpunan seperti $A = (a_1, a_2, a_3)$ (Hooda & Raich, 2017). Fungsi keanggotaan segitiga ini dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (2.5)$$

Dimana:

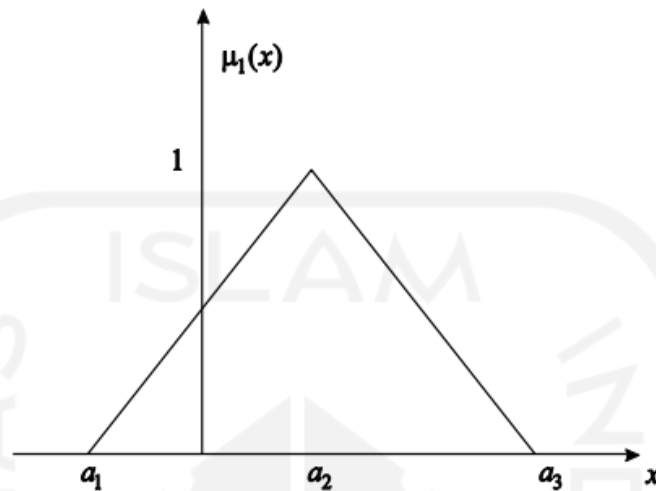
a_1 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol.

a_2 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu.

a_3 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol.

x = Nilai input yang akan diubah ke bilangan fuzzy.

Dari persamaan tersebut maka didapatkan grafik seperti gambar berikut:



Gambar 2.2 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga

Sumber: Hooda & Raich, 2017

b. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Merupakan fungsi keanggotaan yang memiliki empat bilangan fuzzy didalam himpunan seperti $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ (Hooda & Raich, 2017).

Fungsi keanggotaan trapesium ini ditunjukkan dengan persamaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (2.6)$$

Dimana:

a_1 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol.

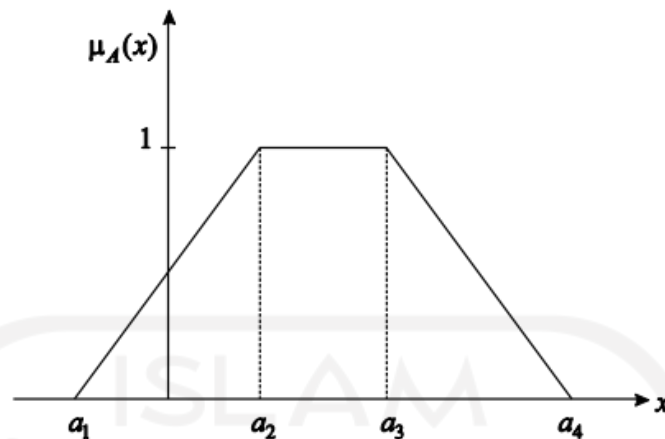
a_2 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu.

a_3 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu.

a_4 = Nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol.

x = Nilai input yang akan diubah ke bilangan fuzzy.

Dari persamaan tersebut maka dapat digambarkan grafik seperti pada gambar:



Gambar 2.3 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium

Sumber: Hooda & Raich, 2017

c. Fungsi Keanggotaan Gaussian

Merupakan fungsi keanggotaan yang terbentuk dari dua parameter yaitu σ dan c dimana c adalah titik tengah dari fungsi keanggotaan yang memiliki nilai derajat keanggotaan satu dan σ merupakan nilai konstan pada fungsi keanggotaan (Ross, 2010). Persamaan fungsi keanggotaan gaussian adalah sebagai berikut:

$$\mu(x) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2\right) \quad (2.7)$$

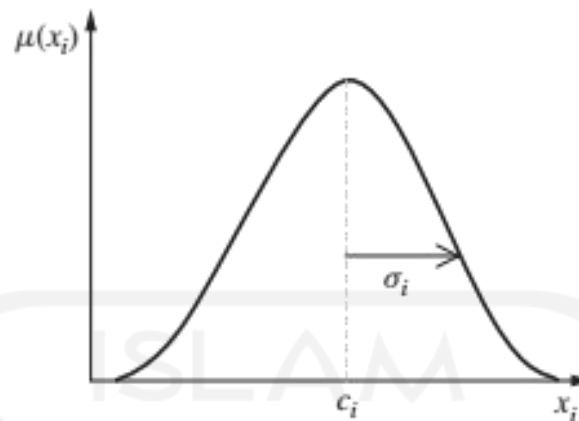
Dimana:

x = nilai input yang akan diubah ke bilangan fuzzy.

c = nilai tengah fungsi keanggotaan dengan derajat keanggotaan satu.

σ = nilai konstan pada fungsi keanggotaan.

Dari persamaan tersebut maka didapatkan grafik seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Grafik Fungsi Keanggotaan Gaussian

Sumber: Hooda & Raich, 2017

D. Operasi Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy memiliki beberapa operasi standar selayaknya himpunan klasik (Jang et al., 1997). Terdapat operator dasar pada himpunan fuzzy antara lain:

1. Gabungan

Operator gabungan atau union mendapatkan himpunan hasil dengan memilih nilai maksimal dari elemen anggota himpunan-himpunan yang digabungkan. Operator gabungan ini dapat dihubungkan dengan logika OR. Misalkan himpunan fuzzy C merupakan gabungan dari himpunan fuzzy A dan B secara simbolis dapat ditulis sebagai: $C = A \cup B$ atau $C = A \text{ OR } B$. Sehingga pada fungsi keanggotaan himpunan fuzzy C dapat ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \mu_C(x) &= \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \text{ atau} \\ \mu_C(x) &= \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \end{aligned} \quad (2.8)$$

Dimana:

μ_C = Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy C

μ_A = Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy A

μ_B = Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy B

\vee = Simbol logika OR

2. Irisan

Operator irisan merupakan operator yang mendapatkan hasil dengan memilih nilai minimum dari elemen anggota himpunan-himpunan yang diiriskan. Operator irisan berhubungan dengan logika AND. Misalkan himpunan fuzzy C merupakan irisan dari himpunan fuzzy A dan B secara simbolis dapat dituliskan sebagai $C = A \cap B$ atau $C = A \text{ AND } B$. Sehingga pada fungsi keanggotaan himpunan fuzzy C dapat ditulis dengan persamaan:

$$\begin{aligned} \mu_C(x) &= \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \text{ atau} \\ \mu_C(x) &= \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \end{aligned} \quad (2.9)$$

Dimana:

\wedge = Simbol logika AND

3. Komplemen

Operator komplemen merupakan operator yang mendapatkan hasil dengan mengurangi nilai dari elemen anggota himpunan. Operator komplemen memiliki hubungan dengan logika NOT. Misalkan himpunan fuzzy A memiliki komplemen \bar{A} secara simbolis dapat dituliskan sebagai $\bar{A} = \text{NOT } A$. Sehingga pada fungsi keanggotaan himpunan fuzzy \bar{A} dapat ditulis dengan persamaan:

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x) \quad (2.10)$$

E. Fuzzyfikasi

Merupakan proses pembentukan variabel fuzzy dari variabel *crisp* untuk mendapatkan derajat keanggotaan pada setiap masukan (Yunardi et al., 2018). Proses fuzzyfikasi ini mengidentifikasi ketidakpastian, ambiguitas, ketidaktepatan pada nilai *crisp* kemudian merubah kedalam bilangan fuzzy (Hooda & Raich, 2017; Ross, 2010). Proses perubahan bilangan *crisp* menjadi bilangan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Proses fuzzyfikasi dapat digunakan untuk merubah input yang dihasilkan oleh sensor ataupun hardware agar dapat digunakan pada sistem inferensi fuzzy atau pada sistem berbasis aturan pada sistem kontrol fuzzy. Selain itu proses fuzzyfikasi dapat digunakan untuk sistem

yang memiliki input data statistik ataupun data numerik sehingga dapat digunakan untuk sistem berbasis fuzzy.

F. Defuzzyfikasi

Merupakan proses perubahan variabel fuzzy menjadi variabel *crisp* atau persamaan. Output dari proses fuzzy dapat berupa logika tunggal dari dua atau lebih fungsi keanggotaan sebagai variabel output (Ross, 2010). Dalam proses defuzzyfikasi terdapat tujuh metode yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

1. Prinsip *Max Membership*

Metode ini dikenal juga sebagai *Height Method* (Ross, 2010). Metode ini memiliki keterbatasan pada fungsi yang memuncak. Adapun metode ini dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\mu_C(z^*) \geq \mu_C(z) \text{ untuk semua } z \in Z \quad (2.11)$$

2. Metode *Centeroid*

Merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk proses defuzzyfikasi (Ross, 2010). Metode ini dapat dituliskan dalam persamaan:

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z) z dx}{\int \mu_C(z) dx} \quad (2.12)$$

3. Metode *Weight Average*

Metode *weight average* merupakan metode yang paling banyak digunakan pada sistem fuzzy karena merupakan salah satu metode yang paling efisien dalam proses komputasi (Ross, 2010). Selain itu metode ini tidak dapat digunakan pada fungsi keanggotaan asimetris dan hanya dapat digunakan untuk fungsi keanggotaan simetris (Hooda & Raich, 2017). Metode ini dapat dituliskan dalam persamaan:

$$z^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})} \quad (2.13)$$

4. *Mean Max Membership*

Metode ini juga sering disebut sebagai metode *mean maxima* (Ross, 2010). Metode ini berkaitan dengan metode *max membership* namun jumlah keanggotaan maksimum tidak harus unik. Adapun metode ini dapat dituliskan dalam persamaan:

$$z^* = \frac{a + b}{2} \quad (2.14)$$

Dimana a dan b merupakan jangkauan maksimum fungsi keanggotaan.

5. *Center of Sums*

Merupakan metode tercepat dalam proses defuzzyfikasi. Metode ini dapat digunakan pada fungsi keanggotaan simetris (Ross, 2010). Metode ini melibatkan jumlah aljabar dari himpunan fuzzy dengan output individu dari pada union-nya. Metode ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\sum_{k=1}^n \mu_{C_k}(z) \int_z \bar{z} dz}{\sum_{k=1}^n \mu_{C_k}(z) \int_z dz} \quad (2.15)$$

6. *Center of Largest Area*

Jika himpunan fuzzy memiliki dua sub daerah cembung, maka seluruh titik berat dari sub daerah dengan luas terbesar dapat digunakan untuk menghitung nilai defuzzyfikasi (Ross, 2010). Adapun metode ini dapat dituliskan dalam persamaan:

$$z^* = \frac{\int \mu_{C_m}(z) z dz}{\int \mu_{C_m}(z) dz} \quad (2.16)$$

Dimana C_m merupakan daerah cembung terbesar. Nilai z^* pada metode ini sama seperti nilai z^* yang dihasilkan pada metode *centroid*. Selain itu metode ini dapat digunakan pada daerah non-cembung.

7. *First or Last of Maxima*

Merupakan metode yang menggunakan kereluruhan output atau union dari seluruh himpunan fuzzy C_k untuk menentukan nilai terkecil dari domain dengan memaksimalkan derajat keanggotaan C_k (Ross, 2010). Metode ini diawali dengan mencari tinggi dari union yang disimbolkan dalam $\text{hgt}(C_k)$ dengan persamaan:

$$hgt(C_k) = \underset{z \in Z}{Supremum} \mu_{C_k}(z) \quad (2.17)$$

Kemudian nilai pertama dari maxima dapat ditemukan dengan persamaan:

$$z * = \underset{z \in Z}{infimum} (z \in Z | \mu_{C_k}(z) = hgt(C_k)) \quad (2.18)$$

Adapun persamaan dari metode *last of maxima* adalah sebagai berikut:

$$z * = \underset{z \in Z}{supremum} (z \in Z | \mu_{C_k}(z) = hgt(C_k)) \quad (2.19)$$

Dalam persamaan diatas supremum merupakan batas atas dan infimum merupakan batas bawah.

2.2.5 Fuzzy Inference System

Fuzzy Inference System merupakan sebuah *framework* komputer yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy IF-THEN dan penalaran fuzzy (Jang et al., 1997). Pada sistem aturan fuzzy menggunakan aturan linguistik yang dapat dimengerti oleh manusia dengan expresi:

IF premis (pendahuluan), THEN kesimpulan (konsekuen)

Pendahuluan merupakan premis yang mengikuti IF dan berlaku sebagai input, sedangkan konsekuen merupakan kesimpulan yang mengikuti THEN dan berlaku sebagai output. Fuzzy Inference System sudah diaplikasikan dibanyak bidang seperti sistem kontroler otomatis, klasifikasi data, analisis keputusan, *expert system*, *time series prediction*, robotic dan pengenalan pola. Pada sistem ini terdiri dari tiga struktur dasar antara lain (Jang et al., 1997):

1. Rule base, yaitu bagian yang mendefinisikan aturan-aturan yang digunakan.
2. Database atau Dictionary, merupakan bagian yang mendefinisikan fungsi keanggotaan dari setiap aturan yang digunakan.
3. Mekanisme penalaran, yaitu bagian yang melakukan proses inferensi berdasarkan aturan yang telah dibuat untuk memberikan output rasional atau kesimpulan.

Terdapat tiga model dari *fuzzy inference system*, yaitu model Mamdani, model Sugeno dan model Tsukamoto. Berikut merupakan penjelasan dari setiap model dari *fuzzy inference system* (Jang et al., 1997):

1. Model Mamdani

Model Mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Model ini juga dikenal dengan model Max-Min (Suardika et al., 2018). Model ini pertama kali diterapkan untuk mengontrol kombinasi boiler dan mesin uap berdasarkan aturan linguistik dari pengalaman operator (Jang et al., 1997). Karena Model Mamdani menggunakan aturan linguistik maka model ini memiliki bentuk preposisi sebagai berikut:

$$IF x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B \quad (2.20)$$

Dimana:

x = Input

y = Output

A dan B = Himpunan fuzzy

Aturan linguistik IF-THEN tersebut dapat diluaskan dengan operator fuzzy menjadi

$$IF x_1 \text{ is } A_1^k \text{ o } x_2 \text{ is } A_2^k, \text{ THEN } y^k \text{ is } B^k \quad (2.21)$$

Dimana:

x_1 dan x_2 = input

A_1^k dan A_2^k = himpunan fuzzy A input ke-k

y^k = output

B^k = himpunan fuzzy B output ke-k

o = operator himpunan fuzzy

Pada model Mamdani proses defuzzyfikasi dapat menggunakan metode *Centeroid*, *Center of Largest Area*, *Mean Max Membership*, *First or Last of Maxima*.

2. Model Sugeno

Model Fuzzy Sugeno pertama kali dikenalkan oleh Takagi, Sugeno dan Kang pada tahun 1985 sehingga metode ini sering disebut sebagai Metode Fuzzy TSK. Metode ini hadir dengan latar belakang untuk menghadirkan langkah sistematis untuk mendapatkan aturan fuzzy dari data input dan output (Jang et al., 1997; Ross, 2010). Secara umum berikut merupakan bentuk dari preposisi yang ada pada model Sugeno:

$$IF\ x\ is\ A \wedge\ y\ is\ B, THEN\ z\ is\ z = f(x, y) \quad (2.22)$$

Pada model Sugeno ini output yang dihasilkan dapat berupa konstanta atau sebuah fungsi $z = f(x,y)$. Fungsi $f(x,y)$ secara umum berbentuk persamaan linear dengan input x dan y . Namun fungsi $f(x,y)$ dapat berupa persamaan umum selama mendeskripsikan output pada wilayah input aturan yang digunakan (Jang et al., 1997; Ross, 2010). Pada model Sugeno dibagi menjadi dua model yaitu:

a. Model Sugeno Orde Nol

Model Sugeno orde nol adalah model sugeno yang memiliki output f berupa konstanta. Model Sugeno orde nol memiliki bentuk:

$$IF\ x\ is\ A \wedge\ y\ is\ B, THEN\ z\ is\ z = f(k) \quad (2.23)$$

Karena model Sugeno orde nol ini memiliki output berupa konstanta maka model Sugeno orde nol bisa dilihat sebagai kasus khusus pada model Mamdani.

b. Model Sugeno Orde Satu

Model sugeno orde satu adalah model Sugeno yang memiliki output f berupa persamaan linear suku banyak. Model Sugeno orde satu memiliki bentuk

$$IF\ x\ is\ A \wedge\ y\ is\ B, THEN\ z\ is\ z = f(x, y) \quad (2.24)$$

Model Sugeno menggunakan metode *weighted average* sebagai metode dalam proses defuzzyfikasi. Metode ini digunakan karena lebih cepat daripada metode defuzzyfikasi yang digunakan pada model Mamdani. Sering kali metode *weighted sum* digunakan untuk menggantikan metode *weighted average* untuk mengurangi perhitungan lebih lanjut pada proses inferensi sistem fuzzy. Metode defuzzifikasi *weighted sum* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$z = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_n z_n \quad (2.25)$$

Dimana:

z = Nilai defuzzyfikasi total

w_1 = Bobot defuzzyfikasi pertama

z_1 = Nilai defuzzyfikasi pertama

w_2 = Bobot defuzzyfikasi kedua

z_2 = Nilai defuzzyfikasi kedua

w_n = Bobot defuzzyfikasi ke-n

z_n = Nilai defuzzyfikasi ke-n

3. Model Tsukamoto

Model Tsukamoto diperkenalkan oleh Tsukamoto pada tahun 1979. Model ini memiliki kemiripan dengan model Mamdani namun pada model Tsukamoto setiap aturan direpresentasikan sebagai himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan monoton (Jang et al., 1997; Ross, 2010). Fungsi keanggotaan monoton ini dapat disebut sebagai fungsi bahu (*shoulder function*). Proses defuzzyfikasi pada model Tsukamoto ini menggunakan metode *weighted average* untuk setiap output aturan karena setiap aturan pada model ini memiliki output tegas (*crisp*) sehingga dapat mempersingkat proses kalkulasi. Model Tsukamoto jarang digunakan karena metode ini membutuhkan kondisi khusus pada output fungsi keanggotaan. Oleh karena itu model Tsukamoto hanya dapat digunakan pada situasi khusus dan kurang tepat digunakan pada kondisi umum (Ross, 2010).

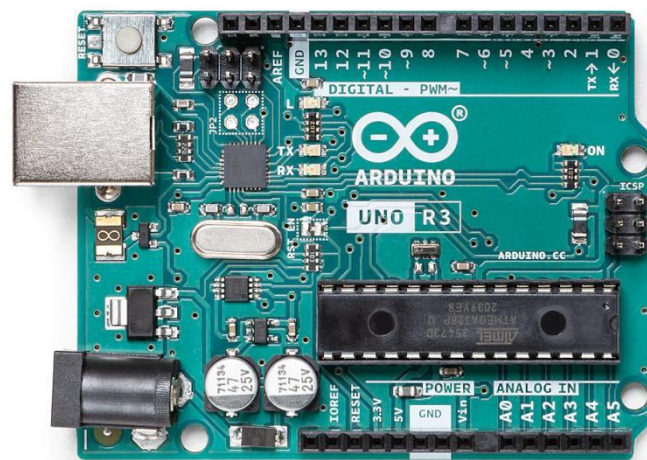
2.2.6 Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 merupakan papan mikrokontroler yang dikembangkan dari mikrokontroler ATmega328P. Arduino Uno R3 memiliki 14 pin digital *input output* (I/O) dimana enam diantaranya dapat digunakan sebagai PWM (*pulse with modulation*). Selain itu arduino uno R3 memiliki enam pin input analog serta lima pin power seperti pin 5 Volt, pin 3.3 Volt, dua pin *ground*, pin *Vin* (Arduino S.r.I, 2022). Arduino uno R3 ini diprogram menggunakan *software* arduino IDE melalui windows atau linux. Arduino uno R3 ini dapat diaplikasikan sebagai prosesor pada sistem otomasi didalam berbagai industri.

Arduino uno R3 ini dapat digunakan sebagai kendali dari sensor digital atau analog berkat adanya pin digital dan pin analog. Arduino uno R3 dapat dipasangkan dengan *shiled* yang sudah banyak beredar dipasaran sebagai alat tambahan untuk mengontrol sebuah output seperti motor dc dan motor servo. Berikut merupakan spesifikasi teknis Arduino uno R3 berdasarkan *datasheet* yang ada (Arduino S.r.I, 2022):

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Uno R3

| Parameter | Spesifikasi |
|-----------------------------|--------------------|
| Mikrokontroler | Atmega328 |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Tegangan input (disarankan) | 7-12 volt |
| Tegangan input (maksimal) | 6-20 volt |
| Memori Flash | 32 KB |
| SRAM | 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Digital I/O | 14 pin (6 pin PWM) |
| Analog I/O | 6 pin |



Gambar 2.5 Arduino Uno R3

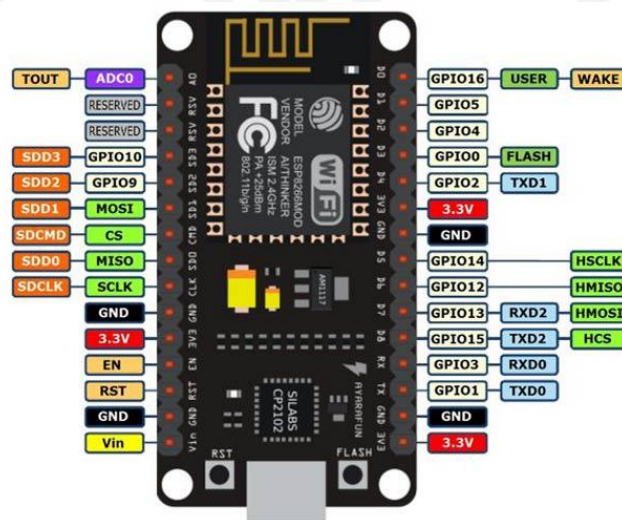
Sumber: www.arduino.cc

2.2.7 NodeMCU ESP 8266

Nodemcu ESP 8266 adalah sebuah minimum sistem *development board* dengan chip Tensilica L106 32-bit sebagai otak pemrosesan program. Nodemcu dilengkapi dengan perangkat wi-fi sehingga dapat terhubung ke jaringan internet dan dapat digunakan sebagai perangkat *Internet of Things* (IoT). Nodemcu memiliki memori flash hingga 16 MB dan ram sebesar 64 kB. Nodemcu juga memiliki 30 pin namun hanya 16 pin yang dapat digunakan untuk pengembangan (Espressif Systems, 2022). Perangkat nodemcu bekerja pada tegangan output 3.3 volt dan dapat disupply tegangan dari 7 sampai 12 volt. Berikut merupakan spesifikasi dari nodemcu esp 8266:

Tabel 2.3 Spesifikasi NodeMCU ESP 6266

| Parameter | Spesifikasi |
|-----------------------------|----------------|
| Mikrokontroler | Tensilica L106 |
| Clock Speed | 80 MHz |
| Tegangan input (disarankan) | 7-12 volt |
| Memori Flash | 4 MB |
| SRAM | 64 Kb |
| Digital I/O | 15 pin |
| Analog I/O | 1 pin |



Gambar 2.6 NodeMCU ESP 8266

Sumber: www.components101.com

2.2.8 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Merupakan sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mengukur jarak. Sensor ini bekerja dengan cara mengeluarkan gelombang suara ultra sonic dan menerima pantulan dari obyek. Pengukuran jarak dari sensor ini berdasarkan jumlah waktu dari suara ditransmisikan oleh transmitter hingga gelombang diterima oleh receiver (Gupta & Agarwal, 2018). Sensor ini menggunakan gelombang 40 khz yang dapat memantul kembali ke receiver sensor jika mengenai obyek. Sensor ultrasonic HC-SR04 ini memiliki kelebihan yaitu tidak terpengaruhi oleh intensitas cahaya ataupun warna gelap (Gabriel & Kuria, 2020). Sensor HC-SR04 memiliki jangkauan deteksi mulai dari 2 cm hingga 400 cm dengan sudut yang dapat dideteksi maksimal 15°. Adapun spesifikasi teknis dari sensor HC-SR04 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor HC SR04

| Parameter | Nilai |
|--------------------------------|---|
| Tegangan Kerja | 5 VDC |
| Arus Kerja | 15mA |
| Jarak Maksimum | 400 cm |
| Jarak minimum | 2 cm |
| Sudut pengukuran | 15° |
| Sinyal input (<i>triger</i>) | 10 TTL |
| Sinyal Output (<i>echo</i>) | TTL level signal, tergantung jarak |
| Koneksi | VCC, <i>triger</i> , <i>echo</i> , Ground |



Gambar 2.7 Sensor Ultrasonik HC SR04

Sumber: www.tokopedia.com

Pengukuran jarak pada sensor ini didapatkan dari persamaan (Sriani, 2019):

$$S = \frac{344 \times t}{2} \quad (2.26)$$

Dimana:

S = jarak pengukuran (meter)

t = Waktu tempuh gelombang (detik)

Angka 344 pada persamaan diatas merujuk kepada kecepatan gelombang pada saat merambat diudara sebesar 344 ms^{-1} . Sedangkan nilai 2 digunakan karena gelombang memancar dari transmitter ke obyek dan memantul kembali ke receiver sehingga menimbulkan dua kali jarak tempuh (Sriani, 2019).

2.2.9 White Box Testing

White Box Testing merupakan metode pengujian sebuah struktur sistem untuk menemukan *bugs* atau error dalam penulisan kode pemrograman. Metode pengujian ini sangat berguna untuk menguji kompleksitas sebuah algoritma yang dipakai pada sebuah sistem untuk verifikasi fungsi dari sebuah sistem yang dibangun dengan skenario pengujian. Metode uji *white box* memiliki keunggulan yakni efisien untuk menemukan error yang tersembunyi dan optimasi baris kode pemrograman. Namun metode ini juga memiliki kelemahan yaitu tidak dapat membantu menemukan bagian kode yang hilang atau yang tidak diterapkan (Jurj et al., 2018).

Salah satu teknik *white box testing* adalah teknik pengujian jalur dasar atau *basis path*. Teknik ini digunakan untuk menguji kompleksitas dari logika sebuah baris pemrograman berdasarkan alur program (Herlambang et al., 2019). Teknik jalur dasar menggunakan diagram alir dari kode pemrograman dan nilai kompleksitas skilomatik untuk menguji kebenaran struktur program dan kinerja program (Rahayuda & Santiari, 2018). Jalur dasar merupakan sebuah jalur independen yang tidak boleh saling bersilangan dan berulang pada jalur yang sama. Dalam teknik jalur dasar setidaknya setiap jalur harus diuji minimal satu kali (Romeo, 2003). Tahapan dari pengujian jalur dasar adalah sebagai berikut:

1. Membuat *flow graph*.
2. Membuat *cyclomatic complexity (CC)*.

Untuk menentukan nilai *cyclomatic complexity (CC)* digunakan persamaan:

$$V(G) = E - N + 2 \quad (2.27)$$

Dimana:

$V(G)$ = Nilai *cyclomatic complexity (CC)*

E = Jumlah Jalur

N = Jumlah Titik

3. Membuat uji kasus.



BAB III

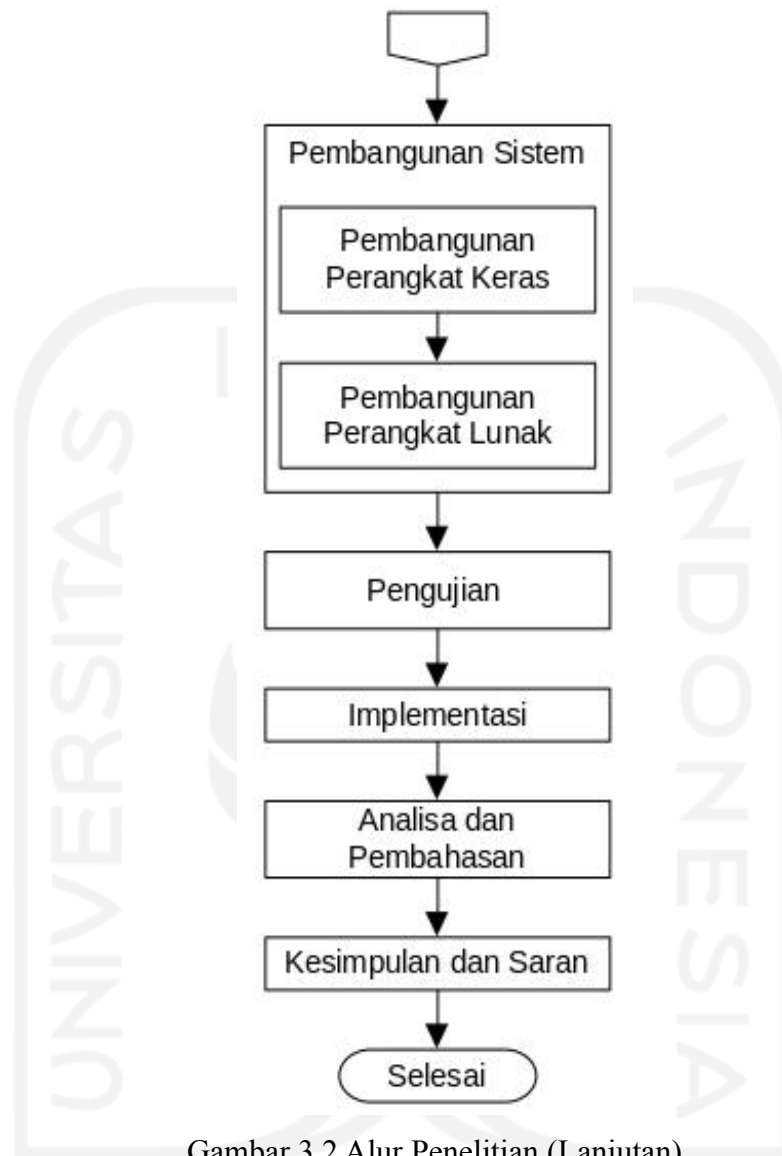
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir dari penelitian ini:



Gambar 3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.2 Alur Penelitian (Lanjutan)

Berikut merupakan penjelasan dari diagram alir pada penelitian ini:

1. Persiapan

Tahap pertama dari penelitian ini adalah persiapan. Pada tahap persiapan ini dilakukan kajian dan studi literatur terhadap penelitian terdahulu, teori pendukung dan metode yang digunakan. Kajian dan studi literatur bersumber dari jurnal, makalah, berita, skripsi, buku dan publikasi ilmiah yang memiliki kaitan dengan penelitian ini.

2. Pengambilan Data

Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data. Jenis data yang diambil berdasarkan referensi dari kajian dan studi literatur pada tahapan sebelumnya. Data yang diambil berupa bagian *blind spot* pada kendaraan truk box, jarak maksimum yang dapat dilihat oleh kaca sepijon truk, dan wawancara kepada pengemudi truk box terkait dengan kendala selama mengemudi truk terkait dengan masalah *blind spot*.

3. Identifikasi Masalah

Kemudian dari hasil wawancara dan observasi maka masalah yang dialami oleh pengemudi truk box dapat diidentifikasi. Dari hasil identifikasi masalah ini maka kemudian akan menjadi acuan dari penelitian.

4. Rumusan Masalah

Dari hasil identifikasi masalah kemudian disusun menjadi rumusan masalah yang kemudian dijadikan sebagai objek penelitian yang dilakukan.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Dari hasil rumusan masalah kemudian masuk kedalam tahapan penentuan tujuan penelitian untuk menentukan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

6. Penentuan Kebutuhan Sistem

Proses *prototyping* sistem yang dibuat dimulai dengan penentuan kebutuhan sistem. Pada tahapan ini seluruh kebutuhan sistem ditentukan. Mulai dari fitur, spesifikasi sensor, fungsionalitas sistem, kebutuhan perangkat keras dan kebutuhan perangkat lunak.

7. Desain Cepat

Setelah kebutuhan sistem ditentukan kemudian masuk kedalam tahapan desain cepat. Proses desain cepat ini menggambarkan input output dari sisi pengguna. Proses desain cepat ini terdapat dua proses yaitu pembuatan skematik dan pembuatan desain input output. Pembuatan skematik memiliki tujuan untuk merutekan alur perkabelan dan susunan komponen pendukung. Pembuatan desain input output bertujuan untuk menjadi acuan untuk pembuatan input output sesungguhnya.

8. Pembangunan Sistem

Selanjutnya adalah tahapan pembangunan sistem. Pada tahapan ini terdapat dua proses yaitu pembuatan perangkat keras dan pembuatan perangkat lunak. Perangkat keras dibuat berdasarkan desain skematik dan desain input output yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian pada pembuatan perangkat lunak dibuat diagram alir logika dan kemudian dilakukan proses penulisan kode.

9. Pengujian

Setelah perangkat keras dan perangkat lunak selesai dibuat maka kemudian dilakukan pengujian untuk menguji fungsi dan ketepatan dari sistem. Pengujian dilakukan menggunakan metode *white box* dengan teknik *basic path*. Dalam proses pengujian perangkat lunak diuji menggunakan beberapa skenario yang telah ditentukan sebelumnya.

10. Implementasi

Setelah proses pengembangan sistem selesai kemudian masuk kedalam tahapan implementasi dimana prototype sistem yang dibuat diimplementasikan.

11. Analisa dan Pembahasan

Kemudian hasil pengujian dan implementasi dilakukan proses analisa dan pembahasan.

12. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa dan pembahasan kemudian ditarik kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian yang telah ditentukan.

3.2 Subjek dan Objek Penelitian

3.2.1 Profil Pakar

Pakar yang membantu dalam penyusunan aturan-aturan pada sistem memiliki pengalaman dalam mengemudikan kendaraan besar lebih dari lima belas tahun baik itu bus ataupun truk. Selain itu beliau sangat paham dengan keamanan berkendara serta aturan lalulintas. Beliau juga pernah bekerja diperusaan logistik dan transportasi darat.

3.2.2 Kriteria Subjek

Kriteria subjek penelitian ini adalah pengemudi truk box dengan pengalaman minimal satu tahun dan pernah mengemudikan truk box dengan dimensi total lebih dari enam meter.

3.2.3 Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini berupa sistem monitor objek pada *blind spot* di truk box yang dapat menambah keselamatan berkendara pengemudi truk box dan pengendara lain.

3.3 Identifikasi Masalah

Pengembangan sistem monitor *blind spot* pada kendaraan didasari karena kondisi pengendara baik supir ataupun pengendara lain yang masih minim kesadaran pada titik buta kendaraan terutama pada kendaraan besar. Dari penelitian sebelumnya yang mengembangkan sistem monitor *blind spot* dengan memakai berbagai sensor dan metode yang dapat membantu pengemudi untuk memantau kendaraan yang berada di titik buta yang tidak atau sulit diketahui oleh pengemudi. Berdasarkan hasil wawancara dengan pengemudi truk box dihasilkan beberapa masalah yaitu:

1. Sulitnya melihat atau mengetahui kendaraan atau benda yang berada dibelakang truk.
2. Sulitnya melihat kendaraan yang berada disebelah kiri truk karena keterbatasan sepiion dan dimensi truk yang lebar dan panjang.
3. Sulitnya parkir di tempat bongkar muat barang jika tidak ada yang memberi aba-aba pada pengemudi.
4. Fungsi sepiion yang terbatas saat malam hari atau pada kondisi cuaca hujan atau berkabut.
5. Sistem monitor blind spot yang ada dirasa terlalu mahal oleh supir truk.

3.4 Data Penelitian

3.4.1 Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Primer

Data primer yang digunakan pada penelitian ini berupa:

- a. Wawancara, digunakan untuk mengetahui lebih mendalam permasalahan supir truk box terkait dengan masalah blind spot pada kendaraan truk box.
- b. Hasil Observasi, merupakan hasil observasi pada kendaraan truk box berupa foto ataupun video yang mellihatkan kondisi blind spot yang tidak terpantau melalui kaca sepiion kendaraan truk box.

2. Data Skunder

Data skunder yang terdapat dalam penelitian ini berupa data yang diperoleh dari hasil literatur review dari jurnal, buku, prosding ataupun tugas akhir yang memiliki kaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

3.4.2 Pengambilan Data

Proses pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

- a. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada dua orang supir truk box dengan pengalaman mengemudi lebih dari satu tahun dan pernah mengemudikan truk dengan panjang total lebih dari enam meter. Data yang diperoleh berupa titik *blind spot* truk yang tidak dapat atau sulit dilihat dari kaca sepiion truk. Selain itu data yang diperoleh berupa kondisi dimana blind spot dapat tiba-tiba terjadi ketika sedang berkendara.

- b. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung blind spot yang ada melalui kaca sepiion truk box saat sedang berjalan di jalan raya. Hasil

observasi kemudian didokumentasikan melalui foto dan video dari kabin truk box ketika sedang berjalan.

c. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data pendukung dan referensi terkait dengan penelitian yang dilakukan. Data yang diperoleh berupa spesifikasi mikrokontroler, spesifikasi sensor, dan library yang digunakan pada proses pengkodean.

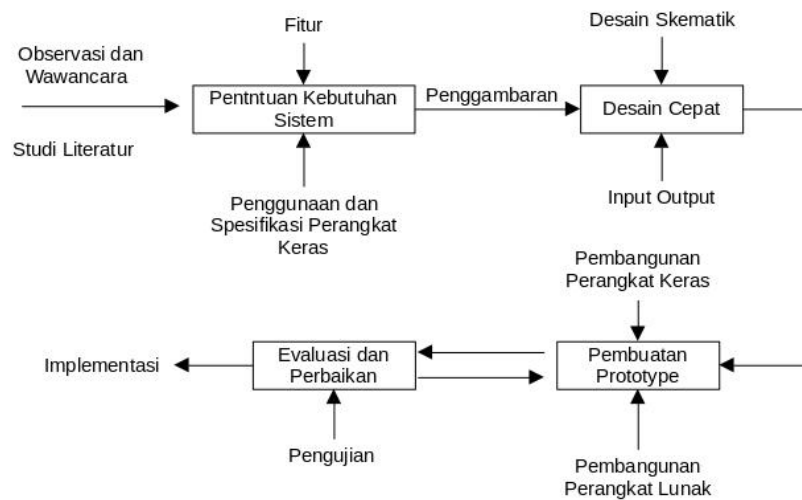
3.4.3 Instrumen Penelitian

Segala sesuatu yang digunakan untuk pengambilan data dan analisis didefinisikan sebagai instrumen penelitian. Adapun instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Smartphone
- b. Laptop
- c. Arduino Uno R3
- d. Nodemcu ESP 8266
- e. Sensor Ultrasonic HC-SR04
- f. LED
- g. Buzzer
- h. Lembar Wawancara
- i. Software Arduino IDE

3.5 Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem monitor *blind spot* ini menggunakan metode fungsional *prototyping* sebagai metode pengembangan sistem yang dipilih. Peneliti memilih metode ini dengan alasan metode tersebut dapat menunjukkan cara kerja sistem secara nyata dan pengembangan sebuah alat atau sistem dengan cepat dan tepat waktu. Dalam metode fungsional *prototyping* terdapat empat tahapan yaitu penentuan kebutuhan sistem, desain cepat, pembuatan *prototype*, evaluasi dan perbaikan. Berikut merupakan alur tahapan pengembangan sistem pada penelitian ini:



Gambar 3.3 Metode Pengembangan Sistem

Berikut merupakan penjelasan dari metode pengembangan sistem yang ada pada penelitian ini:

1. Penentuan Kebutuhan Sistem

Tahap pertama dari proses *prototyping* adalah penentuan kebutuhan sistem untuk menentukan tujuan pembuatan, peralatan yang dibutuhkan, fungsi sistem serta persyaratan sistem. Pada tahapan ini peneliti melakukan observasi dan wawancara secara langsung kepada pengemudi truk box sehingga mendapatkan informasi mengenai kendala dan masalah terkait *blind spot* pada truk box dan harapan dari pengemudi untuk fitur sistem yang dibuat. Selain observasi dan wawancara peneliti melakukan studi literatur tentang *blind spot* kendaraan dan sistem monitor *blind spot* dari berbagai referensi seperti jurnal, berita, skripsi.

Dalam tahapan ini didapatkan data mengenai masalah yang dihadapi oleh pengemudi truk box dan harapan pengemudi truk, komponen yang digunakan, spesifikasi komponen, teori yang digunakan, contoh desain alat, dan proses pembuatan alat dan sistem. Masalah yang dialami oleh pengemudi truk selanjutnya diinterpretasikan sebagai fitur sistem monitor *blind spot* yang dibuat.

2. Desain Cepat

Tahap kedua yaitu desain cepat. Pada tahap ini data yang diperoleh pada proses penentuan kebutuhan sistem digambarkan dalam bentuk desain alat secara sederhana. Tahapan ini menggambarkan keinginan dari pengguna yaitu pengemudi truk terkait dengan input, proses dan output dari sistem monitor yang dibuat. Sebagai input digunakan enam (6) sensor dengan pembagian dua di kanan, dua di kiri, dan dua dibelakang. Pada bagian proses digunakan arduino uno sebagai kontroler untuk sensor ultrasonic yang disematkan algoritma fuzzy sebagai alat proses hasil pembacaan dari sensor. Pada bagian output digunakan LED untuk perangkat peringatan visual dan buzzer sebagai perangkat peringatan audio.

3. Pembuatan Prototype

Tahap ketiga adalah pembuatan prototype. Pada tahapan ini dibuatlah prototypesecara fisik berdasarkan hasil desain yang telah dibuat sebelumnya sehingga dapat disimulasikan secara nyata. Pada proses pembuatan prototype dilakukan proses pengkodean mikrokontroler arduino uno menggunakan bahasa pemrograman C dengan menerapkan algoritma logika fuzzy sebagai program pemrosesan data.

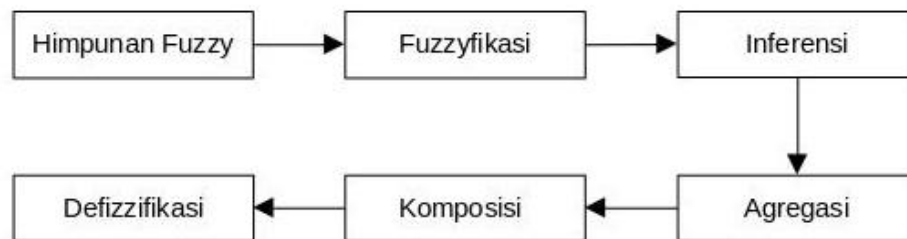
4. Evaluasi dan Perbaikan

Tahap keempat adalah tahapan evaluasi dan perbaikan. Pada tahap ini dilakukan proses evaluasi dari prototype yang telah dibuat menggunakan serangkaian pengujian menggunakan metode *White Box* untuk mengetahui kesesuaian pengkodean sistem terhadap input dan output yang diberikan. Metode *White Box* yang digunakan adalah metode *basic path testing*.

3.6 Metode Pembuatan Logika Fuzzy

Pengembangan sistem monitor *blind spot* ini menerapkan logika fuzzy mamdani sebagai algoritma pengambilan keputusan. Logika fuzzy dipilih dengan alasan logika ini dapat menggunakan pernyataan linguistik yang dapat diartikan berbeda-beda oleh masing-masing individu dalam pengambilan keputusan. Pada proses pembuatan logika fuzzy mamdani terdapat empat tahapan yaitu pembuatan himpunan fuzzy, fuzzyfikasi,

pembuatan aturan dan defuzzifikasi. Berikut merupakan alur tahapan pengembangan logika fuzzy:



Gambar 3.4 Alur Pembuatan Logika Fuzzy

Berikut merupakan penjelasan dari pembuatan logika fuzzy mamdani yang ada dalam penelitian ini:

1. Himpunan Fuzzy

Penentuan himpunan fuzzy bertujuan untuk mengetahui batasan-batasan yang digunakan pada proses fuzzifikasi maupun defuzzifikasi. Dalam pembuatan himpunan fuzzy ditentukan dari hasil observasi lapangan dan wawancara terhadap narasumber. Sehingga domain dan batasan setiap himpunan dapat ditentukan.

2. Fuzzyfikasi

Proses fuzzifikasi bertujuan untuk menentukan nilai derajat keanggotaan setiap nilai input terhadap himpunan fuzzy. Nilai derajat keanggotaan setiap input dipengaruhi oleh batasan-batasan pada setiap himpunan fuzzy. Untuk menentukan nilai derajat keanggotaan setiap input digunakan fungsi keanggotaan segitiga (persamaan 2.5) atau fungsi keanggotaan trapesium (persamaan 2.6).

3. Inferensi

Aturan dibuat untuk mengevaluasi hasil fuzzifikasi menggunakan aturan yang telah dibuat menjadi himpunan output. Aturan yang dibuat berdasarkan dari referensi yang digunakan dalam penelitian ini.

4. Agregasi

Agregasi merupakan proses dimana hasil inferensi setiap kategori output digabungkan menggunakan fungsi MAX.

5. Komposisi

Komposisi merupakan proses penentuan titik-titik yang berada disumbu x berdasarkan hasil agregasi (sumbu y) untuk memudahkan proses defuzzifikasi.

6. Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid (persamaan 2.12). Penggunaan metode centeroid ini karena metode yang paling banyak digunakan pada sistem berbasis fuzzy mamdani. Metode centroid membagi total momen dengan total luas kurva hasil komposisi.



BAB IV

PEMBANGUNAN DAN PENGUJIAN SISTEM

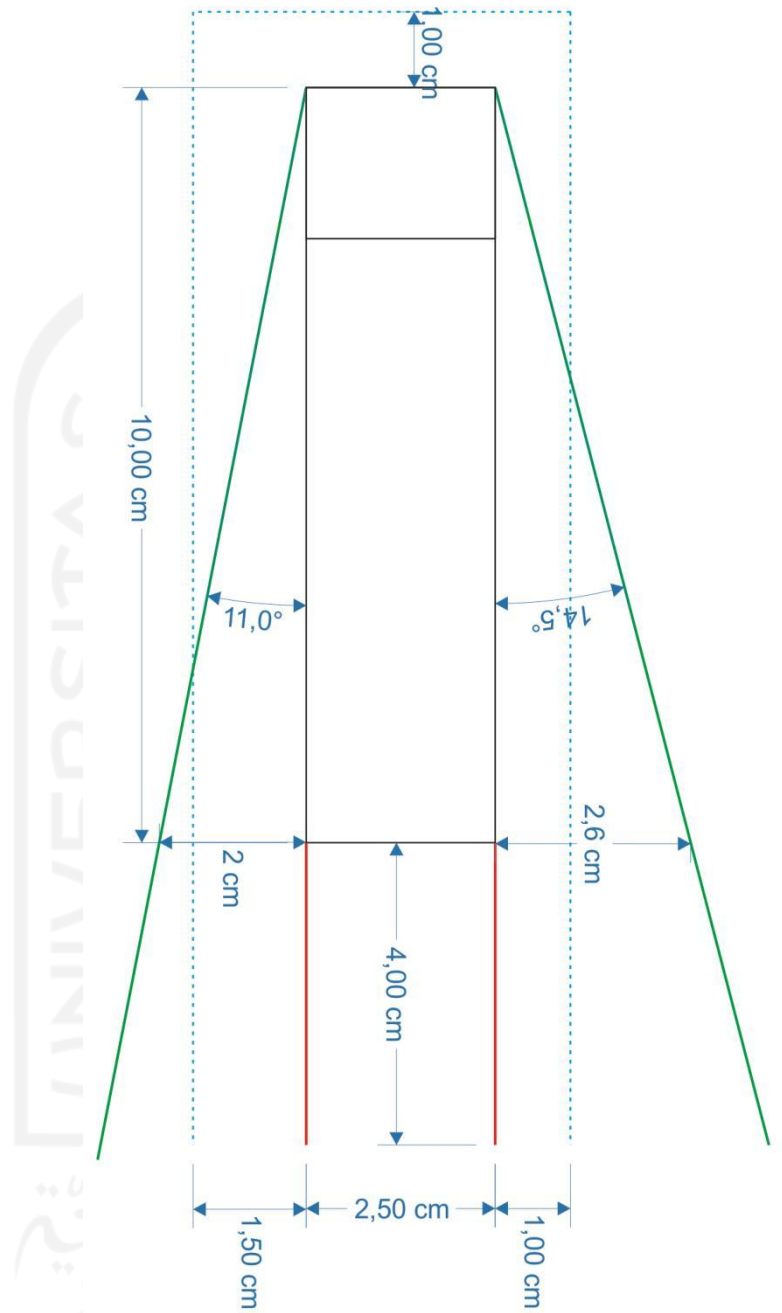
4.1 Penentuan Kebutuhan Sistem

4.1.1 Identifikasi Masalah

Dari hasil wawancara kepada pengemudi truk box diperoleh permasalahan mengenai blind spot, diketahui bahwa pengemudi merasa kesulitan untuk melihat kendaraan yang berada disisi kiri dan belakang truk karena ukuran dimensi truk yang lebar dan panjang serta keterbatasan fungsi kaca sepion yang ada pada truk. Selain itu fungsi kaca sepion juga kurang maksimal jika berada pada kondisi hujan ataupun berkabut. Permasalahan yang lain yang dialami pengemudi truk box adalah mahalnya sistem deteksi blind spot yang ada dipasaran sekarang ini. Dari permasalahan yang dialami oleh pengemudi truk box maka menjadi fungsi atau fitur utama pada sistem yang dibuat.

4.1.2 *Blind Spot* Truk Box

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi secara langsung maka *blind spot* pada truk box mercedes-benz 917 dengan skala 1:100 aditunjukkan oleh gambar 4.1. Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa garis hijau menandakan batas maksimum yang dapat dilihat dari sepion. Sedangkan garis putus-putus berwarna biru merupakan jarak aman kendaraan lain jika berada di sisi truk box tersebut. Area diantara garis merah dibelakang truk merupakan *blind spot* dibagian belakang. Berdasarkan sketsa tersebut maka fungsi dari kaca sepion kurang dapat dimaksimalkan terlebih disebelah kiri karena sudut yang dibentuk oleh sepion lebih kecil dari sudut yang dibentuk dari kaca sepion sebelah kanan. Sehingga memungkinkan kendaraan atau obyek lain berada di luar area penglihatan pengemudi truk. Panjang asli dari truk mercedes-benz 917 tersebut adalah 10 meter dari ujung kepala sampai ujung belakang box dengan lebar 2.5 meter.

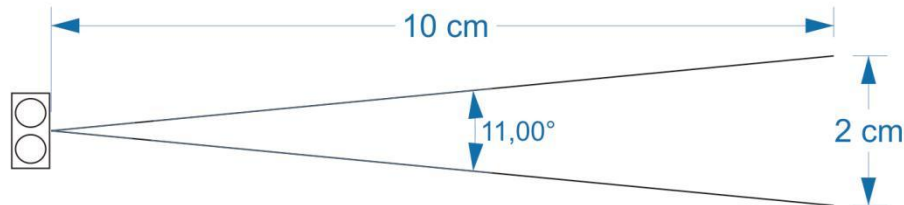


Gambar 4.1 Analisis Area Truk skala 1:100

4.1.3 Jangkauan Sensor

Berdasarkan hasil studi literatur jangkauan maksimum dari sensor ultrasonik HC SR04 adalah 400 cm dan jarak minimum deteksi adalah 2 cm dengan lebar jangkauan sebesar

15°. Berikut merupakan gambaran jangkauan yang terdapat pada sensor ultrasonik HC SR04 dengan skala 1:40:



Gambar 4.2 Jangkauan Sensor Ultrasonik Skala 1:40

4.1.4 Sistem Usulan

a. Penentuan fitur sistem

Fitur yang terdapat pada sistem deteksi *blind spot* merupakan solusi berdasarkan pada masalah yang dialami oleh pengemudi truk box. Berikut merupakan fitur utama pada sistem deteksi *blind spot* yang dibuat:

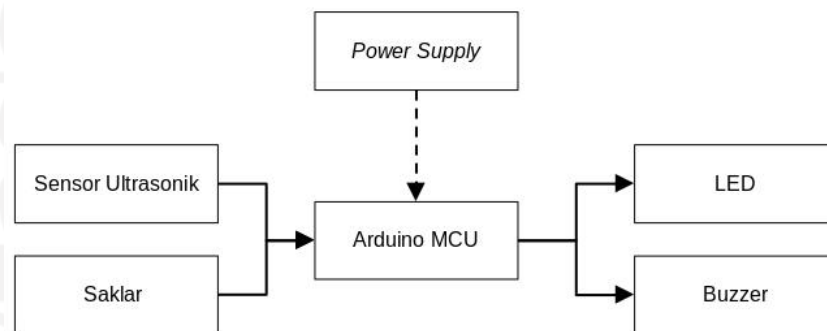
1. Memonitor blind spot pada sisi kiri, kanan dan belakang.
2. Memberi peringatan ketika terdapat kendaraan atau benda yang berada di area blind spot.
3. Tidak terpengaruh oleh intensitas cahaya ketika melakukan monitor pada area blind spot.
4. Dapat diintegrasikan pada sistem kendaraan yang ada seperti sen dan sensor gigi mundur truk.

Untuk mendukung fitur utama agar berjalan dengan baik maka sistem yang dibuat memiliki fitur tambahan berupa penggunaan LED dan buzzer yang menyesuaikan jarak yang dideteksi oleh sensor jarak. LED menyesuaikan warna dan kedipan berdasarkan jarak dari sensor ultrasonik yang dioleh menggunakan logika fuzzy. LED merah menyala jika jarak deteksi masuk kategori awas atau berbahaya, kemudian LED kuning menyala jika masuk dalam kategori siaga dan waspada dan led hijau menyala jika jarak benda yang dideteksi berada pada kategori aman. Selain itu LED berkedip mengikuti jarak yang dideteksi oleh sensor. Semakin dekat jarak maka LED yang masuk kedalam kategori tertentu menyala diikuti oleh kedipan yang dihasilkan oleh hasil logika fuzzy.

Buzzer juga digunakan sebagai output audio untuk meningkatkan kepekaan pengemudi ketika sistem berjalan. Buzzer menyala jika memenuhi persyaratan tertentu seperti kategori jarak dan inputan yang mensimulasikan saklar sen atau sensor gigi mundur. Dengan adanya aturan tersebut maka dapat meminimalkan gangguan suara yang tidak diinginkan oleh pengeumdi truk box.

b. Kebutuhan fungsional sistem

Kebutuhan fungsional sistem yang terdapat pada sistem deteksi *blind spot* yang dibuat dipaparkan dalam diagram untuk memudahkan melihat cara kerja sistem. Berikut merupakan diagram pada sistem deteksi *blind spot* yang dibuat:



Gambar 4.3 Kebutuhan Fungsional Sistem

Dari diagram blok pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa sistem yang akan dibuat memiliki input berupa sensor ultrasonik dan saklar. Data dari input kemudian masuk kedalam arduino uno sebagai *main controler unit* (MCU) untuk dilakukan proses. Setelah diproses di MCU kemudian dirubah menjadi output berupa LED dan buzzer. Selain itu juga terdapat *power supply* sebagai sumber daya bagi MCU.

4.1.5 Kebutuhan Perangkat Keras

Pada pembangunan sistem deteksi *blind spot* pada truk box membutuhkan perangkat keras yang digunakan sebagai input, output dan proses. Perangkat keras yang digunakan berupa sensor, switch, mikrokontroler, led dan buzzer. Spesifikasi yang digunakan menyesuaikan dari kebutuhan pengguna. Adapun pemilihan spesifikasi didasarkan

kepada permasalahan yang dialami oleh pengemudi truk box sebagai pengguna dan studi literatur terkait produk sejenis. Dalam table 4.1 berikut tercantum komponen yang digunakan beserta jumlah dan fungsinya:

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

| No | Nama Komponen | Jumlah | Fungsi |
|----|-----------------|--------|--|
| 1 | Arduino Uno R3 | 1 | Sebagai tempat pemrosesan input bagian depan dan menjadi output pada sistem yang dibangun. |
| 2 | Nodemcu ESP8266 | 1 | Sebagai kontroler sensor belakang dan pengirim data ke kontroler utama. |
| 3 | Sensor HC SR04 | 6 | Sebagai input pendeteksi jarak benda atau kendaraan yang berada pada area <i>blind spot</i> truk box. |
| 4 | LED | 9 | Sebagai output visual yang menandakan kategori jarak obyek yang berada di area <i>blind spot</i> truk box. |
| 5 | Buzzer | 1 | Sebagai output audio yang menandakan kategori jarak obyek yang berada di area <i>blind spot</i> truk box. |
| 6 | Relay | 1 | Sebagai pembagi output berdasarkan input yang diberikan. |
| 7 | Saklar push on | 3 | Sebagai input yang mensimulasikan integrasi terhadap saklar lampu sen dan sensor gigi mundur. |

4.1.6 Kebutuhan Perangkat Lunak

Selain perangkat keras, dalam pembuatan sistem deteksi *blind spot* truk box juga dibutuhkan perangkat lunak. Fungsi dari perangkat lunak untuk melakukan programing pengolahan input menjadi output menggunakan logika fuzzy. Selain itu terdapat perangkat lunak pendukung untuk membuat skematik dan penjaluran kabel dari perangkat keras yang digunakan. Pada tabel 4.2 tercantum nama perangkat lunak dan fungsinya:

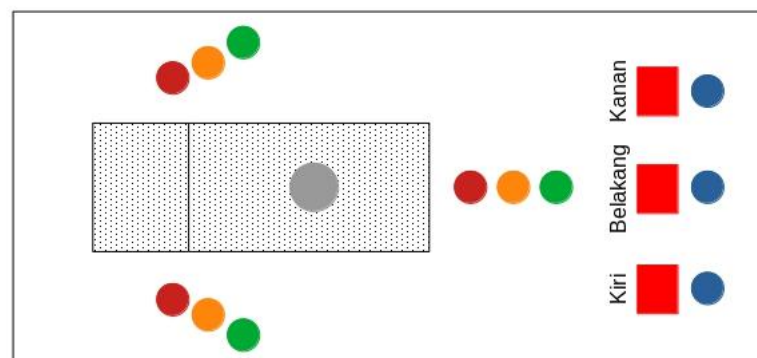
Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

| No | Nama Perangkat Lunak | Fungsi |
|----|----------------------|--|
| 1 | Arduino IDE | Untuk melakukan programing proses input menjadi output menggunakan logika fuzzy pada mikrokontroler arduino uno. |
| 2 | Proteus | Untuk membuat skematik dan alur perkabelan perangkat keras. |

4.2 Desain Cepat

4.2.1 Desain Input Output

Input dan output dari sistem deteksi objek pada *blind spot* yang dibuat ditunjukkan oleh gambar 4.4 dibawah ini:



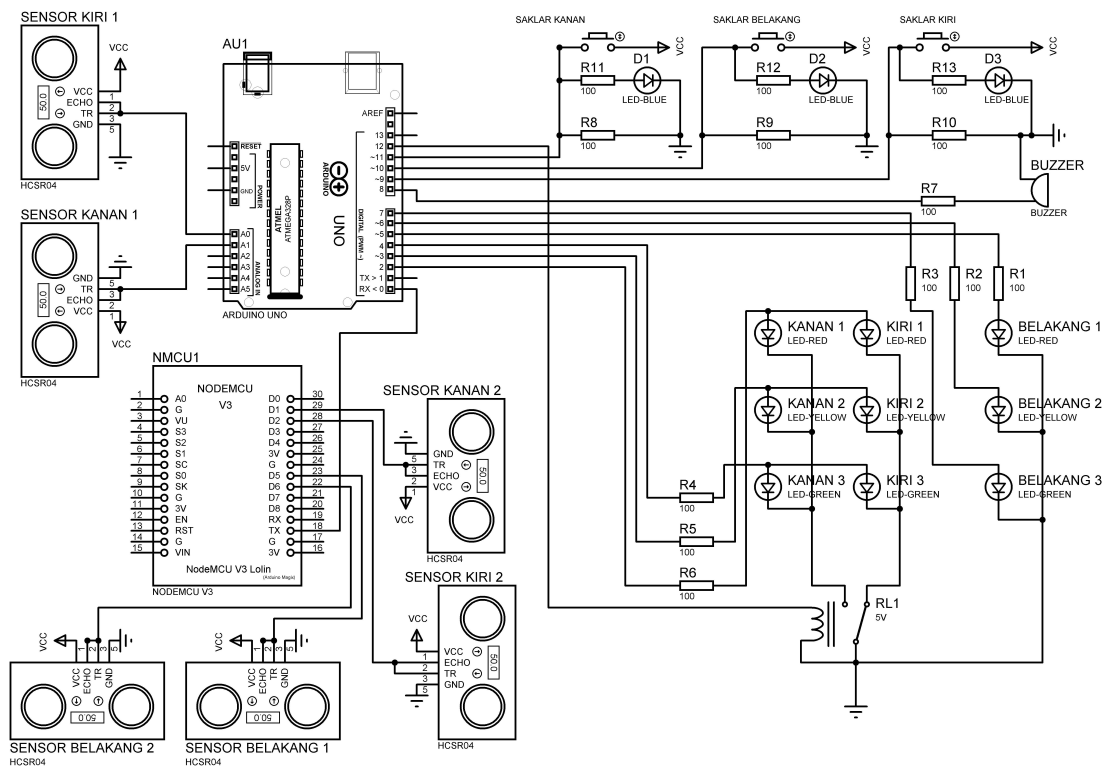
Gambar 4.4 Desain Input Output

Dari gambar 4.4 diatas menunjukkan LED berwarna merah, oranye, dan hijau disisi kanan, kiri dan belakang merupakan output visual untuk menandakan kategori dari hasil proses defuzzifikasi. LED merah menunjukkan hasil defuzzifikasi masuk kedalam kategori awas. LED oranye menunjukkan hasil defuzzifikasi masuk kedalam kategori siaga dan LED hijau menunjukkan hasil defuzzifikasi masuk kedalam kategori aman. Semantara itu buzzer diletakkan ditengah-tengah sebagai output audio mengikuti hasil kategori defuzzifikasi yang dipilih.

Selain itu terdapat tiga input berupa tombol yang digunakan untuk mengaktifkan buzzer sehingga tidak mengganggu konsentrasi pengemudi truk. Dibawah setiap tombol terdapat LED berwarna biru yang digunakan sebagai penanda bahwa tombol yang dipilih aktif. Penggunaan tombol tersebut bermaksud sebagai simulasi integrasi terhadap sen dan sensor gigi mundur pada truk.

4.2.2 Desain Skematik Sistem

Desain keseluruhan dari perangkat keras dan alur perkabelan pada sistem yang dibuat ditunjukkan oleh gambar 4.5 dibawah ini:



Gambar 4.5 Desain Skematik Perangkat Keras

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa sistem yang dibuat menggunakan dua buah mikrokontroler yaitu arduino uno dan nodemcu esp 8266, enam buah sensor ultrasonik dan tiga saklar sebagai input dan sembilan LED dan satu buzzer sebagai output. Selain itu terdapat satu relly yang digunakan untuk mengatur output sebelah kanan dan kiri berdasarkan input saklar. Enam sensor ultasonik terbagi kedalam dua

mikro kontroler. Dua sensor yaitu sensor kanan dan kiri dibagian depan di arduino uno dan empat sensor yaitu sensor kanan dan kiri belakang, dan sensor belakang 1 dan sensor belakang 2 di nodemcu esp 8266. Sebagai sumber tegangan untuk sensor ultrasonik digunakan pin 5 Volt yang terhubung di-pin VCC yang terdapat di sensor ultrasonik pada arduino uno dan 3,3 Volt pada nodemcu esp8266. Semua sensor ultrasonik yang berfungsi sebagai input terhubung dengan pin analog yang ada di arduino uno dan pin GPIO pada nodemcu esp8266. Adapun penggunaan pin pada sensor ultrasonik yang terhubung ke pin arduino uno R3 terdapat pada tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Penggunaan Pin Sensor Arduino Uno

| Sensor | Pin Sensor | Pin Arduino |
|---------------|------------|-------------|
| Sensor Kanan1 | Trig | A0 |
| | Echo | A0 |
| Sensor Kiri 1 | Trig | A1 |
| | Echo | A1 |

Adapun penggunaan pin GPIO pada nodemcu esp8266 terdapat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Penggunaan Pin GPIO Nodemcu

| Sensor | Pin Sensor | Pin Nodemcu |
|-------------------|------------|-------------|
| Sensor Kanan2 | Trig | GPIO5 |
| | Echo | GPIO5 |
| Sensor Kiri 2 | Trig | GPIO4 |
| | Echo | GPIO4 |
| Sensor Belakang 1 | Trig | GPIO14 |
| | Echo | GPIO14 |
| Sensor Belakang 2 | Trig | GPIO12 |
| | Echo | GPIO12 |

Selain input sensor ultrasonik juga terdapat input berupa saklar yang berfungsi untuk mengaktifkan buzzer dan simulasi integrasi terhadap saklar sen dan sensor gigi

mundur pada truk box. Saklar terhubung dengan tegangan 5 volt untuk memberikan sinyal *high* kepada arduino. Adapun pin yang digunakan saklar sebagai input adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Penggunaan Pin Saklar

| Saklar | Pin Arduino |
|----------|-------------|
| Kanan | 11 |
| Kiri | 9 |
| Belakang | 10 |

Kemudian pada sisi *output* menggunakan LED merah, oranye, dan hijau pada setiap sisinya sebagai output visual. Sehingga total LED yang digunakan berjumlah sembilan buah. Dalam pembagian output kanan dan kiri menggunakan satu relly. Output audio untuk sistem yang dibuat menggunakan satu buah buzzer yang aktif ketika saklar dalam posisi ON sehingga buzzer tidak mengganggu pengemudi ketika berkendara. Adapun pin arduino yang digunakan sebagai output adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Penggunaan Pin Output

| Output | Pin Arduino |
|---------------------|-------------|
| LED merah kanan | 2 |
| LED oranye kanan | 3 |
| LED hijau kanan | 4 |
| LED merah kiri | 2 |
| LED oranye kiri | 3 |
| LED hijau kiri | 4 |
| LED merah belakang | 5 |
| LED oranye belakang | 6 |
| LED hijau belakang | 7 |
| Buzzer | 8 |
| Relly | 12 |

Sebagai penghubung antara arduino uno dan nodemcu menggunakan komunikasi serial untuk pertuukaran data. Arduino uno sebagai penerima data menggunakan pin RX dan nodemcu sebagai pengirim data menggunakan pin TX.

4.3 Pembangunan Prototype

4.3.1 Pembangunan Perangkat Keras

Pembangunan perangkat keras pada sistem yang dibuat berdasarkan skematik yang telah dibuat sebelumnya. Skematik jalur perkabelan dapat dilihat pada gambar 4.5. Dari skematik yang telah dibuat lalu diwujudkan dalam bentuk fisik yang nantinya diletakkan pada *dashboard* didalam kabin truk dan disamping kanan, kiri dan belakang truk box. Pada perangkat utama berupa mikrokontroler arduino uno, output LED dan buzzer serta saklar diletakkan didalam box plastik berukuran panjang 14 cm, lebar 8 cm dan tinggi 4 cm. Sementara sensor ultrasonik ditempatkan pada box plastik berukuran panjang 5 cm, lebar 2.5 cm, dan tinggi 4 cm.

Pada sensor ultrasonik terdapat tiga kabel sebagai jalur tegangan dan komunikasi data. Kabel berwarna hitam sebagai penyalur tegangan negatif atau ground, kabel putih sebagai kabel tegangan positif dan kabel kuning atau biru sebagai kabel komunikasi data. Berikut merupakan gambar dari perangkat utama dan perangkat sensor ultrasonik:



Gambar 4.6 Perangkat Utama



Gambar 4.7 Perangkat Sensor

4.3.2 Pembangunan Perangkat Lunak

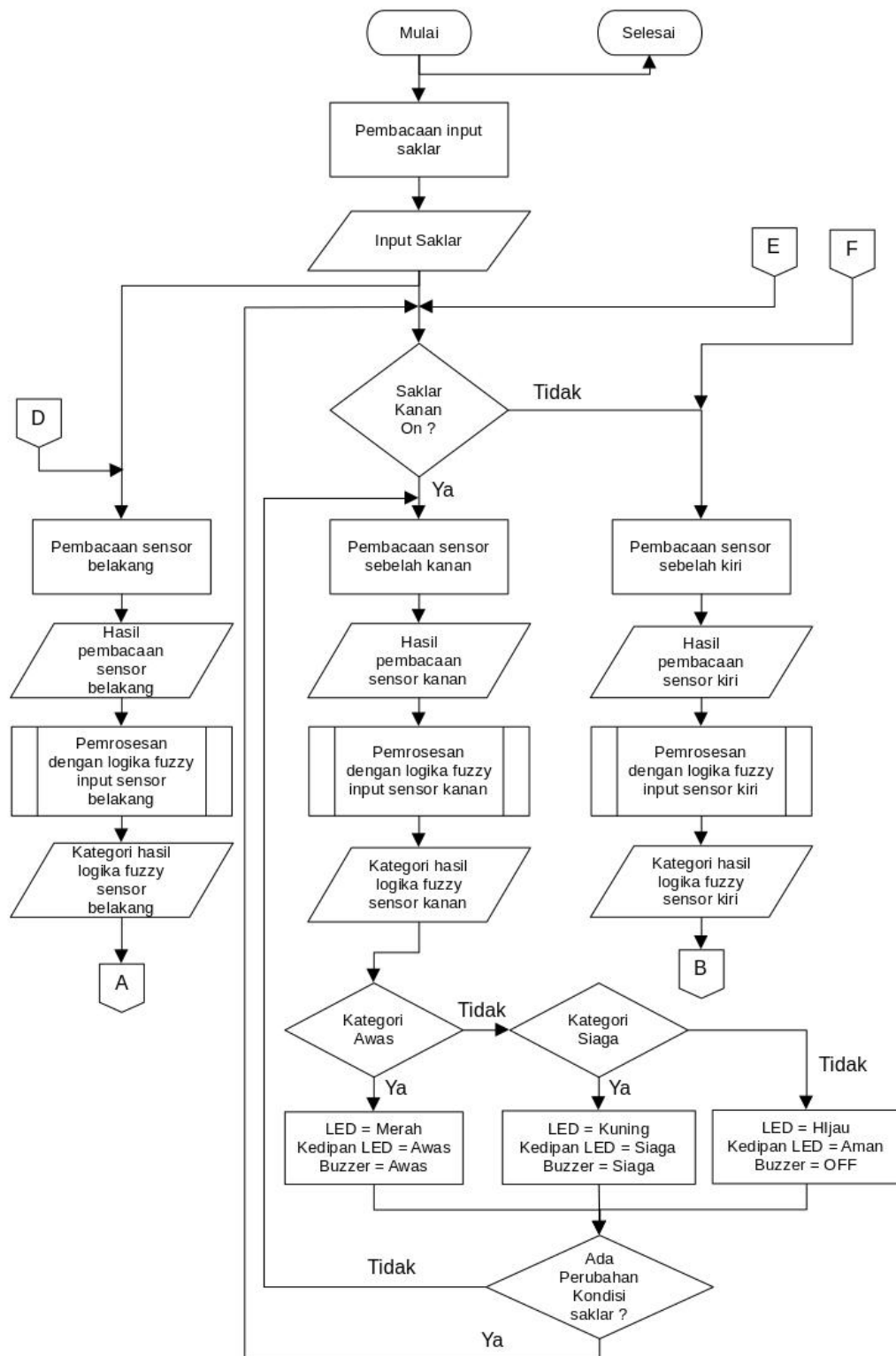
Dalam pembangunan perangkat lunak menggunakan bantuan software Arduino IDE yang berbasis bahasa pemrograman C. Pemrograman arduino pada sistem yang akan dibuat dipecah menjadi beberapa bagian yaitu program untuk mengontrol sensor

ultrasonik pada sisi kanan, kiri, dan belakang, program algoritma fuzzy, dan program untuk mengontrol output. Pada tahapan pembangunan perangkat lunak ini juga digunakan diagram alir logika program untuk memudahkan proses penulisan kode.

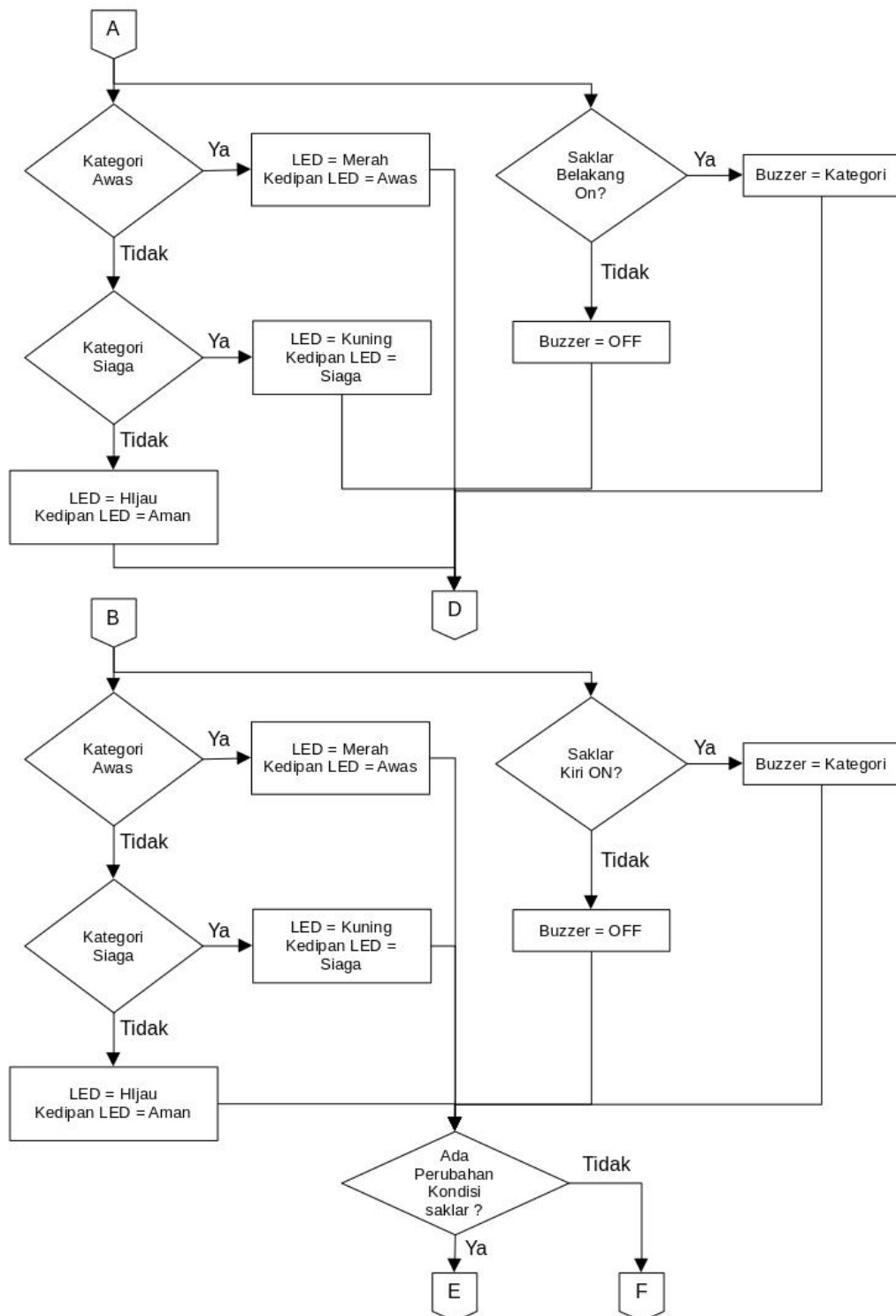
A. Diagram Alir logika

Diagram alir logika digunakan sebagai alat bantu penulisan kode program yang akan dibuat. Berikut merupakan diagram alir logika sistem pendeteksi obyek pada area *blind spot* truk box yang dibuat:





Gambar 4.8 Diagram Alir Logika Sistem



Gambar 4.9 Diagram Alir Logika Sistem (Lanjutan)

Dalam gambar 4.8 dan gambar 4.9 menunjukkan bahwa semua sisi bekerja dengan mekanisme sama. Yaitu dimulai dengan pembacaan input saklar kemudian melakukan pembacaan dua sensor ultrasonik yang terdapat di setiap sisi kanan atau kiri atau belakang. Lalu hasil pembacaan kedua sensor ultrasonik diolah menggunakan logika fuzzy. Hasil dari pengolahan logika fuzzy kemudian menentukan output LED yang menyala. Sementara itu buzzer menyala ketika saklar yang dipilih menunjukkan posisi ON. Jika semua posisi saklar tidak ada yang berada pada posisi ON maka buzzer tidak menyala.

Pada sisi output visual berupa LED menyala berkedip mengikuti hasil proses defuzzifikasi. Jika hasil defuzzifikasi masuk kedalam kategori awas maka hanya LED merah yang berkedip. Jika hasil defuzzifikasi masuk kedalam kategori siaga maka LED warna oranye yang berkedip. Jika hasil defuzzifikasi masuk kedalam kategori aman maka LED hijau yang berkedip. Kedipan LED ini juga semakin cepat pada setiap kategorinya.

Pada output audio berupa buzzer hanya aktif jika terdapat salah satu saklar yang berada pada posisi ON. Buzzer berbunyi mengikuti hasil defuzzifikasi pada setiap sisi yang saklarnya berada pada posisi ON. Namun jika tidak ada saklar dengan posisi ON maka buzzer tidak menyala agar pengemudi truk box tidak terganggu.

Sistem langsung menyala seketika jika arduino diberi sumber listrik. Dari diagram alir tersebut berulang-ulang secara terus menerus. Sehingga sistem deteksi obyek yang dibuat beroperasi secara berulang. Ketika perulangan terjadi sistem memeriksa kembali semua kondisi saklar dan sensor ultrasonik sehingga sistem dapat berjalan secara *real-time*. Sistem berhenti berulang atau bekerja ketika perangkat arduino tidak diberi daya listrik.

B. Pengkodean Kontroler Sensor Ultrasonik

Penulisan kode program untuk mengontrol sensor ultrasonik menggunakan *library New Ping* untuk menghemat pin arduino dan memudahkan penggunaan. Penggunaan *library New Ping* memungkinkan pembacaan sensor dapat langsung

berupa jarak dengan satuan centimeter (cm) melalui perintah `.ping_cm()`. Pada penulisan kode kontoler dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian deklarasi dan bagian pembacaan sensor. Berikut merupakan *pseudocode* untuk pembacaan sensor ultrasonik

Judul : Pembacaan Sensor Ultrasonik

Deskripsi

pin echo, pin trigger

max_distance : float

var output baca : float

Millis sebelum, millis sesudah : unsigned long

Var interval : const int

Implementasi

IF (millis sesudah – millis sebelum > interval) THEN

millis sebelum = millis sesudah

pembacaan sensor kanan 1

pembacaan sensor kanan 2

pembacaan sensor kiri 1

pembacaan sensor kiri 2

pembacaan sensor belakang 2

pembacaan sensor belakang 1

Gambar 4.10 Pseudocode Kontroler Sensor

Pada potongan kode pada gambar 4.10 program membaca hasil jarak sensor pada sisi kanan, kiri dan belakang secara *default*. Proses pembacaan sensor berjalan ketika interval waktu yang telah ditentukan tercapai. Adapun dalam penentuan interval pembacaan sensor menggunakan fungsi *millis* sehingga tidak mengganggu atau menghentikan proses yang lain.

C. Pengkodean Logika Fuzzy

Sistem deteksi objek pada *blind spot* yang dibuat menggunakan logika fuzzy sebagai algoritma pengambilan keputusan. Pada sistem yang dibuat digunakan dua sensor ultrasonik sebagai inputan pada sisi kanan, kiri, dan belakang truk box. Pada pembangunan logika fuzzy menggunakan proses yang umum pada pembangunan sebuah program fuzzy yaitu proses penentuan himpunan fuzzy,

proses fuzzyfikasi dari input, proses inferensi, dan proses defuzzifikasi. Berikut adalah tahapan dari proses pembuatan logika fuzzy pada sistem yang dibuat:

1. Penentuan Himpunan Fuzzy

Penentuan batasan himpunan fuzzy pada sistem yang dibuat berdasarkan pada hasil wawancara dan observasi. Kedua sensor pada sisi kanan, kiri, dan belakang digunakan sebagai input yang menghasilkan data berupa jarak objek yang dideteksi oleh masing-masing sensor. Selanjutnya data yang dihasilkan oleh sensor dikategorikan kedalam himpunan fuzzy. Himpunan fuzzy dari sistem yang dibuat dibagi menjadi himpunan fuzzy untuk input sisi kanan, himpunan fuzzy untuk input sisi kiri dan himpunan fuzzy untuk input sisi belakang dan himpunan fuzzy output kategori. Berikut adalah himpunan fuzzy pada setiap sisinya:

Tabel 4.7 Himpunan Fuzzy

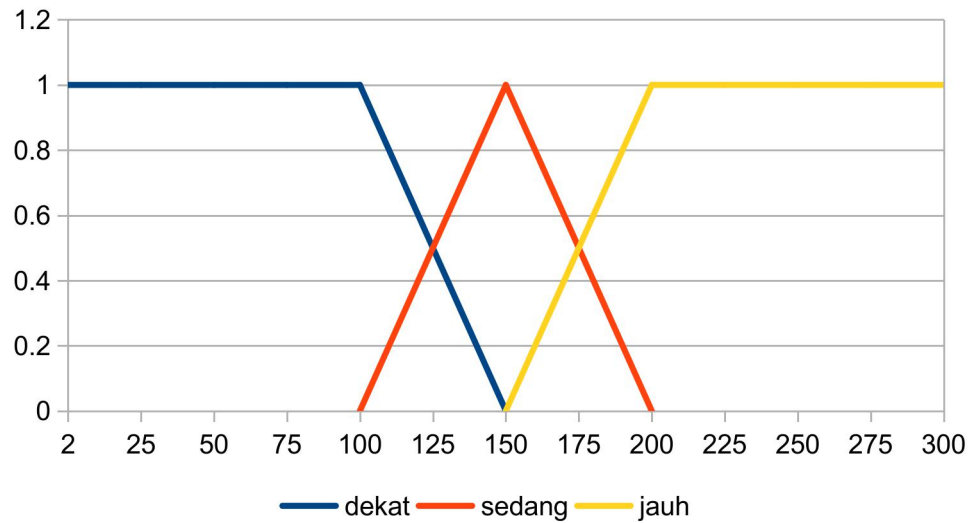
| Fungsi | Variabel | Nama Himpunan Fuzzy | Semesta Pembicaraan | Domain |
|---------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| Input | Sensor kanan 1 | Dekat | | 2 sampai 125 |
| | | Sedang | 2 sampai 300 | 100sampai 200 |
| | | Jauh | | 175 sampai 300 |
| | Sensor kanan 2 | Dekat | | 2 sampai 125 |
| | | Sedang | 2 sampai 300 | 100sampai 200 |
| | | Jauh | | 175 sampai 300 |
| | Sensor kiri 1 | Dekat | | 2 sampai 125 |
| | | Sedang | 2 sampai 300 | 100sampai 200 |
| | | Jauh | | 175 sampai 300 |
| | Sensor kiri 2 | Dekat | | 2 sampai 125 |
| | | Sedang | 2 sampai 300 | 100sampai 200 |
| | | Jauh | | 175 sampai 300 |
| | Sensor belakang 1 | Dekat | | 2 sampai 125 |
| | | Sedang | 2 sampai 300 | 100sampai 200 |
| | | Jauh | | 175 sampai 300 |
| Sensor | | Dekat | 2 sampai 300 | 2 sampai 125 |

| Fungsi | Variabel | Nama Himpunan Fuzzy | Semesta Pembicaraan | Domain |
|---------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| | belakang 2 | Sedang | | 100sampai 200 |
| | | Jauh | | 175 sampai 300 |
| | | Awat | | 0 sampai 200 |
| Output | Kategori | Siaga | 0 sampai 500 | 150s ampai 350 |
| | | Aman | | 300 sampai 500 |

Dari tabel 4.7 diatas diketahui bahwa himpunan fuzzy untuk input dibagi menjadi tiga himpunan pada setiap sensornya yaitu dekat, sedang dan jauh. Batas himpunan fuzzy sisi belakang dan kiri dan kanan sama. Hal ini disebabkan karena hasil observasi menunjukkan bahwa sisi truk box sebelah kiri dan belakang membutuhkan jarak aman yang lebih lebar daripada jarak aman pada sisi kanan truk box. Selain itu pada hasil wawancara dari ketiga narasumber juga menunjukkan pendapat yang berbeda-beda mengenai jarak minimum pada sisi kendaraan. Pada himpunan fuzzy output kategori terbagi menjadi tiga himpunan yaitu awas, siaga dan aman.

2. Fuzzifikasi

Setelah himpunan fuzzy untuk setiap variabel diketahui maka langkah selanjutnya adalah proses fuzzifikasi. Pada proses ini himpunan fuzzy dirubah menjadi bilangan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Pada sistem yang dibuat fungsi keanggotaan yang digunakan pada input sisi kanan, kiri dan belakang menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium. Jika digambarkan didalam grafik maka setiap anggota himpunan memiliki derajat keanggotaan seperti gambar 4.11 dibawah ini:



Gambar 4.11 Diagram Himpunan Fuzzy

Untuk menghitung derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy dekat dan jauh pada sisi kanan, kiri dan belakang menggunakan persamaan 2.6 fungsi keanggotaan trapesium. Sedangkan nilai derajat keanggotaan himpunan fuzzy sedang pada sisi kanan, kiri dan belakang menggunakan persamaan 2.5 untuk fungsi keanggotaan segitiga. Pada gambar 4.11 sumbu x menunjukkan anggota himpunan fuzzy dan sumbu y yaitu nilai derajat keanggotaan dari himpunan fuzzy (μ_x).

Adapun *pseudocode* untuk mencari nilai derajat keanggotaan setiap anggota himpunan adalah sebagai berikut:

Judul : Fuzzifikasi

Deskripsi

var dekat, var sedang, var jauh: float
var batasan fungsi keanggotaan : float, array

Implementasi

```

IF (input < dekat[1]) THEN
    dekat = 1
ELSE IF (input >= dekat[2] AND input <= dekat[3]) THEN
    dekat = (dekat[3] - input) / (dekat[3] - dekat[2])
ELSE
    dekat = 0
IF (input < sedang[0] OR input > sedang[3]) THEN
    sedang = 0
ELSE IF (input >= sedang[0] AND input <= sedang[1]) THEN
    sedang = (input - sedang[0]) / (sedang[1] - sedang[0])
ELSE IF (input >= sedang[2] AND input <= sedang[3]) THEN
    sedang = (sedang[3] - input) / (sedang[3] - sedang[2])
IF (jauh < jauh[0]) THEN
    jauh = 0
ELSE IF (input >= jauh[0] AND input <= jauh[1]) THEN
    jauh = (input - jauh[0]) / (jauh[1] - jauh[0])
ELSE
    jauh = 1

```

Gambar 4.12 Pseudocode Fuzzifikasi

Dari gambar 4.12 penulisan persamaan untuk menghitung nilai derajat keanggotaan didasarkan pada persamaan 2.5 untuk fungsi keanggotaan segitiga dan persamaan 2.6 untuk fungsi persamaan trapesium. Hasil dari perhitungan setiap kategori ditampung pada variabel dekat, sedang dan jauh. Untuk membedakan hasil fuzzifikasi sebelah kanan, kiri dan belakang ditambahkan `_ki1` atau `_ki2` untuk hasil fuzzifikasi sisi kiri, `_ka1` atau `_ka2` untuk hasil fuzzifikasi sisi kanan dan `_b1` atau `_b2` untuk hasil fuzzifikasi sisi belakang pada penulisan kode sebenarnya.

3. Inferensi

Tahap selanjutnya adalah tahapan inferensi. Pada tahap ini hasil fuzzifikasi setiap sisi dievaluasi oleh aturan atau *rule*. Aturan ini digunakan untuk menyatakan hubungan antara sensor ultrasonik sebagai input dan kategori sebagai output. Setiap sisi menggunakan sembilan aturan yang menyatakan hubungan input output ini. Sensor ultrasonik 1 dan sensor ultrasonik 2 pada setiap sisinya berlaku sebagai pedahuluan (*antecedent*) dan kategori berlaku sebagai kesimpulan (*consequent*). Hubungan kedua pedahuluan menggunakan logika AND. Pada aturan yang dibentuk secara verbal berbentuk IF-THEN dengan pedahuluan mengikuti IF dan kesimpulan mengikuti THEN. Adapun aturan yang dibentuk pada sistem yang dibuat adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8 Aturan Sistem

| Aturan Ke- | Himpunan Fuzzy Sensor Ultrasonik1 | Logika | Himpunan Fuzzy Sensor Ultrasonik 2 | Kesimpulan |
|------------|-----------------------------------|--------|------------------------------------|------------|
| 1 | Dekat | AND | Dekat | Awas |
| 2 | Dekat | AND | Sedang | Awas |
| 3 | Dekat | AND | Jauh | Siaga |
| 4 | Sedang | AND | Dekat | Awas |
| 5 | Sedang | AND | Sedang | Siaga |
| 6 | Sedang | AND | Jauh | Aman |
| 7 | Jauh | AND | Dekat | Siaga |
| 8 | Jauh | AND | Sedang | Aman |
| 9 | Jauh | AND | Jauh | Aman |

Pada penulisan di-*software* arduino IDE logika AND menunjukkan penggunaan operator irisan pada himpunan untuk mencari nilai minimum dari setiap aturan. Berikut merupakan *pseudocode* proses inferensi aturan:

Judul: Inferensi Rule

Deskripsi

var rule : float

var dekat 1, var sedang 1, var jauh 1 : float

var dekat 2, var sedang 2, var jauh 2 : float

Implementasi

Rule 1 = min (dekat 1, dekat 2)

Rule 2 = min (dekat 1, sedang 2)

Rule 3 = min (dekat 1, jauh 2)

Rule 4 = min (sedang 1, dekat 2)

Rule 5 = min (sedang 1, sedang 2)

Rule 6 = min (sedang 1, jauh 2)

Rule 7 = min (jauh 1, dekat 2)

Rule 8 = min (jauh 1, sedang 2)

Rule 9 = min (jauh 1, jauh 2)

Gambar 4.13 Pseudocode Inferensi Aturan

4. Agregasi

Setelah proses inferensi aturan maka selanjutnya adalah proses agregasi. Proses agregasi ini mengevaluasi hasil setiap kategori dari setiap proses implikasi aturan dengan aturan MAX. Berikut merupakan pseudocode proses agregasi:

Judul : Agregasi

Deskripsi

var rule : float

var awas, siaga, aman : float

Implementasi

awas = max (rule 1, rule 2, rule 4)

siaga = max (rule 3, rule 5, rule 7)

aman = max (rule 6, rule 8, rule 9)

Gambar 4.14 Pseudocode Agregasi

5. Komposisi

Setelah agregasi dari inferensi aturan maka selanjutnya adalah menentukan komposisi yang digunakan pada proses defuzzifikasi. Pada tahapan komposisi dilakukan pemetaan titik-titik yang nantinya digunakan untuk menentukan persamaan yang akan digunakan untuk defuzzifikasi. Berikut merupakan pseudocode pada proses komposisi:



Judul : Komposisi

Deskripsi

var p1, p2, p3, x1, x2, x3, x4 : float

var UL KA, LL KA, UL KAA, LL KAA, UL KAB, AG, AGA, AGB: float

Implementasi

// titik himpunan output

IF AG \geq 0,25 AND AGB \geq 0.25 THEN

p1 = 0.5 x (UL KA + LL KAB)

ELSE

p1 = 0

IF agregasi \neq 0 THEN

IF AG \geq 0.25 THEN

p2 = AG * 100 + LL KA

p3 = UL KA - (AG x 100)

ELSE

p2 = UL KAB - (AG x 100)

p3 = (AG x 100) - LL KAA

ELSE

p2 = 0

p3 = 0

IF AG \geq 0,25 AND AGA \geq 0.25 THEN

p4 = 0.5 x (UL KA + LL KAA)

ELSE

p4 = 0

// komposisi titik

IF AG $>$ 0.25 AND AGB = 0 THEN

X1 = LL KA

ELSE IF p1 \neq 0 THEN

X1 = p1

ELSE

X1 = 0

X2 = p2

X3 = p3

IF AG $>$ 0.25 AND AGB = 0 THEN

X4 = UL KA

ELSE IF p4 \neq 0 THEN

X4 = p4

ELSE

X4 = 0

Keterangan:

AG = agregasi

AGA = agregasi setelah

AGB = agregasi sebelum

KA = kategori agregasi

KAA = kategori agregasi setelah

KAB = kategori agregasi sebelum

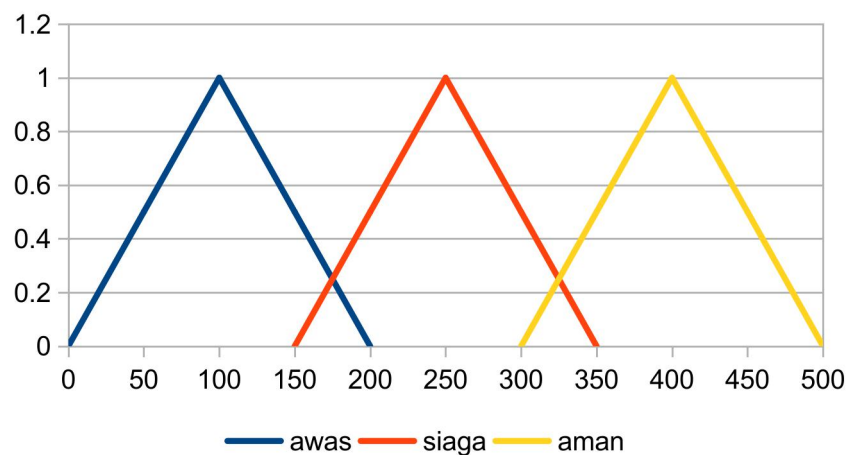
LL = lower limit

UL = upper limit

Gambar 4.15 Pseudocode Komposisi

6. Defuzzifikasi

Setelah proses inferensi maka proses selanjutnya adalah proses defuzzifikasi. Proses ini akan merubah nilai fuzzy kedalam himpunan *crisp*. Pada sistem yang akan dibuat hasil defuzzifikasi akan digunakan sebagai interval untuk menentukan kedipan dari LED. Pada proses defuzzifikasi dari sistem yang dibuat menggunakan metode *centroid* Penggunaan metode ini karena metode ini merupakan metode yang umum digunakan pada fuzzy mamdani. Hasil dari proses defuzzifikasi ini terbagi menjadi tiga kategori himpunan yaitu awas, siaga, dan aman. Secara grafik berikut merupakan gambaran dari fungsi keanggotaan kategori pada output hasil defuzzifikasi:



Gambar 4.16 Grafik Keanggotaan Hasil Defuzzifikasi

Proses defuzzifikasi menggunakan metode *centroid* ini membagi momoen dengan luas area dibawah kurva pembatas. Secara matematis penulisan persamaan pada metode ini dapat dilihat pada persamaan 2.13. Berikut merupakan *pseudocode* defuzzifikasi:

Judul = Defuzzifikasi

Deskripsi

X1, X2, X3, X4, M1, M2, M3 : float

Luas , middle : float

Output : float

Implementasi

```
//menghitung luas dan middle
IF X1 = LL kategori agregasi THEN
    // jika berbentuk segitiga
    Luas 1 = 0.5 x (X2 - X1) x agragasi
    // jika agragasi < agragasi selanjutnya
    Middle 1 = ((X2 - X1) / 1.5 ) + X1
ELSE X1 = p1 THEN
    // luas berbetntuk trapesium
    Luas 1 = 0.5 x (agragasi + 0.25) x (X2 - X1)
    Middle 1 = ((X2 - X1) / 2) + X1
// jika berbentuk persegi
Luas 2 = (X2 - X1) x agragasi
Middle 2 = ((X3 - X2) / 2) + X2
IF X4 = UL kategori agregasi THEN
    // maka berbentuk segitiga
    Luas 3 = 0.5 x (X4 - X3) x agragasi
    // jika agragasi > agragasi selanjutnya
    Middle 3 = ((X4 - X3) / 3) + X3
ELSE IF X4 = p3 THEN
    // maka berentuk trapesium
    Luas 3 = 0.5 x (agragasi + 0.25) x (X4 - X3)
    Middle 3 = ((X4 - X3) / 2) + X3
// menghitung momen
M1 = Luas 1 x middle 1
M2 = Luas 2 x middle 2
M3 = Luas 3 x middle 3

// menghitung hasil defuzzifikasi dengan centeroid
Output = (M1 + M2 + M3) / (Luas 1 + Luas 2 + Luas 3)
```

Gambar 4.17 Pseudocode Defuzzifikasi

D. Pengkodean Kontroler Output

Setelah hasil dari logika fuzzy diketahui maka hasil tersebut digunakan untuk mengontrol LED dan buzzer sebagai output sistem. Hasil defuzzifikasi setiap sisi sebagai interval kedipan digabungkan dengan pembacaan input saklar. Untuk mengatur kedipan LED dan jeda buzzer digunakan fungsi millis yang terdapat pada arduino IDE dengan hasil defuzzifikasi sebagai intervalnya. Berikut merupakan *pseudocode* kontroler output pada sistem yang dibuat:

Judul : Kontroler Output

Deskripsi

```
var millis sebelum, var millis sesudah : unsigned long
var interval : const int
var output, var interval buzzer : float
var kondisi LED, var kondisi saklar : int
```

Implementasi

```
IF (millis sesudah - millis sebelum > interval) THEN
  millis sebelum = millis sesudah
  interval buzzer = output / 2
  IF (kondisi LED = mati) THEN
    kondisi LED = hidup
  ELSE
    Kondisi LED = mati
  IF (kondisi saklar = hidup AND output < 325 AND input > 0) THEN
    buzzer = interval buzzer
  IF (output <= 150 AND input > 0) THEN
    LED merah = kondisi LED
    LED kuning = mati
    LED hijau = mati
  ELSE IF (output > 150 AND output < 325) THEN
    LED merah = mati
    LED kuning = kondisi LED
    LED hijau = mati
  ELSE IF (output >= 325) THEN
    LED merah = mati
    LED kuning = mati
    LED Hijau = kondisi LED
```

Gambar 4.18 Pseudocode Kontroler Output

Pada gambar 4.18 merupakan potongan kode kontroler output LED dan buzzer. Output defuzzyfikasi menjadi interval dari kedipan LED dan jeda buzzer. Buzzer menyala jika saklar kanan, kiri atau belakang dalam keadaan ON. Jika saklat berada pada keadaan OFF maka hanya LED yang menyala dan buzzer tidak berbunyi. Pada kontroler output ini untuk mengatur perbedaan suara pada sisi kanan dan kiri dengan sisi belakang maka digunakan frekuensi yang berbeda. Pada sisi kanan dan kiri digunakan frekuensi 1000 Hz dan pada sisi belakang frekuensi yang digunakan sebesar 3000 Hz. Sehingga pengemudi mengetahui sisi mana yang dimonitor dari bunyi buzzer.

4.4 Pengujian Sistem

4.4.1 Pengujian Sistem Metode *White Box*

Setelah perangkat keras dan perangkat lunak selesai dibangun maka kemudian adalah melakukan pengujian sistem. Pada sistem yang dibuat pengujian dilakukan dengan metode *white box* dengan teknik *basic path*. Pemilihan metode dan teknik ini dikarenakan teknik dan metode ini memiliki kemampuan untuk menguji sebuah algoritma sebuah sistem. Selain itu metode ini juga menguji kompleksitas dan struktur sistem. Sehingga jika terdapat kesalahan maka perbaikan dapat dilakukan secara spesifik pada baris kode yang bermasalah.

Pada sistem yang dibuat pengujian tidak secara langsung pada truk box karena alasan keamanan berkendara dan keterbatasan tempat. Pada teknik pengujian *basic path* terdapat beberapa tahapan yaitu membuat diagram alir program, menentukan nilai *cyclometric complexity* (CC) dan membuat uji kasus. Proses pengujian pada sistem yang telah dibuat dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian logika fuzzy dan pengujian kontroler input output.

Pada pengujian dengan teknik *basic path* benda uji berada dalam kondisi diam atau statis pada jarak tertentu terhadap sensor. Ini karena sensor mengirimkan data jarak ke mikrokontroler pada interval waktu per satu detik. Sehingga jika benda bergerak didepan sensor secara sekilas (kurang dari 1 detik) maka jarak benda uji tidak dapat

terdeteksi. Secara teori sensor ultrasonik dapat mendeteksi objek tanpa terpengaruhi oleh intensitas cahaya yang ada. Seluruh pengujian yang dilakukan didalam ruangan dengan pengambilan data pada waktu siang hari.

A. Pengujian logika fuzzy

1. Flow Graph

Pembuatan *node* atau titik pada *flow graph* program berdasarkan baris kode yang telah dibuat. Penulisan kode fuzzy pada sisi kanan, kiri dan belakang merupakan kode yang identik. Sehingga pembuatan *flow graph* pada pengujian logika fuzzy digunakan kode pada salah satu sisi. Adapun *flow graph* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

```

kanan1 = sonar1.ping_cm(); 1
kanan2 = sonar2.ping_cm();

//fuzzyfikasi jarak sensor kanan 1
//dekat
if (kanan1 < dekat_ka[1]) { 2
    dekat_ka1 = (kanan1 - dekat_ka[0]) / (dekat_ka[1] - dekat_ka[0]); 3
} else if (kanan1 >= dekat_ka[2] && kanan1 <= dekat_ka[3]) { 4
    dekat_ka1 = (dekat_ka[3] - kanan1) / (dekat_ka[3] - dekat_ka[2]); 5
} else { 6
    dekat_ka1 = 0; 7
}

//sedang
if (kanan1 < sedang_ka[0] || kanan1 > sedang_ka[3]) { 8
    sedang_ka1 = 0; 9
} else if (kanan1 >= sedang_ka[0] && kanan1 <= sedang_ka[1]) { 10
    sedang_ka1 = (kanan1 - sedang_ka[0]) / (sedang_ka[1] - sedang_ka[0]); 11
} else if (kanan1 > sedang_ka[1] && kanan1 < sedang_ka[2]) { 12
    sedang_ka1 = 1; 13
} else if (kanan1 >= sedang_ka[2] && kanan1 <= sedang_ka[3]) { 14
    sedang_ka1 = (sedang_ka[3] - kanan1) / (sedang_ka[3] - sedang_ka[2]); 15
}

//jauh
if (kanan1 < jauh_ka[0]) { 16
    jauh_ka1 = 0; 17
} else if (kanan1 >= jauh_ka[0] && kanan1 <= jauh_ka[1]) { 18
    jauh_ka1 = (kanan1 - jauh_ka[0]) / (jauh_ka[1] - jauh_ka[0]); 19
} else { 20
    jauh_ka1 = 1; 21
}

r1 = min(dekat_ka1, dekat_ka2); 22
r2 = min(dekat_ka1, sedang_ka2);
r3 = min(dekat_ka1, jauh_ka2);
r4 = min(sedang_ka1, dekat_ka2);
r5 = min(sedang_ka1, sedang_ka2);
r6 = min(sedang_ka1, jauh_ka2);
r7 = min(jauh_ka1, dekat_ka2);
r8 = min(jauh_ka1, sedang_ka2);
r9 = min(jauh_ka1, jauh_ka2);
a1 = max(r1, r2);
a2 = max(r3, r5);
a3 = max(r6, r8);
// agregasi
awas = max(a1, r4);
slaga = max(a2, r7);
aman = max(a3, r9);

float poin1[4] = {X1, X2, X3, X4}; 23
float poin2[4] = {Y1, Y2, Y3, Y4};
float poin3[4] = {Z1, Z2, Z3, Z4};

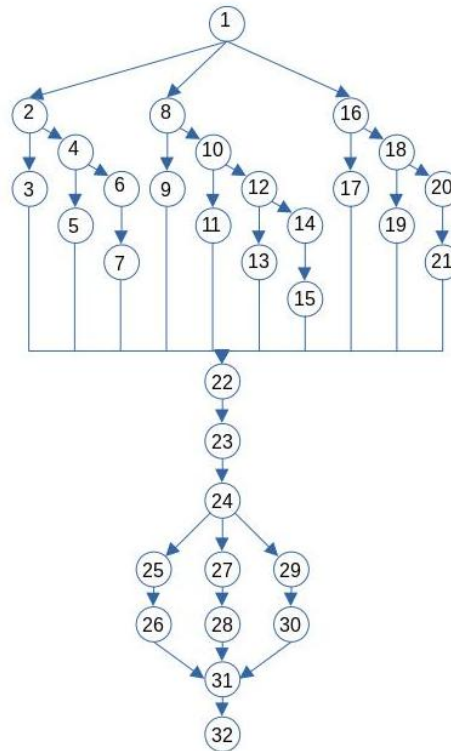
// luas 24
l1 = 0.5 * (poin1[1] - poin1[0]) * awas;
t1 = ((poin1[1] - poin1[0]) / 1.5) + poin1[0];
l2 = (poin1[2] - poin1[1]) * awas;
t2 = ((poin1[2] - poin1[1]) / 2) + poin1[1];
if (poin1[3] == 200) { 25
    l3 = 0.5 * (poin1[3] - poin1[2]) * awas;
    t3 = ((poin1[3] - poin1[2]) / 3) + poin1[2]; 26
} else if (poin1[3] == 175) { 27
    l3 = 0.5 * (awas + 0.25) * (poin1[3] - poin1[2]);
    t3 = ((poin1[3] - poin1[2]) / 2) + poin1[2]; 28
} else { 29
    l3 = 0;
    t3 = 0; 30
}

// perhitungan momen 31
m1 = l1 * t1;
m2 = l2 * t2;
m3 = l3 * t3;

output = (m1 + m2 + m3 + m4 + m5 + m6 + m7 + m8 + m9) / 32
          (l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6 + l7 + l8 + l9);

```

Gambar 4.19 Pembagian Node Uji Logika Fuzzy



Gambar 4.20 Flow Graph Uji Logika Fuzzy

2. Cyclomatic Complexity

Dalam proses penghitungan *cyclomatic complexity* menggunakan persamaan 2.27. Pada gambar 4.20 dapat diketahui bahwa terdapat jumlah jalur (*edge*) sebanyak 42 dan jumlah titik (*node*) sebanyak 32. Maka nilai *cyclomatic complexity* dapat dihitung sebagai berikut:

$$V(G) = 42 - 32 + 2$$

$$V(G) = 12$$

Dari perhitungan *cyclomatic complexity* dihasilkan sebanyak delapan belas jalur independen adapun jalur tersebut adalah:

Tabel 4.9 Jalur Pengujian

| Jalur | Node |
|-------|-------------------------------------|
| 1 | 1, 2, 3, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 2 | 1, 8, 9, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |

| Jalur | Node |
|--------------|--|
| 3 | 1, 16, 17, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 4 | 1, 2, 4, 5, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 5 | 1, 8, 10, 11, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 6 | 1, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 7 | 1, 2, 4, 6, 7, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 8 | 1, 8, 10, 12, 13, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 9 | 1, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 10 | 1, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 22, 23, 24, 27, 28, 31, 32 |
| 11 | 1, 2, 3, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 32 |
| 12 | 1, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 31, 32 |

3. Uji Kasus

Berdasarkan hasil perhitungan *cyclomatic complexity* terdapat delapan belas jalur yang harus diuji. Oleh karena itu pengujian dilakukan sebanyak empat kali uji pada yang dapat melalui semua jalur. Pengujian pertama dan kedua berada pada ruangan terang dan pengujian ketiga dan keempat berada pada ruangan gelap. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil Uji Logika Fuzzy

| Uji Ke- | Jarak 1 | Jarak 2 | Output Harapan | Hasil Output |
|----------------|----------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | 9,90 | 57,5 | 250 | 250 |
| 2 | 24,9 | 34,3 | 244 | 241.86 |
| 3 | 36,73 | 25,27 | 268 | 264,49 |
| 4 | 59,03 | 9,2 | 250 | 250 |

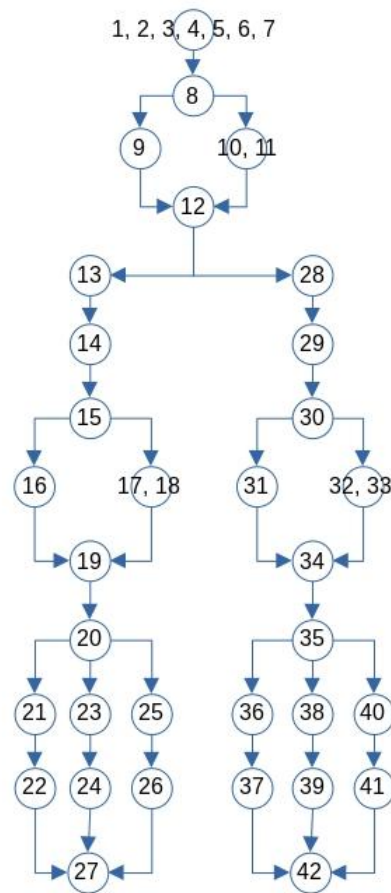
B. Pengujian kontroler input output

1. Flow Graph

Pembuatan *node* atau titik pada *flow graph* program berdasarkan baris kode yang telah dibuat. Sehingga pembuatan *flow graph* pada pengujian kontroler input output adalah sebagai berikut:

| | | | | | |
|--|----|---|----|--|----|
| void loop() { in_ka = digitalRead(s_ka); in_ki = digitalRead(s_ki); in_b = digitalRead(s_b); | 1 | if (af1 - pv1 >= output) { pv1 = af1; float bep = output / 2; if (ledst == LOW) { ledst = HIGH; } else { ledst = LOW; } } | 13 | if (af_b - pv_b >= belakang) { pv_b = af_b; float bep_b = belakang / 2; if (ledstb == LOW) { ledstb = HIGH; } else { ledstb = LOW; } } | 28 |
| unsigned long af = millis(); unsigned long af1 = millis(); unsigned long af_b = millis(); | 2 | | 14 | | 29 |
| if (af - pv > inter) { pv = af; //pembacaan sensor belakang1 = sonar5.ping_cm(); belakang2 = sonar6.ping_cm(); kanan1 = sonar1.ping_cm(); kanan2 = sonar2.ping_cm(); kiri1 = sonar3.ping_cm(); kiri2 = sonar4.ping_cm(); | 3 | if ((in_ka == HIGH in_ki == HIGH) && output < 325) { NewTone(buzz, 1000, bep); } | 15 | | 30 |
| fuzzyfikasi(); rule(); printdata(); defuzz_b(); | 4 | if (output <= 150) { digitalWrite(kuning, LOW); digitalWrite(hijau, LOW); digitalWrite(merah, ledst); } else if (output > 150 && output < 325) { digitalWrite(merah, LOW); digitalWrite(hijau, LOW); digitalWrite(kuning, ledst); } else { digitalWrite(merah, LOW); digitalWrite(kuning, LOW); digitalWrite(hijau, ledst); } | 16 | | 31 |
| if (in_ka == HIGH) { digitalWrite(rel_ka, LOW); defuzz_ka(); } else { digitalWrite(rel_ka, HIGH); defuzz_ki(); } | 5 | | 17 | | 32 |
| | 6 | | 18 | | 33 |
| | 7 | | 19 | if (in_b == HIGH && belakang < 325) { NewTone(buzz, 3000, bep_b); } | 34 |
| | 8 | | 20 | | 35 |
| | 9 | | 21 | if (belakang <= 150) { digitalWrite(kuning_b, LOW); digitalWrite(hijau_b, LOW); digitalWrite(merah_b, ledstb); } else if (belakang > 150 && belakang < 325) { digitalWrite(kuning_b, ledstb); digitalWrite(hijau_b, LOW); digitalWrite(merah_b, LOW); } else { digitalWrite(kuning_b, LOW); digitalWrite(hijau_b, ledstb); digitalWrite(merah_b, LOW); } | 36 |
| | 10 | | 22 | | 37 |
| | 11 | | 23 | | 38 |
| | 12 | | 24 | | 39 |
| | | | 25 | | 40 |
| | | | 26 | | 41 |
| | | | 27 | | 42 |

Gambar 4.21 Pembagian Node Pengujian Kontroler Input Output



Gambar 4.22 Flow Graph Uji Kontroler Input Output

2. Cyclomatic Complexity

Dalam proses penghitungan *cyclomatic complexity* menggunakan persamaan 2.27. Pada gambar 4.22 dapat diketahui bahwa terdapat jumlah jalur (*edge*) sebanyak 39 dan jumlah titik (*node*) sebanyak 33. Maka nilai *cyclomatic complexity* dapat dihitung sebagai berikut:

$$V(G) = 39 - 33 + 2$$

$$V(G) = 8$$

Dari perhitungan *cyclomatic complexity* dihasilkan sebanyak delapan jalur independen adapun jalur tersebut adalah:

Tabel 4.11 Jalur Uji Kontroler Input Output

| Jalur | Node |
|--------------|--|
| 1 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 27 |
| 2 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27 |
| 3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 27 |
| 4 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 27 |
| 5 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 42 |
| 6 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 38, 39, 42 |
| 7 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 38, 39, 42 |
| 8 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 50, 41, 42 |

3. Uji Kasus

Berdasarkan hasil perhitungan *cyclomatic complexity* terdapat delapan jalur yang harus diuji. Oleh karena itu pengujian dilakukan sebanyak empat kali uji pada yang dapat melalui semua jalur. Pengujain pertama dan kedua dilakukan pada kondisi ruangan terang dan pengujian ketiga dan keempat dilakukan dalam kondisi ruangan gelap. Adapun hasil pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil Uji Kontroler Input

| Uji Ke | Jarak Pengujian (cm) | | | | Hasil Pengujian (cm) | | | |
|---------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Sensor Kanan 1 | Sensor Kanan 2 | Sensor Kiri 1 | Sensor Kiri 2 | Sensor Belakang 1 | Sensor Belakang 2 |
| 1 | 10 | 25 | 9 | 24,7 | 9 | 25,77 | 10 | 26 |
| 2 | 25 | 60 | 26,7 | 58,03 | 25,87 | 59,03 | 26,07 | 60,67 |
| 3 | 35 | 10 | 35,27 | 9,67 | 34,33 | 9 | 35 | 10 |
| 4 | 60 | 35 | 60,87 | 35 | 58,87 | 34 | 58.5 | 35 |

Tabel 4.13 Hasil Uji Kontroler Output

| Uji Ke- | Jarak Sisi Kanan, Kiri dan Belakang (cm) | | Kondisi saklar ON | Parameter Uji | Output Harapan | Hasil Output |
|---------|--|----------|-------------------|---------------------|----------------|--------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | | | | |
| 1 | 10 | 25 | Kiri | LED berkedip | Merah | Merah |
| | | | | LED bagian kanan | Mati | Mati |
| | | | | LED bagian kiri | Menyala | Menyala |
| | | | | LED bagian belakang | Menyala | Menyala |
| | | | | Buzzer | Menyala | Menyala |
| 2 | 25 | 60 | Belakang | LED berkedip | Hijau | Hijau |
| | | | | LED bagian kanan | Mati | Mati |
| | | | | LED bagian kiri | Menyala | Menyala |
| | | | | LED bagian belakang | Menyala | Menyala |
| | | | | Buzzer | Mati | Mati |
| 3 | 35 | 10 | Kanan | LED berkedip | Kuning | Kuning |
| | | | | LED bagian kanan | Menyala | Menyala |
| | | | | LED bagian kiri | Mati | Mati |
| | | | | LED bagian belakang | Menyala | Menyala |
| | | | | Buzzer | Menyala | Menyala |
| 4 | 60 | 35 | OFF | LED berkedip | Hujau | Hujau |
| | | | | LED bagian kanan | Mati | Mati |
| | | | | LED bagian kiri | Menyala | Menyala |
| | | | | LED bagian belakang | Menyala | Menyala |
| | | | | Buzzer | Mati | Mati |

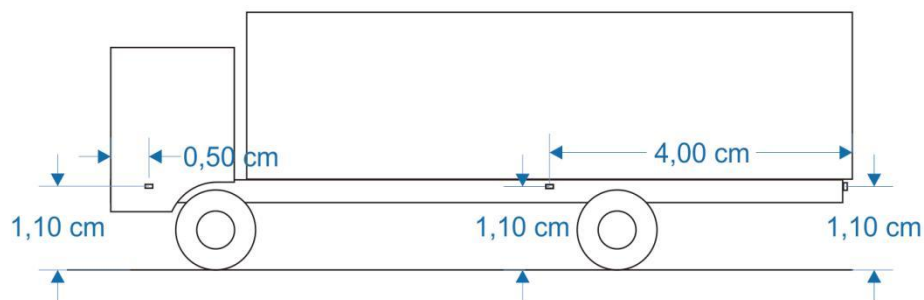
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

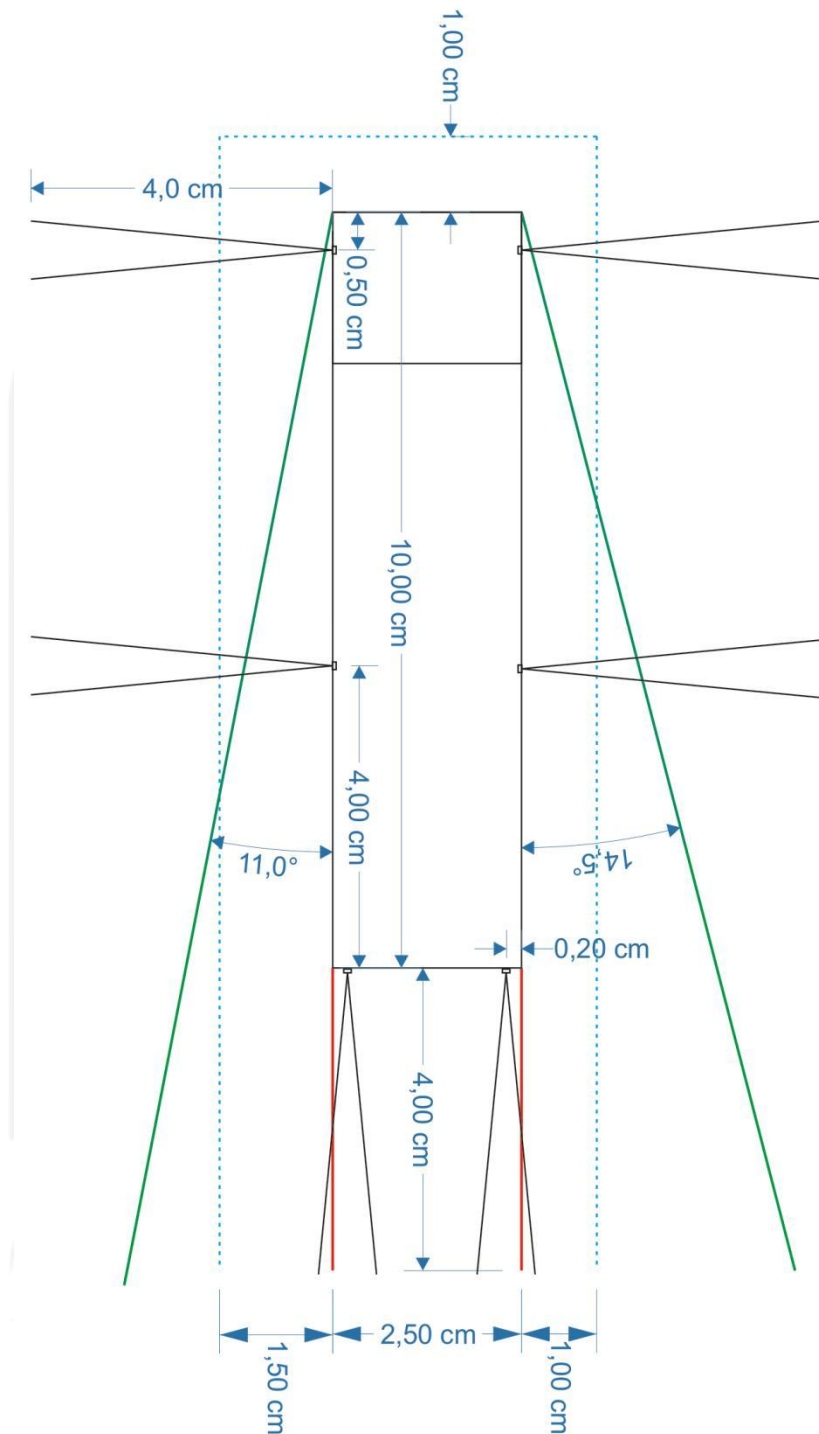
5.1 Implementasi

Sistem deteksi objek pada area *blind spot* terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras. Implementasi logika fuzzy digunakan pada pemrograman perangkat lunak yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan dari input jarak yang dihasilkan oleh dua sensor pada masing-masing sisi truk box. Adapun kode program dari implementasi logika fuzzy dapat dilihat pada bab empat pada bagian pembangunan perangkat lunak. Perangkat lunak yang dibuat juga telah diuji dengan beberapa skenario pengujian untuk memastikan bahwa sistem yang telah dibangun sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa sistem yang telah dibuat memenuhi fungsi yang telah ditentukan dari hasil pengujian yang menunjukkan nilai dan fenomena yang sama dengan output harapan.

Perangkat keras yang telah dibuat digunakan sebagai sarana pemberi tanda kepada pengemudi bahwa terdapat kendaraan atau objek lain di area *blind spot* truk box. Selain itu perangkat keras juga berfungsi sebagai tempat dijalankannya program yang telah dibuat. Perangkat keras yang telah dibuat dapat diaplikasikan secara langsung pada kendaraan truk box dengan posisi sensor sebagai berikut:



Gambar 5.1 Peletakan Sensor Tampak Samping Skala 1:100



Gambar 5.2 Peletakan Sensor Tampak Atas Skala 1:100

Dari gambar 5.1 dan gambar 5.2 merupakan sketsa dari truk mercedes-benz 917 dapat dilihat bahwa pada sisi kanan dan kiri sensor pertama diletakkan didepan dengan jarak 50 cm dari depan dan sensor kedua diletakkan dengan jarak 400 cm dari belakang

truk. Agar dapat digunakan pada truk box lain sensor kedua diletakkan dengan jarak 600 cm dari depan. Peletakan sensor tersebut dimaksudkan untuk meng-*cover* area yang tidak dapat dilihat oleh pengemudi truk box dari kaca sepion. Area yang dapat dilihat dari kaca sepion berada diantara garis hijau dan kendaraan truk box. Sedangkan area diluar garis hijau adalah area yang tidak dapat dilihat oleh pengemudi truk box. Peletakan sensor kedua dimaksudkan sensor dapat mendeteksi obyek yang tidak dapat terlihat dari kaca sepion yang kurang dari jarak aman yang dibatasi oleh garis putus-putus berwarna biru. Hal ini karena pada gambar 5.2 diketahui bahwa semakin kebelakang area yang dapat dilihat dari kaca sepion semakin luas. Selain itu semakin kebelakang jarak aman yang ditunjukkan oleh garis putus-putus biru sudah masuk kedalam area yang di-*cover* dan dapat dilihat dengan jelas melalui kaca sepion. Sehingga penempatan sensor dengan jarak aman yang masuk dalam jangkauan penglihatan kaca sepion tidak terlalu diperlukan. Penambahan sensor pada area yang jarak aman tidak dapat dilihat dari kaca sepion dapat dimungkinkan untuk menambah akurasi deteksi objek yang berada pada area *blindspot*.

Semua sensor diletakkan dengan tinggi 110 cm dari tanah. Tinggi peletakan sensor memungkinkan untuk dapat mendeteksi objek setinggi sepeda motor ataupun setinggi mobil sedan yang memiliki tinggi kurang dari 150 cm. Ini dikarenakan sensor memiliki jangkauan sebesar 15° dan pada jarak maksimal sensor memiliki diameter area deteksi kurang lebih 80 cm. Selain itu peletakan sensor di posisi tersebut bertujuan untuk meng-*cover* area *blind spot* yang kurang dari jarak aman truk yang dibatasi oleh garis putus-putus berwarna biru. Sedangkan pada bagian belakang sensor diletakan dibawah lampu belakang. Berikut merupakan posisi peletakan sensor di truk box:



Gambar 5.3 Penempatan Sensor Sebelah Kiri



Gambar 5.4 Penempatan Sensor Sebelah Kanan



Gambar 5.5 Peletakan Sensor Sisi Belakang

Sementara itu perangkat utama yang berisi mikrokontroler arduino, LED, buzzer, dan saklar diletakkan didalam kabin truk. Peletakan perangkat utama ini dapat ditempatkan berdasarkan keinginan dari pengemudi truk sendiri. Berikut merupakan gambar peletakan perangkat utama didalam kabin truk box:



Gambar 5.6 Peletakan Perangkat Utama

Pada penerapan dilapangan sistem yang telah dibuat dapat berjalan dengan baik. Dari skematik diketahui bahwa sistem deteksi objek di area *blind spot* menggunakan dua buah mikrokontroler. Mikrokontroler arduino yang dilekatkan didalam kabin terhubung dengan mikrokontroler untuk kontroler sensor bagian belakang dengan panjang kabel 10 meter menggunakan komunikasi data serial. Pada jarak tersebut data yang dikirim dari mikrokontroler bagian belakang dapat dikirim secara utuh dan tidak terdapat data yang terdistorsi. Sementara itu, masing-masing sensor terhubung dengan mikrokontroler dengan panjang kabel 2.5 meter. Dengan jarak tersebut sensor masih dapat mengirim data dan menerima perintah dari mikrokontroler dengan baik tanpa adanya kerusakan data.

Pada penerapan secara langsung sistem hanya dapat mendeteksi obyek disebelah kiri dan balakang secara *default*. Sistem dapat mendeteksi objek disebelah kanan jika

tombol sebelah kanan dalam keadaan aktif. Selain itu pada penerapan buzzer hanya berbunyi jika terdapat saklar yang aktif atau dalam keadaan ON. Jika tidak terdapat saklar yang berada pada posisi ON maka buzzer tidak berbunyi. Pada pengamatan secara langsung dilapangan bunyi buzzer masih terdengar dengan jelas didalam kabin pada kondisi mesin hidup.

Sistem yang dipasang pada truk box saat dilakukan pengujian dapat mendeteksi objek yang terdeteksi sensor dengan baik. Sensor mendeteksi obyek dan dapat mengirim data dengan baik sehingga perangkat output yang terletak didalam kabin dapat mengeluarkan output yang sesuai dengan jarak objek yang terdeteksi. Saklar yang digunakan sebagai simulasi integrasi pada saklar sen dan sensor gigi mundur juga berfungsi dengan baik. Ini terbukti dari saklar yang diaktifkan dapat menghidupkan buzzer dengan frekuensi yang sesuai.

5.2 Hasil Pengujian *White Box Testing*

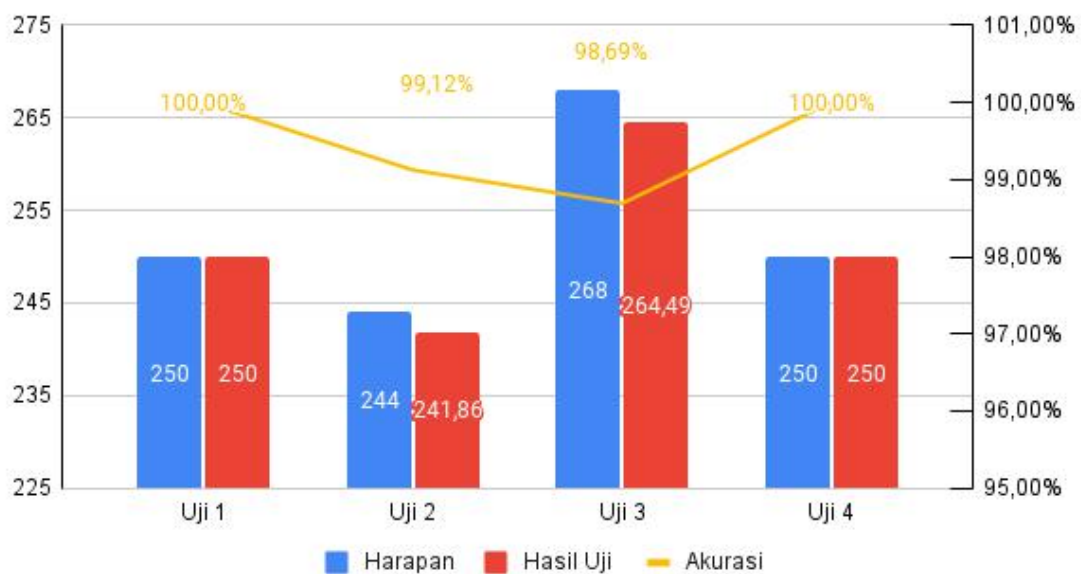
Pengujian sistem yang telah dibuat memiliki tujuan agar sistem sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan oleh pengguna. Pengujian sistem yang telah dibuat menggunakan metode *white box* dengan teknik *basic path*. Dengan metode ini penguji dapat melakukan evaluasi sistem berdasarkan baris kode yang telah ditulis. Selain itu pengujian dilakukan untuk mengetahui error atau kesalahan yang mungkin terjadi pada sistem. Pada proses pengujian kode yang telah dibuat dibagi menjadi dua kode yaitu kode untuk logika fuzzy dan kode untuk kontroler input output. Pada saat pengujian kondisi dari benda uji tidak berubah karena sistem hanya dapat mendeteksi objek didepan sensor dengan interval waktu per satu detik. Jika benda uji hanya sekedar melintas dengan durasi kurang dari satu detik maka sistem tidak dapat mendeteksi jarak objek tersebut. Selain itu pengujian dilakukan didalam ruangan.

5.2.1 Hasil Pengujian Logika Fuzzy

Proses pengujain logika fuzzy ini tidak dilakukan dengan jarak yang sebenarnya karena keterbatasan tempat dan sarana prasarana. Sehingga digunakan jarak dengan skala 1 : 5 dari jarak sebenarnya. Pada proses pengujian ini deklarasi himpunan fuzzy input yang

ditulis disesuaikan dengan skala yang digunakan. Sementara itu kode yang lain tidak dirubah sama sekali. Dari hasil pengujian kode logika fuzzy yang dibuat dihasilkan data seperti pada tabel 4.10. Dari data tersebut maka berikut merupakan visualisasi dari hasil uji dan nilai harapan dari baris kode yang telah dibuat:

Hasil Uji Logika Fuzzy



Gambar 5.7 Hasil Uji Logika Fuzzy

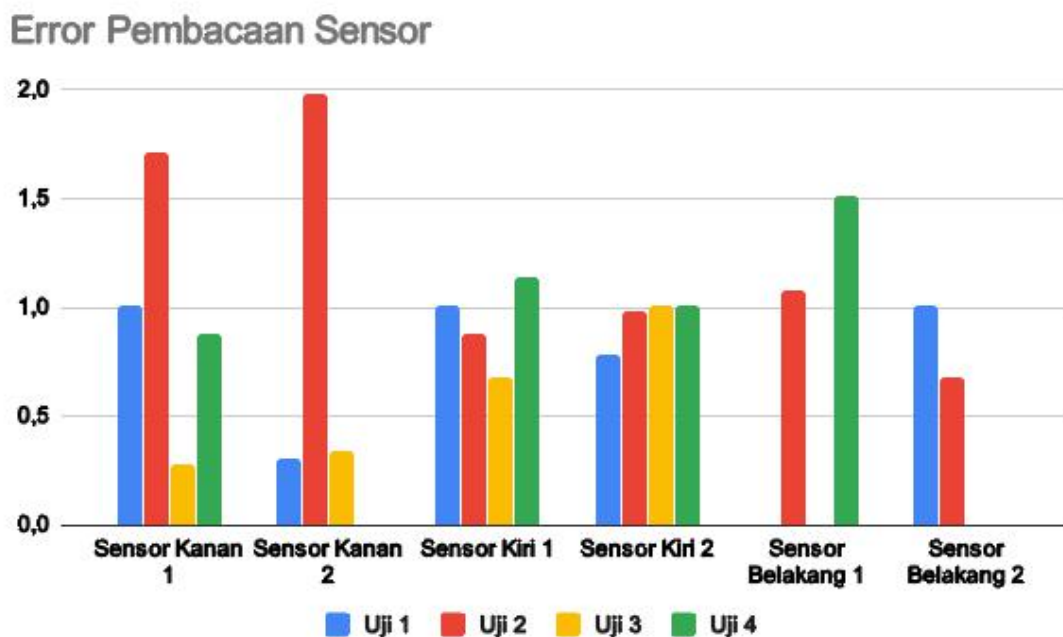
Dari chart tersebut seluruh nilai hasil uji dan nilai harapan menunjukkan hasil yang sama antara harapan dan hasil uji. *Bar chart* tersebut menunjukkan bahwa logika fuzzy yang digunakan sudah diimplementasikan dengan baik. Hal ini sesuai dengan hasil harapan yang didapat dari perhitungan menggunakan software matlab r2013a dengan hasil dari perhitungan oleh sistem pada mikrokontroler. Perolehan hasil uji dan harapan dikarenakan oleh aturan yang dibuat dan jarak pengujian. Dimana proses pengujian menggunakan teknik *basic path* mengharuskan seluruh *node* harus diuji walaupun hanya sekali.

Gambar 5.7 menunjukkan bahwa hasil defuzzifikasi harapan dan defuzzifikasi sistem yang ditunjukkan dari grafik batang dengan parameter berada disebelah kiri dan akurasi berupa garis kuning dengan parameter berada disebelah kanan. Dari gambar 5.7 didapatkan nilai akurasi dari logika fuzzy yang telah dibuat lebih dari 98%. Pada pengujian kedua dan ketiga hasil defuzzifikasi sistem lebih rendah daripada

defuzzifikasi harapan dengan error sebesar 1,31 % pada pengujian kedua dan 0,88% pada pengujian ke tiga. Pada pengujian pertama dan keempat nilai defuzzifikasi harapan dan nilai defuzzifikasi sistem menunjukkan nilai sama yaitu 250 dan akurasi 100%.

5.2.2 Hasil Pengujian Kontroler Input Output

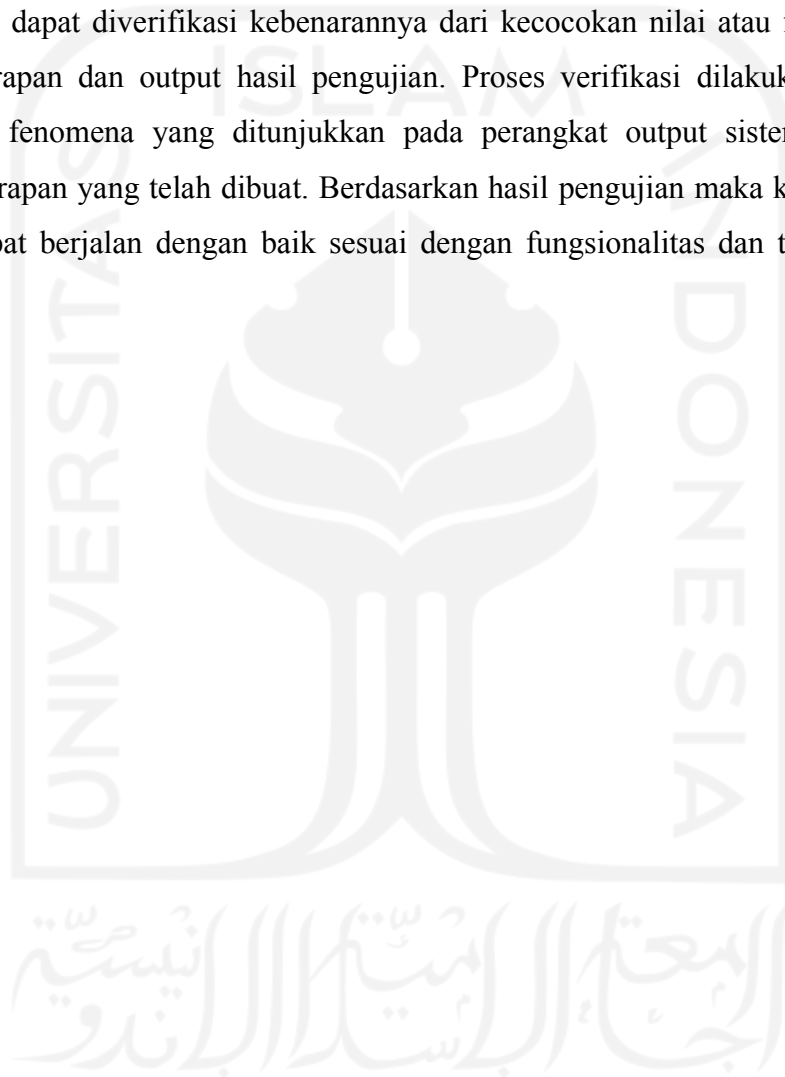
Seperti pada pengujian logika fuzzy proses pengujian kontroler input dan output dilakukan dengan skala 1 : 5 dari jarak sesungguhnya. Skenario pengujian pada kontroler input dan output ini telah ditentukan menggunakan teknik *basic path*. Pada teknik tersebut mengharuskan setiap *node* diuji setidaknya satu kali. Skenario pengujian menggunakan jarak yang sama untuk input sensor disebelah kanan, kiri dan belakang alat. Hasil pengujian secara lengkap pada kontroler input dan output dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13.



Gambar 5.8 Error Pembacaan Sensor Ultrasonik

Gambar 5.8 menunjukkan error yang terjadi pada pembacaan jarak objek oleh sensor. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa sensor memiliki keterbatasan dalam mendeteksi jarak karena terdapat jarak yang tidak sesuai ketika diukur menggunakan penggaris. Pada gambar 5.8 menunjukkan bahwa error pembacaan oleh sensor

ultrasonik kurang dari 2 cm pada setiap pengujiannya. Nilai error ini tidak terjadi pada setiap pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa akurasi dari sensor ultrasonik HC-SR04 dapat digunakan untuk deteksi objek yang tidak menuntut keakuratan deteksi yang tinggi. Dari empat kali hasil pengujian pada tabel 4.13 dijelaskan output harapan dan output hasil uji meunjukkan nilai atau fenomena yang sama. Semua parameter uji yang ditentukan dapat diverifikasi kebenarannya dari kecocokan nilai atau fenomena antara output harapan dan output hasil pengujian. Proses verifikasi dilakukan dengan cara megamati fenomena yang ditunjukkan pada perangkat output sistem dibandingkan dengan harapan yang telah dibuat. Berdasarkan hasil pengujian maka kode sistem yang dibuat dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsionalitas dan tujuan sistem ini dibuat.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pendeteksi objek pada area *blind spot* di truk box dibuat menggunakan metode prototyping dengan implementasi logika fuzzy. Pembuatan sistem deteksi objek ini didasarkan kepada masalah keterbatasan penglihatan pengemudi truk box untuk memantau kendaraan atau benda yang berada diluar area yang dapat dilihat dari kaca sepiion serta keterbatasan penglihatan pada malam hari. Dari permasalahan tersebut maka pada tahapan penentuan kebutuhan sistem dihasilkan sistem usulan yang memiliki fitur-fitur utama untuk menjawab permasalahan tersebut. Selain itu pada tahapan penentuan kebutuhan sistem juga dihasilkan kebutuhan fungsional sistem serta kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pembangunan sistem. Sistem deteksi objek pada area *blind spot* yang dibuat menggunakan enam sensor ultrasonik dimana dua buah ditempatkan di samping kanan, dua buah disamping kiri, dan dua buah dibagian belakang. Sebagai prosesor digunakan dua buah mikro kontroler berupa satu arduino uno R3 dan nodemcu ESP8266. Kemudian pada proses desain cepat dihasilkan desain input output sistem dan desain skematik perangkat keras. LED merah, kuning dan hijau digunakan sebagai perangkat output visual dan sebuah buzzer sebagai output audio. Selanjutnya pada proses pembangunan prototype perangkat keras dibuat berdasarkan skematik yang telah dibuat. Pada pembuatan perangkat lunak dimulai dengan pembuatan diagram alir logika yang menjadi acuan dalam pembuatan kode. Logika fuzzy digunakan sebagai algoritma pengolah data dari sensor-sensor. Hasil dari logika fuzzy kemudian menyalakan perangkat output berupa LED dan buzzer sesuai dengan hasil kategori defuzzifikasi logika fuzzy. Tahapan terakhir

dari pembangunan sistem deteksi objek adalah pengujian sistem menggunakan metode *whitebox* dengan teknik *basic path*. Dengan teknik ini sistem diuji menggunakan beberapa skenario yang telah ditentukan. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menghasilkan output sesuai dengan harapan sehingga sistem yang dibuat sesuai dengan fungsi dan dapat menjawab permasalahan yang ada. Sistem yang telah dibuat sudah diimplementasikan secara langsung menggunakan truk box mercedes-benz 917 dengan dimensi panjang 10 meter dan lebar 2,5 meter. Sistem dapat mendeteksi objek yang berada di area blind spot kendaraan dan memberikan peringatan sesuai dengan kondisi hasil logika fuzzy dari input sensor yang ada.

2. Sistem memperingatkan pengemudi jika ada kendaraan atau objek yang berada di area *blind spot* menggunakan LED sebagai output visual dan buzzer sebagai output audio. LED merah berkedip jika objek atau kendaraan berada pada kategori awas berdasarkan hasil defuzzifikasi logika fuzzy. LED kuning berkedip jika hasil defuzzifikasi menunjukkan kategori siaga. LED hijau berkedip jika hasil defuzzifikasi menunjukkan kategori aman. Buzzer berbunyi jika terdapat saklar ON dan berbunyi dengan interval mengikuti hasil defuzzifikasi. Jika tidak terdapat saklar pada kondisi ON maka sistem hanya menggunakan LED sebagai output visual untuk memperingatkan pengemudi.

6.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dapat mengembangkan sistem dengan perangkat keras yang lebih baik dalam jangkauan deteksi, tahan terhadap air dan dapat mengirimkan data tanpa ada distorsi data pada jarak kabel penghubung tertentu. Selain itu sistem dapat dikembangkan dengan penggunaan sensor input lebih banyak sehingga dapat area deteksi akan semakin baik dan dapat mengembangkan sistem yang telah dibuat menjadi sistem berbasis IOT sehingga data jarak deteksi serta hasil kategori logika fuzzy dapat diakses dari perangkat gawai pengemudi sehingga lebih interaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Z., Hassan, M. Z., N, A. W., Najib, S. M., & Nasir, N. S. (2020). Vehicle Blind Spot Monitoring Phenomenon using Ultrasonic Sensor. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(8), 4357–4365. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/50882020>
- Arduino S.r.l. (2022). *Arduino Uno R3 Datasheet*. Arduino.cc. <https://docs.arduino.cc/static/f4f4f91453bc9c4f20de043dfd9e3eff/A000066-datasheet.pdf>
- Direktorat Statistik Distribusi. (2021). *Statistik Transportasi Darat 2020*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <https://www.bps.go.id/publication/2021/11/29/4f0914ee631f397e1e6ad858/statistiktransportasi-darat-2020.html>
- Espressif Systems. (2022). *NodeMCU ESP8266 Datasheet*. Espressif Inc. https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- Gabriel, M. M., & Kuria, K. P. (2020). Arduino Uno, Ultrasonic Sensor HC-SR04 Motion Detector with Display of Distance in the LCD. *International Journal of Engineering Research And*, V9(05), IJERTV9IS050677. <https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS050677>
- Gupta, N., & Agarwal, A. K. (2018). Object Identification using Super Sonic Sensor: Arduino Object Radar. *2018 International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*, 92–96. <https://doi.org/10.1109/SYSMART.2018.8746951>
- Herlambang, A. D., Rachmadi, A., Utami, K., Hakim, R. I., & Rohmah, N. (2019). Pengembangan Fitur E-Matur dengan V-Model sebagai Alat Pengaduan Publik untuk Website Badan Kepegawaian Negara. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(5), 467. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2019651319>
- Hong, S., Shun', N. A., Doi, ichi, & Min, B. (2014). Study of safety driving assistant system using audio-visual alert. *International Journal of Vehicle Safety*, 7(1), 54. <https://doi.org/10.1504/IJVS.2014.058241>
- Hooda, D. S., & Raich, V. (2017). *Fuzzy logic models and fuzzy control: An introduction*. Alpha Science International Ltd.
- Huang, C.-Y. (2021). Vehicle Door Opening Control Model Based on a Fuzzy Inference System to Prevent Motorcycle–Vehicle Door Crashes. *Sustainability*, 13(22), 12558. <https://doi.org/10.3390/su132212558>
- Hyun, E., Jin, Y. S., & Lee, J. H. (2017). Design and development of automotive blind spot detection radar system based on ROI pre-processing scheme. *International Journal of Automotive Technology*, 18(1), 165–177. <https://doi.org/10.1007/s12239-017-0017-5>
- Jang, J.-S. R., Sun, C.-T., & Mizutani, E. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. Prentice Hall.
- Jurj, S. L., Rotar, R., Opritoiu, F., & Vladutiu, M. (2018). White-Box Testing Strategy for a Solar Tracking Device Using NodeMCU Lua ESP8266 Wi-Fi Network Development Board Module. *2018 IEEE 24th International Symposium for*

- Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 53–60.
<https://doi.org/10.1109/SIITME.2018.8599250>
- Kusuma, R. G., Devara, Y. M., Handoyo, T., & Arif, M. (2020). Rancang Bangun Alat Blind Spot Area Pada Kendaraan Truck Tangki Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.46447/ktj.v7i1.70>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan* (Edisi 2). Graha Ilmu.
- Li, G., Li, S. E., Zou, R., Liao, Y., & Cheng, B. (2019). Detection of road traffic participants using cost-effective arrayed ultrasonic sensors in low-speed traffic situations. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 132, 535–545. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2019.07.009>
- Liang-qun, L., Xi-yang, Z., Zong-xiang, L., & Wei-xin, X. (2018). Fuzzy logic approach to visual multi-object tracking. *Neurocomputing*, 281, 139–151. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.11.060>
- Liu, G., Wang, L., & Zou, S. (2017). A radar-based blind spot detection and warning system for driver assistance. *2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 2204–2208. <https://doi.org/10.1109/IAEAC.2017.8054409>
- Ogedebe, P. M., & Jacob, B. P. (2012). *Software Prototyping: A Strategy to Use When User Lacks Data Processing Experience*. 2, 6.
- Pokorny, P., Drescher, J., Pitera, K., & Jonsson, T. (2017). Accidents between freight vehicles and bicycles, with a focus on urban areas. *Transportation Research Procedia*, 25, 999–1007. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.474>
- PT Karma Yuda Tiga Berlian Motors. (2021). *Spesifikasi Mitsubishi Fuso Fighter X*. <https://ktbfuso.co.id/product-detail/52/fn-62-fl-hd-fn-62-fl-hd-r>
- Purnomo, D. (2017). Model Prototyping Pada Pengembangan Sistem Informasi. *J I M P - Jurnal Informatika Merdeka Pasuruan*, 2(2). <https://doi.org/10.37438/jimp.v2i2.67>
- Puspoprodjo, W. U., & Laila, N. N. (2021). Studi Pemahaman dan Perilaku Keselamatan Berkendara (Safety Riding) pada Remaja dan Usia Produktif di Pulau Jawa. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 20(3), 118–126. <https://doi.org/10.33221/jikes.v20i3.1480>
- Rahayuda, I. G. S., & Santiari, N. P. L. (2018). Basis Path Testing of Iterative Deepening Search and Held-Karp on Pathfinding Algorithm. *Kursor*, 9(2). <https://doi.org/10.28961/kursor.v9i2.129>
- Rahmat, B. F., Basjaruddin, N. C., & Saefudin, D. (2020). SISTEM PENGHINDAR TABRAKAN DEPAN- BELAKANG KOOPERATIF BERBASIS LOGIKA FUZZY. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 155–161.
- Romeo. (2003). *Testing Dan Implementasi Sistem* (1st ed.). STIKOM.
- Ross, T. J. (2010). *Fuzzy logic with engineering applications* (3rd ed). John Wiley.
- Sari, R., Herlawati, H., Khasanah, F. N., & Atika, P. D. (2022). Prototype Sensor Parking Otomatis Pada Area Blind-Spot Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 3(2), 76–84. <https://doi.org/10.47065/josh.v3i2.1245>

- Seiniger, P., Gail, J., & Schreck, B. (2015). Development of a test procedure for driver assist systems addressing accidents between right turning trucks and straight driving cyclists. *24th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*.
- Setiawan, A. E. (2019). Analisa Metode Fuzzy Mamdani Dan Sugeno Untuk Deteksi Daerah Rentan Banjir: Studi Kasus Kecamatan Pringsewu. *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, 1(1), 72–80. <https://doi.org/10.30604/jti.v1i1.12>
- Shao, Y., Chen, P., & Cao, T. (2018). A Grid Projection Method Based on Ultrasonic Sensor for Parking Space Detection. *IGARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3378–3381. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2018.8519022>
- Siregar, Z., & Dewi, I. (2020). *Analisis Ruas Jalan Lintas Sumatera Kota Tebing Tinggi Dan Kisaran Sebagai Titik Rawan Kecelakaan Lalu Lintas*. 11.
- Sriani, S. (2019). Pemanfaatan Sistem Pengendali Water Level Control Untuk Budidaya Ikan Gurame Pada Kolam Terpal Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler. *Elkawnie*, 5(1), 47. <https://doi.org/10.22373/ekw.v5i1.3766>
- Suardika, K. W., Gandhiadi, G. K., & Harini, L. P. I. (2018). PERBANDINGAN METODE TSUKAMOTO, METODE MAMDANI DAN METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN PRODUKSI DUPA (Studi Kasus: CV. Dewi Bulan). *E-Jurnal Matematika*, 7(2), 180. <https://doi.org/10.24843/MTK.2018.v07.i02.p201>
- Supply Chain Indonesia. (2016). *Kumpulan Data Transportasi Barang Indonesia*. Supply Chain Indonesia. https://supplychainindonesia.com/wpcontent/files/Kumpulan_Data_Transportasi_Barang_Indonesia_18-07-2016.pdf
- Trinovat, F. (2018). *RANCANG BANGUN SISTEM Pengereman Otomatis Dan Blind Spot Warning Pada Sepeda Motor Berbasis Arduino Uno* [Skripsi]. UIN Alauddin Makassar.
- Vicky, M. (2020). *SISTEM PENDETEKSI OBJEK PADA AREA BLIND SPOT DUMP TRUCK MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC DENGAN METODE SUGENO* [Skripsi]. UIN Syarif Hidayatullah.
- Yunardi, R. T., Setiawan, D., Maulina, F., & Prijo, T. A. (2018). Pengembangan Sistem Kontrol dan Pemantauan Tetesan Cairan Infus Otomatis Berbasis Labview dengan Logika Fuzzy. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(4), 403. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201854766>
- Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*, 21(4), 83–93. <https://doi.org/10.1109/2.53>

LAMPIRAN

A. Wawancara Narasumber

A.1 Narasumber 1

| | |
|--|-----------------------|
| Nama Narasumber | Kuriniawan Dwi Atmaja |
| Sudah berapa tahun saudara mengemudi truk box? | |
| Kurang lebih 3 tahun, 2 tahun di PT. Powerindo dan 1 tahun mandiri | |
| Truk yang pernah dikemudikan apa saja? | |
| Toyota Dyna, Mitsubishi Canter Long, Mitsubishi Ragasa, Mercedes-Benz 1417 dan Mercedes-Benz 917. | |
| Pernah memiliki pengalaman kecelakaan atau insiden yang berhubungan dengan <i>blind spot</i> truk yang dikemudikan? | |
| Tidak berharap kecelakaan, namun kalo insiden kecil pernah, seperti bumper belakang penyok karena nabrak pembatas saat mau bungkar muat digudang, sepion mobil probadi nyangkut di bumper belakang pernah, dimarahin sama pengemudi mobil sedan karena terlalu mepet soalnya mobilnya tidak terlihat dari kaca sepion. | |
| Bagian truk box mana yang memiliki blind spot paling besar / banyak ? | |
| Bagian belakang karena tertutup box truk, sama bagian kiri dibawah sepion. Kalo bagian kanan tidak terlalu masalah. | |
| Apakah kondisi lingkungan mempengaruhi penglihatan kendaraan yang ada di area <i>blind spot</i> ? | |
| Pengaruh, terlebih jika penerangan jalan minim dan ada motor yang lampunya mati. Selain itu jika hujan sulit untuk melihat kendaraan apalagi dari sepion sebelah kiri. | |
| Dimensi kendaraan berpengaruh terhadap bind spot ? | |
| Pengaruh, terlebih saya sudah pernah bawa truk pendek sama panjang bedanya sangat banyak. <i>Blind spot</i> di truk panjang lebih besar dan banyak. Jarak kendaran di belakang sama bawah sepion kiri yang paling sulit diperkirakan soalnya pantulan dari kaca sepion sebelah kiri tidak terlalu jelas. | |

A.2 Narasumber 2

| | |
|--|--------------|
| Nama Narasumber | Panji Irawan |
| Sudah berapa tahun saudara mengemudi truk box? | |
| Kurang lebih 6 tahun | |
| Truk yang pernah dikemudikan apa saja? | |

| |
|---|
| Mitsubishi Canter Long, Mitsubishi Ragasa |
| Pernah memiliki pengalaman kecelakaan atau insiden yang berhubungan dengan <i>blind spot</i> truk yang dikemudikan? |
| Pernah belum lama kecelakaan pas mundur nabrak motor alhamdulillah korban hanya luka ringan namun kerugian material lumayan merogoh dompet. |
| Bagian truk box mana yang memiliki blind spot paling besar / banyak ? |
| Bagian belakang karena tertutup box truk dan bagian kiri. Untuk bagian kanan masih bisa dilihat jelas. |
| Apakah kondisi lingkungan mempengaruhi penglihatan kendaraan yang ada di area <i>blind spot</i> ? |
| Jika hujan penglihatan dikaca sepiion tidak jelas sama sekali. Selain itu jika di jalan yang minim penerangan waktu malam hari juga agak was-was jika mau berhenti ditepi jalan takut tiba-tiba ada kendaraan yang nyelonong. |
| Dimensi kendaraan berpengaruh terhadap blind spot ? |
| Sangat berpengaruh, di truk standar itu jarak dan kendaraan masih bisa dikira-kira. Namun jika di truk panjang kira-kira jarak nya yang agak kesulitan. Jadi ketika menyalip ya ambil jarak aman yang agak jauh. |

B. Hasil Pengujian Logika Fuzzy

B.1 Hasil Uji Logika Fuzzy

B.1.1 Sekenario 1

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|----|----------|----------|----------------------|
| 1 | 10 | 58 | 250 |
| 2 | 10 | 58 | 250 |
| 3 | 10 | 58 | 250 |
| 4 | 10 | 58 | 250 |
| 5 | 10 | 58 | 250 |
| 6 | 10 | 58 | 250 |
| 7 | 10 | 58 | 250 |
| 8 | 10 | 58 | 250 |
| 9 | 10 | 58 | 250 |
| 10 | 10 | 58 | 250 |
| 11 | 9 | 58 | 250 |
| 12 | 9 | 58 | 250 |
| 13 | 9 | 57 | 250 |

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|-----------|----------|----------|----------------------|
| 14 | 10 | 57 | 250 |
| 15 | 10 | 58 | 250 |
| 16 | 10 | 58 | 250 |
| 17 | 10 | 57 | 250 |
| 18 | 10 | 57 | 250 |
| 19 | 10 | 57 | 250 |
| 20 | 10 | 57 | 250 |
| 21 | 10 | 57 | 250 |
| 22 | 10 | 57 | 250 |
| 23 | 10 | 57 | 250 |
| 24 | 10 | 57 | 250 |
| 25 | 10 | 58 | 250 |
| 26 | 10 | 57 | 250 |
| 27 | 10 | 57 | 250 |
| 28 | 10 | 57 | 250 |
| 29 | 10 | 57 | 250 |
| 30 | 10 | 57 | 250 |
| Rata-Rata | 9.90 | 57.50 | 250.00 |

B.1.1 Skenario 2

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|----|----------|----------|----------------------|
| 1 | 25 | 34 | 239.61 |
| 2 | 27 | 34 | 258.51 |
| 3 | 26 | 34 | 247.93 |
| 4 | 26 | 34 | 247.93 |
| 5 | 26 | 43 | 334.51 |
| 6 | 26 | 34 | 247.93 |
| 7 | 26 | 34 | 247.93 |
| 8 | 26 | 34 | 247.93 |
| 9 | 26 | 34 | 247.93 |

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|-----------|----------|----------|----------------------|
| 10 | 25 | 34 | 239.61 |
| 11 | 24 | 34 | 232.69 |
| 12 | 24 | 34 | 232.69 |
| 13 | 25 | 34 | 239.61 |
| 14 | 25 | 34 | 239.61 |
| 15 | 24 | 34 | 232.69 |
| 16 | 24 | 34 | 232.69 |
| 17 | 24 | 34 | 232.69 |
| 18 | 24 | 34 | 232.69 |
| 19 | 25 | 34 | 239.61 |
| 20 | 25 | 34 | 239.61 |
| 21 | 25 | 34 | 239.61 |
| 22 | 24 | 34 | 232.69 |
| 23 | 24 | 34 | 232.69 |
| 24 | 25 | 34 | 239.61 |
| 25 | 22 | 34 | 204.38 |
| 26 | 25 | 34 | 239.61 |
| 27 | 24 | 34 | 232.69 |
| 28 | 24 | 34 | 232.69 |
| 29 | 25 | 34 | 239.61 |
| 30 | 26 | 34 | 247.93 |
| Rata-Rata | 24.90 | 34.30 | 241.86 |

B.1.1 Sekenario 3

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|-----------|----------|----------|----------------------|
| 1 | 37 | 26 | 270.62 |
| 2 | 37 | 26 | 270.62 |
| 3 | 37 | 26 | 270.62 |
| 4 | 37 | 26 | 270.62 |
| 5 | 37 | 26 | 270.62 |
| 6 | 37 | 26 | 270.62 |
| 7 | 37 | 26 | 270.62 |
| 8 | 37 | 26 | 270.62 |
| 9 | 37 | 26 | 270.62 |
| 10 | 38 | 25 | 286.85 |
| 11 | 37 | 25 | 265.45 |
| 12 | 37 | 25 | 265.45 |
| 13 | 36 | 25 | 254.27 |
| 14 | 37 | 25 | 265.45 |
| 15 | 37 | 25 | 265.45 |
| 16 | 37 | 25 | 265.45 |
| 17 | 37 | 25 | 265.45 |
| 18 | 36 | 24 | 247.93 |
| 19 | 38 | 25 | 286.85 |
| 20 | 37 | 25 | 265.45 |
| 21 | 36 | 25 | 254.27 |
| 22 | 36 | 25 | 254.27 |
| 23 | 36 | 25 | 254.27 |
| 24 | 36 | 25 | 254.27 |
| 25 | 36 | 25 | 254.27 |
| 26 | 36 | 25 | 254.27 |
| 27 | 37 | 25 | 265.45 |
| 28 | 37 | 25 | 265.45 |
| 29 | 36 | 25 | 254.27 |
| 30 | 36 | 25 | 254.27 |
| Rata-Rata | 36.73 | 25.27 | 264.49 |

B.1.1 Sekenario 4

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|----|----------|----------|----------------------|
| 1 | 59 | 9 | 250 |
| 2 | 59 | 9 | 250 |
| 3 | 59 | 9 | 250 |
| 4 | 59 | 9 | 250 |
| 5 | 59 | 9 | 250 |
| 6 | 59 | 9 | 250 |
| 7 | 59 | 9 | 250 |
| 8 | 59 | 9 | 250 |
| 9 | 59 | 9 | 250 |
| 10 | 59 | 9 | 250 |
| 11 | 59 | 9 | 250 |
| 12 | 59 | 9 | 250 |
| 13 | 59 | 9 | 250 |
| 14 | 59 | 9 | 250 |
| 15 | 59 | 9 | 250 |
| 16 | 59 | 9 | 250 |
| 17 | 59 | 9 | 250 |
| 18 | 59 | 9 | 250 |
| 19 | 59 | 9 | 250 |
| 20 | 59 | 9 | 250 |
| 21 | 59 | 10 | 250 |
| 22 | 59 | 9 | 250 |
| 23 | 59 | 9 | 250 |
| 24 | 60 | 9 | 250 |
| 25 | 59 | 9 | 250 |
| 26 | 59 | 10 | 250 |
| 27 | 59 | 10 | 250 |
| 28 | 59 | 10 | 250 |
| 29 | 59 | 10 | 250 |
| 30 | 59 | 10 | 250 |

| No | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi Sistem |
|-----------|----------|----------|----------------------|
| Rata-Rata | 59.03 | 9.20 | 250.00 |

B.2 Hasil Serial Monitor

```

sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40

jarak belakang 1 =37.00, jarak belakang 2 =25.00
sensor belakang 1 : dekat =0.00, sedang =0.30, jauh =0.70
sensor belakang 2 : dekat =0.50, sedang =0.50, jauh =0.00

output kanan=250.00
output kiri=259.84
belakang =269.22

data masuk : 58.00@34.00@37.00@25.00@
58.00@34.00@37.00@25.00@
4
58.00
34.00
37.00
25.00
jarak kanan 1 =10.00, jarak kanan 2 =58.00
sensor 1 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00
sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00

jarak kiri 1 =28.00, jarak kiri 2 =34.00
sensor 1 : dekat =0.20, sedang =0.80, jauh =0.00
sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40

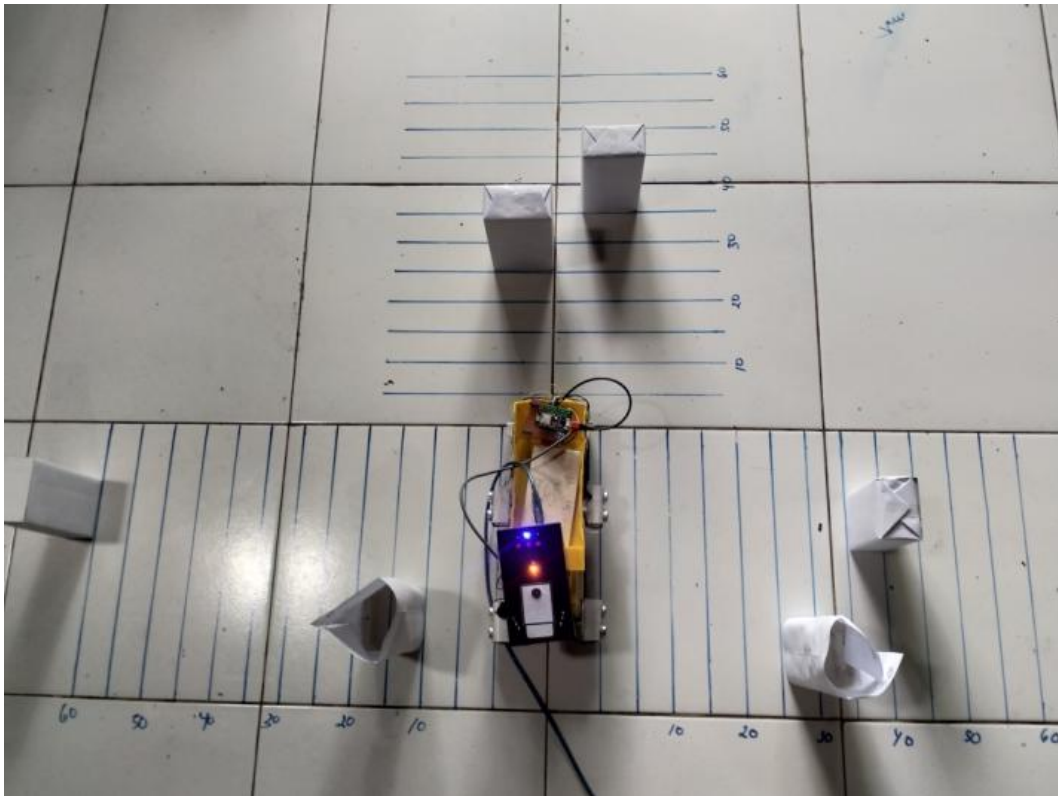
jarak belakang 1 =37.00, jarak belakang 2 =25.00
sensor belakang 1 : dekat =0.00, sedang =0.30, jauh =0.70
sensor belakang 2 : dekat =0.50, sedang =0.50, jauh =0.00

output kanan=250.00
output kiri=271.79
belakang =269.22

data masuk : 58.00@34.00@37.00@25.00@

```

B.3 Layout Pengujian



C. Hasil Pengujian Kontroler Input Output

C.1 Hasil Pembacaan Sensor

C.1.1 Skenario 1

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|----|----------|----------|---------------|----------|----------|---------------|----------|----------|---------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzifikasi |
| 1 | 9 | 25 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 2 | 9 | 24 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 3 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 4 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 5 | 9 | 24 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 6 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 7 | 9 | 25 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 8 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 9 | 9 | 24 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 10 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 11 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|-----------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| 12 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 13 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 14 | 9 | 24 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 15 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 16 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 17 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 18 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 19 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 20 | 9 | 24 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 21 | 9 | 24 | 100 | 9 | 25 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 22 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 23 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 24 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 25 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 26 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 27 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 28 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 29 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| 30 | 9 | 24 | 100 | 9 | 26 | 100 | 10 | 26 | 100 |
| Rata-Rata | 9 | 24.07 | 100 | 9 | 25.77 | 100 | 10 | 26 | 100 |

C.1.2 Sekenario 2

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|-------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| 1 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 60 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 2 | 26 | 58 | 334.51 | 25 | 59 | 324.13 | 26 | 60 | 334.51 |
| 3 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 4 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 5 | 27 | 59 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 6 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 7 | 26 | 58 | 334.51 | 27 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 8 | 28 | 58 | 370.58 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 9 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 10 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 11 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 12 | 26 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 13 | 28 | 58 | 370.58 | 25 | 59 | 324.13 | 26 | 61 | 334.51 |
| 14 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 15 | 26 | 58 | 334.51 | 25 | 59 | 324.13 | 26 | 61 | 334.51 |
| 16 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 17 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 18 | 28 | 58 | 370.58 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 19 | 28 | 58 | 370.58 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 20 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 21 | 28 | 58 | 370.58 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 22 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 23 | 28 | 58 | 370.58 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 24 | 27 | 58 | 346.36 | 25 | 59 | 324.13 | 28 | 61 | 334.51 |
| 25 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 26 | 26 | 58 | 334.51 | 25 | 59 | 324.13 | 26 | 61 | 334.51 |
| 27 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 60 | 334.51 |
| 28 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 29 | 26 | 58 | 334.51 | 26 | 59 | 334.51 | 26 | 61 | 334.51 |
| 30 | 27 | 58 | 346.36 | 26 | 59 | 334.51 | 26.0 | 61.0 | 334.51 |
| Rata- | 26.7 | 58.03 | 345.67 | 25.87 | 59.03 | 332.78 | 26.07 | 60.67 | 334.51 |

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| Rata | | | | | | | | | |

C.1.3 Sekenario 3

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|----|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| 1 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 2 | 35 | 8 | 175 | 31 | 9 | 102.55 | 35 | 10 | 175 |
| 3 | 35 | 10 | 175 | 29 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 4 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 5 | 36 | 8 | 212.19 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 6 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 7 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 8 | 35 | 8 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 9 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 10 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 11 | 36 | 10 | 212.19 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 12 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 13 | 36 | 8 | 212.19 | 30 | 9 | 100 | 35 | 10 | 175 |
| 14 | 36 | 10 | 212.19 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 15 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 16 | 36 | 10 | 212.19 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 17 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 18 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 19 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 20 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 21 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 22 | 35 | 10 | 175 | 33 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 23 | 36 | 10 | 212.19 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 24 | 35 | 10 | 175 | 34 | 9 | 166.65 | 35 | 10 | 175 |

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|-----------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| 25 | 36 | 10 | 212.19 | 32 | 9 | 129.42 | 35 | 10 | 175 |
| 26 | 35 | 8 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 27 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 28 | 35 | 10 | 175 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 29 | 36 | 10 | 212.19 | 35 | 9 | 175 | 35 | 10 | 175 |
| 30 | 35 | 10 | 175 | 36 | 9 | 185.35 | 35 | 10 | 175 |
| Rata-Rata | 35.27 | 9.67 | 184.92 | 34.33 | 9.00 | 168.63 | 35 | 10 | 175.00 |

C.1.4 Sekenario 4

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|----|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| 1 | 61 | 35 | 400 | 58 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 2 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 3 | 60 | 35 | 400 | 58 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 4 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 5 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 6 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 7 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 8 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 9 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 10 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 11 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 12 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 13 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 14 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 15 | 60 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 16 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |

| No | Kanan | | | Kiri | | | Belakang | | |
|-----------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|----------|----------|----------------|
| | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi | Sensor 1 | Sensor 2 | Defuzzi-fikasi |
| 17 | 60 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 18 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 19 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 20 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 21 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 22 | 61 | 35 | 400 | 57 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 23 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 24 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 25 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 59 | 35 | 400 |
| 26 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 27 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 28 | 60 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 29 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| 30 | 61 | 35 | 400 | 59 | 34 | 400 | 58 | 35 | 400 |
| Rata-Rata | 60.87 | 35 | 400 | 58.87 | 34 | 400 | 58.5 | 35 | 400 |

C.2 Hasil Serial Monitor

| | |
|---|--|
| <pre> sensor 2 : dekat =0.50, sedang =0.50, jauh =0.00 jarak belakang 1 =10.00, jarak belakang 2 =30.00 sensor belakang 1 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 sensor belakang 2 : dekat =0.00, sedang =1.00, jauh =0.00 output kanan=102.50 output kiri=102.50 belakang =102.50 data masuk : 23.00@25.00@10.00@30.00@ 23.00@25.00@10.00@30.00@ 4 23.00 25.00 10.00 30.00 jarak kanan 1 =10.00, jarak kanan 2 =23.00 sensor 1 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 sensor 2 : dekat =0.70, sedang =0.30, jauh =0.00 jarak kiri 1 =3.00, jarak kiri 2 =25.00 sensor 1 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 sensor 2 : dekat =0.50, sedang =0.50, jauh =0.00 jarak belakang 1 =10.00, jarak belakang 2 =30.00 sensor belakang 1 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 sensor belakang 2 : dekat =0.00, sedang =1.00, jauh =0.00 output kanan=102.50 output kiri=102.50 belakang =102.50 </pre> | <pre> sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 jarak belakang 1 =27.00, jarak belakang 2 =59.00 sensor belakang 1 : dekat =0.30, sedang =0.70, jauh =0.00 sensor belakang 2 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 output kanan=340.00 output kiri=325.00 belakang =355.00 data masuk : 58.00@58.00@26.00@59.00@ 58.00@58.00@26.00@59.00@ 4 58.00 58.00 26.00 59.00 jarak kanan 1 =26.00, jarak kanan 2 =58.00 sensor 1 : dekat =0.40, sedang =0.60, jauh =0.00 sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 jarak kiri 1 =25.00, jarak kiri 2 =58.00 sensor 1 : dekat =0.50, sedang =0.50, jauh =0.00 sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 jarak belakang 1 =26.00, jarak belakang 2 =59.00 sensor belakang 1 : dekat =0.40, sedang =0.60, jauh =0.00 sensor belakang 2 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 output kanan=340.00 output kiri=325.00 belakang =340.00 </pre> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autoscroll <input type="checkbox"/> Show timestamp | <input checked="" type="checkbox"/> Autoscroll <input type="checkbox"/> Show timestamp |
| <pre> sensor 2 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 jarak belakang 1 =8.00, jarak belakang 2 =9.00 sensor belakang 1 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 sensor belakang 2 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 output kanan=161.50 output kiri=161.50 belakang =102.50 data masuk : .00@9.00@36.00@10.00@ 8.00@9.00@35.00@10.00@ 4 .00 9.00 36.00 10.00 jarak kanan 1 =34.00, jarak kanan 2 =0.00 sensor 1 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40 sensor 2 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 jarak kiri 1 =34.00, jarak kiri 2 =9.00 sensor 1 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40 sensor 2 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 jarak belakang 1 =36.00, jarak belakang 2 =10.00 sensor belakang 1 : dekat =0.00, sedang =0.40, jauh =0.60 sensor belakang 2 : dekat =1.00, sedang =0.00, jauh =0.00 output kanan=161.50 output kiri=161.50 belakang =191.00 </pre> | <pre> sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40 jarak belakang 1 =39.00, jarak belakang 2 =35.00 sensor belakang 1 : dekat =0.00, sedang =0.10, jauh =0.90 sensor belakang 2 : dekat =0.00, sedang =0.50, jauh =0.50 output kanan=400.00 output kiri=400.00 belakang =387.50 data masuk : 34.00@34.00@39.00@35.00@ 34.00@34.00@38.00@35.00@ 4 34.00 34.00 39.00 35.00 jarak kanan 1 =60.00, jarak kanan 2 =34.00 sensor 1 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40 jarak kiri 1 =40.00, jarak kiri 2 =34.00 sensor 1 : dekat =0.00, sedang =0.00, jauh =1.00 sensor 2 : dekat =0.00, sedang =0.60, jauh =0.40 jarak belakang 1 =39.00, jarak belakang 2 =35.00 sensor belakang 1 : dekat =0.00, sedang =0.10, jauh =0.90 sensor belakang 2 : dekat =0.00, sedang =0.50, jauh =0.50 output kanan=400.00 output kiri=400.00 belakang =387.50 </pre> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autoscroll <input type="checkbox"/> Show timestamp | <input checked="" type="checkbox"/> Autoscroll <input type="checkbox"/> Show timestamp |

C.3 Layout Pengujian

