

**MONITORING LINGKUNGAN KOST-KOSTAN MAHASISWA
SEKITAR KAMPUS UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
MENGUNAKAN *IoT* DAN METODE
FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh :
SITI KHODIJAH HIDAYATI
NIM. 15650047



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**



**MONITORING LINGKUNGAN KOST-KOSTAN MAHASISWA
SEKITAR KAMPUS UIN MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG MENGGUNAKAN *IoT* DAN METODE
FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

**Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :
SITI KHODIJAH HIDAYATI
NIM. 15650047**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

LEMBAR PERSETUJUAN

**MONITORING LINGKUNGAN KOST-KOSTAN MAHASISWA
SEKITAR KAMPUS UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
MENGUNAKAN *IoT* DAN METODE
FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh:
SITI KHODIJAH HIDAYATI
NIM. 15650047

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 17 Desember 2019

Dosen Pembimbing I



Fachrul Kurniawan, M.MT
NIP. 19771020 200912 1 001

Dosen Pembimbing II



Ainatul Mardhiyah, M.Cs
NIDT. 19860330 20160801 2 075

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN

**MONITORING LINGKUNGAN KOST-KOSTAN MAHASISWA
SEKITAR KAMPUS UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
MENGUNAKAN *IoT* DAN METODE
FUZZY MAMDANI**

SKRIPSI

Oleh:
SITI KHODIJAH HIDAYATI
NIM. 15650047

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal 12 Desember 2019

Susunan Dewan Penguji

- | | |
|-----------------------|---|
| 1. Penguji Utama | : <u>Hani Nurhayati, M.T</u>
NIP. 19780625 200801 2 006 |
| 2. Ketua Penguji | : <u>Yunifa Miftachul Arif, M.T</u>
NIP. 19830616 201101 1 004 |
| 3. Sekretaris Penguji | : <u>Fachrul Kurniawan, M.M.T</u>
NIP. 19771020 200912 1 001 |
| 4. Anggota Penguji | : <u>Ainatul Mardhiyah, M.Cs</u>
NIDT. 19860330 20160801 2 075 |

Tanda tangan

()
()
()
()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Siti Khodijah Hidayati

NIM : 15650047

Jurusan : Teknik Informatika

Fakultas : Sains dan Teknologi

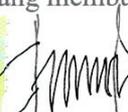
Judul : **Monitoring Lingkungan Kost-Kostan Mahasiswa Sekitar Kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Menggunakan IoT dan Metode Fuzzy Mamdani**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran oleh orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Malang, 22 Desember 2019

Yang membuat pernyataan




Siti Khodijah Hidayati
NIM. 15650047

MOTTO

الْوَقْتُ أَثْمَنُ مِنَ الذَّهَبِ

Al-Waktu Atsmanu Minadz Dzahabi

“Time is more expensive than gold”

“Waktu itu lebih mahal dari Emas”



HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

Puji syukur kehadirat Allah, shalawat dan salam bagi Rasul-Nya

Saya persembahkan sebuah karya ini kepada:

Kepada Orang Tua yang sangat saya cintai Bapak Sihabudin dan Ibu Mudrikah, serta kakak-kakak tercinta Khasan Basri, Uswatun Khasanah, Laelatul Badriyah, dan tak lupa adik tercinta Muhammad Khafidz Khasan

Dosen pembimbing saya Bapak Fachrul Kurniawan, M.MT dan Ibu Ainatul Mardhiyah M.Cs, seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, serta seluruh ustad- ustadzah yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada saya

Saya ucapkan terimakasih yang luar biasa. Semoga ukhwah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Allahumma Aamiin.

KATA PENGANTAR

AssalamualaikumWr. Wb.

Alhamdulillahirobbilalamin, segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam. Segala kebaikan rahmat dan hidayat-Nya semoga tetap mengalir deras kepada kita semua. Shalawat serta salam atas junjungan nabi akhir zaman kita, nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan terang bagi kita dari zaman yang biadab menuju zaman yang beradab.

Banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan skripsi, baik itu bantuan dukungan moril maupun bantuan asupan materil. Atas segala bantuan-bantuan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Abah dan Ibu, yang selalu memberikan dukungan yang tak terhingga, memberikan motivasi seluas angkasa, dan doa yang tak pernah berhenti dan selalu senantiasa menyertai setiap langkah penulis.
2. Bapak Fachrul Kurniawan, M.M.T selaku dosen pembimbing utama saya yang telah membimbing, mengarahkan, memberi saran, motivasi dan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi saya selama mengerjakan skripsi ini.
3. Ibu Ainatul Mardhiyah, M.Cs selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan kritik, saran dan motivasi yang membangun demi terselesaikannya penelitian skripsi ini yang lebih baik.

4. Ketua Jurusan bapak Dr.Cahyo Crysdiand dan seluruh jajaran dosen/ pengajar jurusan Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu-ilmu yang bermanfaat bagi penulis
5. Pengasuh Pondok Putri Al-Hikmah Al-Fathimiyyah yang telah memberikan dorongan spriritual dan motivasi-motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Teman – Teman Interface Angkatan 2015 yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh Santri Al-Hikmah Al-Fathimiyah yang telah memberikan semangat yang tak pernah padam dalam menyelesaikan skripsi ini.

Seperti halnya manusia biasa, penulis pun tak akan luput dari segala kesalahan baik itu disengaja maupun tidak, baik itu kesalahan kecil maupun besar dalam penulisan skripsi ini. Maka dari itu, secara terbuka penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga kekurangan yang saya miliki dapat disempurnakan oleh peneliti-peneliti selanjutnya serta semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua, *Amiin*.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Malang, 22 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pernyataan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. SistematikaPenulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terkait.....	6
2.2 Monitoring Lingkungan.....	10
2.3 IoT (Internet Of Things).....	11
2.4 Sensor	12
2.4.1. Sensor Gas MQ-7.....	12
2.5 Kamera Web.....	13
2.6 Note MCU ESP8266	14
2.7 TP-Link MR 3020	15
2.8 Logika <i>Fuzzy</i>	15
2.9 Himpunan Logika <i>Fuzzy</i>	17

2.10	Fungsi Keanggotaan.....	20
2.11	<i>Fuzzy Mamdani</i>	24
2.12	ISPU (Index Standar Pencemar Udara).....	28
2.13	ROC (Receiver Operating Characteristic).....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....		33
3.1	Metode Penelitian.....	33
3.2	Desain Sistem	34
3.3	Diagram Alur Sistem Monitoring.....	36
3.4	Proses <i>Fuzzy</i> Sistem Monitoring	37
3.5	Implementasi Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	38
3.5.1	Pembentukan Himpunan <i>Fuzzy</i>	38
3.5.2	Fungsi Implikasi (Aturan)	47
3.5.3	Aplikasi Fungsi Implikasi Menggunakan Metode MIN	54
3.5.4	Penegasan (defuzzifikasi).....	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		65
4.1	Tampilan Program Monitoring.....	65
4.1.1	Tampilan Monitoring Grafik Per Hari	65
4.1.2	Tampilan Monitoring Grafik Per Waktu.....	66
4.1.3	Tampilan Perhitungan <i>Fuzzy</i>	66
4.1.4	Tampilan Data Polusi.....	67
4.1.5	Tampilan Data Arus lalu lintas	67
4.1.6	Tampilan Data Tumbuhan.....	67
4.2	Pembuatan Program.....	68
4.3	Hasil Data Penelitian dan Evaluasi Program.....	78
4.3.1	Hasil Data Penelitian Pagi Pukul 07.00 – 08.00 WIB	79
4.3.2	Hasil Data Penelitian Siang Pukul 12.00 – 13.00	80
4.3.3	Hasil Data Penelitian Pukul 16.00 – 17.00 WIB.....	81
4.3.4	Evaluasi Program	82
4.4	Integrasi Sistem dengan Islam.....	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		87
5.1.	Kesimpulan.....	87
5.2.	Saran.....	87



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Angka dan Kategori Indeks Standar Pencemar Udara.....	29
Tabel 2.2	Perioda Pengukuran Rerata Parameter ISPU.....	30
Tabel 2.3	Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan SI.....	30
Tabel 3.1	Himpunan dan Domain Arus Lalu Lintas.....	40
Tabel 3.2	Himpunan dan Domain Polusi.....	42
Tabel 3.3	Himpunan dan Domain Tumbuhan.....	45
Tabel 3.4	Himpunan dan Domain Suhu.....	46
Tabel 4.1	Hasil Data Penelitian Pagi Pukul 07.00 – 08.00 WIB.....	79
Tabel 4.2	Hasil Data Penelitian Siang Pukul 12.00 – 13.00 WIB.....	80
Tabel 4.3	Hasil Data Penelitian Sore Pukul 16.00 – 17.00 WIB.....	81
Tabel 4.4	Data Hasil Akurasi dari Data Penelitian dan Data BMKG....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sensor Gas MQ-7.....	12
Gambar 2.2	Kamera Web.....	13
Gambar 2.3	Node MCU ESP 8266.....	14
Gambar 2.4	TP-Link MR 3020.....	15
Gambar 2.5	Representasi Linier Naik.....	21
Gambar 2.6	Representasi Linier Turun.....	22
Gambar 2.7	Kurva Segitiga.....	23
Gambar 2.8	Kurva Trapesium.....	23
Gambar 2.9	<i>Matriks Confusion</i>	32
Gambar 3.1	Desain Sistem.....	35
Gambar 3.2	Diagram Alur Sistem Monitoring.....	36
Gambar 3.3	<i>Flowchart Fuzzy Mamdani</i>	37
Gambar 3.4	Fungsi Keanggotaan Arus Lalu Lintas.....	40
Gambar 3.5	Fungsi Keanggotaan Polusi.....	42
Gambar 3.6	Fungsi Keanggotaan Tumbuhan.....	45
Gambar 3.7	Fungsi Keanggotaan Suhu.....	46
Gambar 3.8	Fungsi Keanggotaan Variabel Arus lalu lintas.....	51
Gambar 3.9	Fungsi Keanggotaan Variabel Polusi.....	52
Gambar 3.10	Fungsi Keanggotaan Variabel Tumbuhan.....	53
Gambar 3.11	Daerah Hasil Komposisi.....	61
Gambar 4.1	Tampilan Monitoring Grafik Harian	65
Gambar 4.2	Tampilan Grafik Per Waktu.....	66

Gambar 4.3	Tampilan Perhitungan <i>Fuzzy</i>	66
Gambar 4.4	Tampilan Data Polusi.....	67
Gambar 4.5	Tampilan Data Arus lalu lintas.....	67
Gambar 4.6	Tampilan Data Tumbuhan.....	67



ABSTRAK

Hidayati, Siti Khodijah. 2019. **Monitoring Lingkungan Kost-Kostan Sekitar Kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Menggunakan IoT dan Metode Fuzzy Mamdani**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Fachrul Kurniawan, M.T. (II) Ainatul Mardhiyah, M. Sc.

Kata Kunci : Kost-Kostan, Fuzzy Mamdani, *IoT*

Kota Malang merupakan kota pendidikan karena ada beberapa universitas baik negeri maupun swasta yang berada di kota ini. Hal ini menyebabkan peningkatan jumlah populasi di kota ini semakin meningkat. Meningkatnya jumlah mahasiswa baik dari luar kota ataupun luar provinsi tentunya membutuhkan tempat tinggal selama perkuliahan berlangsung. Tempat kost-kostan merupakan tempat yang dicari oleh sebagian besar mahasiswa karena memiliki harga murah dan memiliki akses dekat dengan kampus, sehingga banyak bermunculan tempat kost-kostan yang berada di sekitar area kampus di kota Malang.

Meningkatnya jumlah populasi mahasiswa yang pesat dengan segala kegiatan mobilitasnya juga berpengaruh pada arus lalu lintas yang mengakibatkan kepadatan sistem transportasi di kota Malang terutama kendaraan bermotor. Peneliti mencoba mengembangkan sebuah alat monitoring untuk mengetahui arus lalu lintas dan polusi udara berbasis *Internet Of Things*. Data yang didapat dari sistem monitoring tersebut diproses menggunakan metode *fuzzy Mamdani*. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus di tiga titik lokasi area kost-kostan, yang mana masing-masing lokasi dilakukan pengambilan data selama tiga hari yaitu pada hari senin, rabu dan sabtu dengan durasi waktu 3jam selama satu hari yakni pada jam 07.00-08.00 WIB, 12.00-13.00WIB, dan 16.00-17.00 WIB. Dari hasil data penelitian yang dilakukan di tiga titik lokasi jalan kost-kostan menggunakan alat monitoring lingkungan kost-kostan memiliki tingkat akurasi sebesar 62 %.

ABSTRACT

Hidayati, Siti Khodijah. 2019. **Monitoring Environment in boarding house around Islamic State University Malang using IoT and Fuzzy Mamdani Method.** Minithesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.
Counselor: (I) Fahrul Kurniawan, M.T. (II) Ainatul Mardhiyah, M. Sc.

Keyword :Boarding House, Mamdani Fuzzy, IoT

Malang is an education city because there are several universities, both stated or private owned. This causes increasing a number of population in the city more increases. The increasing number of students both from outside the city or outside the province certainly needs a place to stay during lecture. Boarding houses are places that are sought aftermost students. Because, the boarding houses have cheap cost and near access to the campus. That result that a lot of boarding houses are popping up around the campus area in Malang.

The rapid increasing a number of students' populationsaffectsthe flow of trafficwith all their mobility activities. It affected to the density of transportation system in Malang especially motorized vehicles. Researcher tries to develop a monitoring tool to determine the traffic flow and air pollution based on the Internet of Things. Data is obtained by the monitoring system that result is processed using the Mamdani fuzzy method. The study was conducted in August at three locations in the boarding areas, where each location was collected for three days of data on Monday, Wednesday and Saturday with a duration of 3 hours for one day at 07.00-08.00 WIB, 12:00 -13.00WIB, and 16.00-17.00 WIB. From the results of research data conducted at three locations of boarding roads using boarding environment monitoring tools have an accuracy rate of 62%.

ملخص البحث

هداية، سيتي خديجة. 2019. الرصد البيئي للبيت المستأجر حول جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج باستخدام *IoT* و طريقة *Fuzzy Mamdani*. البحث العلمي. قسم تقنيّة المعلومات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة: (I) فخر الكورنياوان الماجستير. (II) عينة المرضية الماجستير.

الكلمات الرئيسية : البيت المستأجر, *IoT*, *Fuzzy Mamdani*.

مالاغ هي مدينة تعليمية لأن هناك العديد من الجامعات ، العامة والخاصة. وهذا سبب زيادة عدد السكان في هذه المدينة. فطبعاً زيادة عدد الطلاب الخارجية ت حتاج المكان للإقامة فيه طوال تعليميتهم في الجامعة. و البيت المستأجر هو المكان المختار لهم لأن له ثمن راحص و قريب من الجامعة , لذا يقع هذا البيت المستأجر العديد حول الجامعات بمالانج.

تؤثر الزيادة السريعة في عدد الطلاب مع جميع أنشطة التنقل الخاصة بهم أيضاً على تدفق حركة المرور مما يؤدي إلى ازدحام نظام وسائل النقل في مالانج ، وخاصة المركبات الآلية. يحاول الباحثون تطوير أداة مراقبة لتحديد تدفق حركة المرور وتلوث الهواء على أساس إنترنت الأشياء. تتم معالجة البيانات التي تم الحصول عليها من نظام المراقبة باستخدام طريقة *fuzzy Mamdani*. يجري هذا البحث في شهر أغسطس في ثلاثة مواقع البيت المستأجر ، حيث تم جمع كل موقع لمدة ثلاثة أيام من البيانات ، وهي يوم الاثنين والأربعاء والسبت لمدة 3 ساعات ليوم واحد ، في الساعة WIB 08.00-7.00 ، WIB 12.00-13.00 ، و WIB 17.00-16.00. و نتائج بيانات البحوث التي جرت في ثلاثة مواقع للطرق ا لبيت المستأجر باستخدام أدوات مراقبة البيئة الداخلية ، فإن معدل دقة 62 %.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Malang dikenal sebagai kota pendidikan hampir setiap tahunnya ada kurang lebih 10.000 pendatang baru yang berdominasi sebagai calon mahasiswa. Hal ini dikarenakan banyaknya perguruan tinggi negeri maupun swasta yang di kota Malang. Meningkatnya jumlah daya tampung dari setiap universitas mengakibatkan semakin banyak pula jumlah mahasiswa yang ada di kota Malang. Sebagian besar mahasiswa tersebut berasal dari luar kota ataupun luar provinsi, yang tentunya membutuhkan tempat tinggal selama masa perkuliahan berlangsung.

Tempat kost-kostan merupakan tempat yang dicari dari sebagian besar mahasiswa karena harga yang murah, dan memiliki yang dekat akses menuju kampus. Sehingga banyak bermunculan tempat kost-kostan yang berada di sekitar area kampus di kota Malang. Meningkatnya jumlah mahasiswa yang pesat di area kost-kostan dengan segala kegiatan mobilitasnya juga berpengaruh pada arus lalu lintas. Salah satu pengaruhnya adalah meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Penggunaan kendaraan bermotor yang semakin meningkat tersebut juga menyebabkan polusi udara semakin tinggi.

Berdasarkan peraturan pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara, maka udara perlu dilakukan pengendalian terhadap pencemaran udara. Pengendalian pencemaran udara dilakukan dengan berbagai teknik dan pengukuran tertentu, yang bertujuan untuk

mengurangi kecepatan pertumbuhan polusi udara secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran tersebut melibatkan teknologi, material, pengoptimalan ataupun pembatasan terhadap parameter yang di ukur (Akhmad *et al*,1999).

Tingkat pencemaran udara diberbagai tempat di kota Malang berbeda – beda, dikarenakan jumlah dari sumber polusi dan polutan dari setiap tempat tidak sama, salah satu contohnya pencemaran udara akibat arus lalu lintas lalu lintas di area kost-kostan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan monitoring pada area sekitar kost-kostan.

Allah berfirman dalam surat Al-Imron ayat 190:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ
لِّأُولِي الْأَبْصَارِ

”Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih berganti siang dan malam terdapat (tanda-tanda kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berakal”. (Q.S Al-Imron: 190)

Ayat diatas memberikan penjelasan bahwa orang berakal adalah orang yang mengingat Allah dengan ucapan dan hati dalam situasi dan kondisi apapun, dan memikirkan ciptaan Allah salah satu contohnya yakni merenungkan dan memahami tentang fenomena alam dan segala sesuatu yang ada di dalamnya sampai kepada bukti yang nyata tentang keesaan dan kekuasaan Allah.

Islam menganjurkan umatnya supaya memperhatikan fenomena alam, dan merenungkan keindahan penciptaan Allah, serta memikirkan kejadian yang ada di langit dan bumi. Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah adalah bukti kekuasaan Allah. Dengan berfikir tentang penciptaan Allah maka manusia dapat

mengenal dan bertaqorrub kepada Allah SWT. Berdasarkan ayat diatas islam menuntun umatnya agar memanfaatkan kehebatan potensi akal yang dimiliki untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi melalui keangungan penciptaan langit dan bumi, pergantian siang dan malam untuk mengungkap keangungan penciptaan Allah.

Dari penjelasan ayat diatas, peneliti mencoba mengembangkan sebuah alat monitoring untuk mengetahui arus lalu lintas dan polusi udara berbasis *Internet Of Things*. Data yang didapat dari sistem monitoring tersebut diproses menggunakan metode *fuzzy* Mamdani. Metode *fuzzy* Mamdani dinilai sebagai metode yang sederhana, bersifat intuitif dan mudah dimengerti (Castellano *et al*, 2003). Dengan adanya sistem monitoring ini, diharapkan arus lalu lintas dan tingkat polusi udara yang ada di lingkungan area kost- kostan dapat terpantau, dan data yang telah di peroleh dari alat monitoring tersebut dapat dimanfaatkan sebagai solusi selanjutnya untuk mengendalikan kualitas udara.

1.2. Pernyataan Masalah

Bagaimana tingkat akurasi monitoring lingkungan kost-kostan mahasiswa untuk mengetahui aktifitas mahasiswa menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani?

1.3. Tujuan Penelitian

Mengolah data yang di dapat dari alat monitoring lingkungan kost - kostan mahasiswa untuk mengetahui aktifitas mahasiswa menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani

1.4. Batasan Penelitian

1. Studi kasus pada tiga titik lokasi kost - kostan yaitu Jalan Sunan Kali Jaga Dalam, Jalan Kertoraharjo, dan Jalan Joyosuko yang berada di sekitar kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

2. Hardware yang digunakan Kamera Web, Sensor Polusi MQ-7, Node MCU ESP 8266 dan TP-Link MR 3020
3. Software yang digunakan Matlab R2017, Sublime, Arduino IDE dan Webcam 7
4. Pengukuran metode *Receiver Operating Characteristic Curve* (ROC) untuk mengukur nilai akurasi dari data penelitian dibandingkan dengan data BMKG

1.5. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Dapat digunakan sebagai referensi yang berguna bagi mahasiswa dalam menganalisa data dari penggunaan *Internet Of Things* dan memodelkan data menggunakan *Fuzzy Mamdani*

2. Manfaat Praktis

Dapat digunakan untuk mengetahui suhu kost-kostan yang ada di sekitar kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan sebagai referensi perancangan dan pembuatan alat berbasis *IoT* untuk mengukur atau memonitoring aktifitas mahasiswa pada area kost-kostan.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran dan kerangka yang jelas mengenai pokok bahasan dalam setiap bab dalam penelitian ini maka diperlukan sistematika penulisan. Berikut gambaran sistematika pembahasan pada masing-masing bab

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai metode, konsep dan teori yang mendukung penulisan skripsi ini seperti pengertian monitoring, sensor mq 7, Note MCU ESP 8266, metode *fuzzy* mamdani, dan perhitungan nilai akurasi menggunakan metode ROC (*Receiver Operating Characteristic*)

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas tentang metode penelitian desain sistem serta implementasi perhitungan ke dalam metode *fuzzy* mamdani

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil yang telah di capai dari perancangan sistem dan implementasi program. Sehingga dapat ditarik kesimpulan dari hasil pengujian sistem yang telah di buat dan di tulis dalam sebuah pembahasan.

BAB V : PENUTUP

Berisi saran dan kesimpulan berdasarkan hasil yang telah dicapai sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang berkepentingan serta kemungkinan pengembangannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Pada penelitian Yudhaniristo, *et al* yang berjudul *Prototipe Alat Monitoring Radioaktivitas Lingkungan, Cuaca dan Kualitas Udara Secara Online dan Periodik Berbasis Arduino (Studi Kasus Batan Puspipstek Serpong)*. Pada penelitian ini proses monitoring lingkungan dilakukan secara online dan periodik selama 10 detik berdasarkan (Miller, 1968), yaitu monitoring terhadap radioaktivitas dari *gamma gross*, cuaca (suhu, kelembaban, angin, curah hujan) serta kualitas udara (deteksi gas CO dan CO₂) dengan sensor-sensor yang dihubungkan dengan modul mikrokontroler Arduino Uno. Arduino mampu mengontrol kerja sensor-sensor secara bersamaan dalam satu waktu. Data hasil monitoring kemudian di kirim ke *server* menggunakan protokol HTTP melalui modul *Ethernet* (Yudhaniristo *et al.*, 2015).

Pada penelitian Kiki yang berjudul *Perancangan Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Titik Embun Udara Secara Realtime Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dengan Logika Fuzzy yang Dapat Diakses Melalui Internet*. Pada penelitian ini sistem monitoring cuaca dirancang menggunakan sebuah sensor DHT11, *arduino*, dan *ethernet shield*. Sensor tersebut digunakan untuk dapat berkomunikasi dan melakukan transfer data yang dilakukan di wilayah Universitas Andalas, data tersebut dapat di unggah dan diterima secara *realtime* melalui situs web. Dari hasil penelitian tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa perhitungan yang dihasilkan

dengan menggunakan metode *fuzzy* tidak jauh berbeda dengan perkiraan yang di informasikan BMKG pada web resminya dengan nilai presentasi keberhasilan pengujian data input sistem monitoring sebesar 80,15 % (Amelia *et al.*, 2009).

Pada penelitian Maulana, *et al* yang berjudul Perancangan Sistem Sensor Pemonitor Lingkungan Berbasis Jaringan Nirkabel. Pada penelitian ini sistem mampu membaca beberapa parameter – parameter sebagai pemantau kualitas lingkungan udara sekitar seperti konsentrasi gas nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), arus lalu lintas partikel debu, intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif. Sistem dilengkapi dengan RTC sebagai pewaktu dan GPS sebagai koordinat lokasi dimana sistem sensor pada jaringan sensor nirkabel ditempatkan sebagai sebuah node. Waktu pembacaan sistem sensor ini dikerjakan setiap 1 detik, dengan slot waktu pembacaan setiap sensor selama 50 mili detik. Penjadwalan setiap sensor diurutkan berdasarkan lama waktu sensor dalam satu waktu untuk menghasilkan nilai keluaran. Berdasarkan hasil penelitian sensor TGS2600 mampu membaca konsentrasi gas CO dengan rentang pembacaan sekitar 0 –100 ppm, sedangkan untuk kesalahan *error* sebesar 0,69 ppm. Pada sensor DHT11 berdasarkan hasil pengujian untuk suhu sebesar 0,22 Celcius untuk kesalahan pembacaan kelembaban relatif sebesar 0,98 % dari alat ukur. RTC DS1307 tidak mengalami pergeseran waktu dengan kesalahan pembacaan sebesar 0 detik dalam pengujian selama 2 hari. Sensor BH1750 mampu membaca intensitas cahaya dengan kesalahan pembacaan sebesar 2.8 lux atau 0,1 kali lebih

besar dari alat ukur pada pengujian dengan nilai 0 lux sampai kurang dari 900 lux (Maulana., *et al* 2016).

Pada penelitian Indah Pujiana, *et al* yang berjudul *Perancangan Wireless Sensor Network Dalam Sistem Monitoring Lingkungan*. Pada penelitian ini merancang sebuah *Wireless sensor network* (WSN) atau jaringan sensor nirkabel dengan kemampuan untuk memonitoring kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan tersebut berupa sensor suhu udara, kelembaban intensitas cahaya, serta kadar CO₂, dan asap rokok. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembaban, sensor intensitas cahaya dan sensor gas. Kinerja dari sensor tersebut adalah mengumpulkan data dan berkomunikasi lingkungan jaringan ke sistem komputer yang disebut *base station*. Berdasarkan informasi yang dikumpulkan, *base station* mengambil keputusan dan kemudian *node* aktuator melakukan tindakan yang tepat pada lingkungan. Data yang telah di peroleh dari sensor tersebut, kemudian akan di kirim ke jaringan komputer, kemudian akan implementasikan menggunakan metode *Fuzzy Analytic Hierchy Process (FAHP)*. Dari hasil penelitian tersebut diharapkan dapat memantau kondisi lingkungan sehingga pengguna dapat mengetahui keadaan lingkungan secara *real time* (Pujiana *et al.*, 2017).

Pada penelitian maulana yang berjudul *Sistem Monitoring Lingkungan Wireless Berbais Arduino*. Pada penelitian ini menggunakan arduino nano sebagai kontroler, sensor tekanan BMP180 untuk membaca kondisi yang ada di lingkungan, dan sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi kadar gas karbon monoksida yang ada di sekitar lingkungan

tersebut. Saat mendeteksi adanya kadar gas karbon monoksida di lingkungan sekitar, maka LED merah akan menyala sebagai indikasi adanya gas. Cara kerja supaya sensor dapat mendeteksi adanya karbon monoksida dengan memasang box sistem yang dipasang pada *Quad Copter* untuk diterbangkan. Setelah sensor membaca data, arduino akan mengirimkan data menggunakan modul Telemetry Kit 433 MHz *transceiver*. Kemudian data akan diterima oleh modul Telemetry Kit 433 MHz *receiver* pada komputer dan hasil pembacaan sensor dapat dilihat dalam tampilan visual. Hasil yang di peroleh sensor tekanan dapat bekerja dengan baik dimana hasil pembacaan suhu selisih *error* tertinggi 6,9%, pembacaan tekanan udara selisih *error* tertinggi 2,43% dan rata-rata pembacaan ketinggian adalah 94,3 M, dan sensor gas yang mampu mendeteksi kada gas dimana nilai rasionya di bawah 6 dengan jarak terjauh sekitar 60 cm (Maulana *et al.*, 2016).

Pada penelitian Divya yang berjudul *IoT based Smart Soil Monitoring System for Agricultural Production*. Pada penelitian ini sistem dibuat untuk membantu para petani dalam meningkatkan produksi agrikultur. Tanah diuji menggunakan sensor pH, sensor suhu, dan sensor kelembaban. *Internet Of Things* digunakan sebagai sensor untuk memonitor kondisi tanah, suhu dan kelembaban. Sistem agrikultur yang dibangun ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas maupun prediksi masalah yang ada pada sistem pertanian. Hasilnya, para petani dapat mengetahui kondisi tanah, kelembaban yang baik untuk dapat meningkatkan produksi tanaman, serta

para petani bisa menanam tanaman yang sesuai dengan kondisi (*Ananthi et al.*, 2017).

Pada penelitian Febryan yang berjudul *Design of Server Room Temperature and Humidity Control System using Fuzzy Logic Based on Microcontroller*. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem yang dapat mengontrol dan memonitoring ruang server dengan menggunakan *Internet Of Things (IoT)*. Berdasarkan hasil uji pada penelitian tersebut di peroleh bahwa logika *fuzzy* berbasis mikrokontroler untuk mengontrol suhu dan kelembaban pada ruang server berhasil di uji coba diimplementasikan menggunakan matlab dengan nilai rata-rata output suhu AC sebesar 0.03500 dan rata-rata set mode AC penyimpangan sebesar 0.01225. Pada penelitian ini sistem dapat menampilkan suhu, kelembaban dan informasi tegangan secara *real time* dan memberikan informasi suhu ruangan setiap waktu melalui media internet (Purwanto & Utami, 2018).

2.2. Monitoring Lingkungan

Monitoring lingkungan adalah proses pengamatan, pencatatan dan pengukuran secara verbal maupun visual dengan menggunakan model, metode dan sistem standard prosedur terhadap satu atau beberapa komponen lingkungan dengan menggunakan satu atau beberapa parameter sebagai tolak ukur yang dilakukan secara terencana, terjadwal dan terkontrol dalam satu siklus waktu tertentu. Monitoring lingkungan di perlukan untuk melindungi masyarakat dan lingkungan dari gas-gas seperti karbon monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan organik yang mudah

menguarap senyawa yang berasal dari sumber seperti emisi kendaraan bermotor yang dapat merusak kesehatan (Clifford, 2004).

2.3. IoT (*Internet Of Things*)

Salah satu perkembangan teknologi internet pada saat ini adalah perkembangan *Internet of Things*. *Internet of Things* adalah infrastruktur global untuk masyarakat informasi, memungkinkan layanan canggih, dengan menghubungkan objek (*things*) baik fisik maupun virtual berdasarkan teknologi pertukaran informasi saat ini dan perkembangannya serta teknologi komunikasi (Anonim, 2012).

Internet of Things (IoT) diperkenalkan pertama kali oleh Ashton pada tahun 1999. *IoT* dapat dijelaskan sebagai 1 set *things* yang saling terkoneksi melalui internet. *Things* disini dapat berupa tags, sensor, manusia dan lain-lain. *IoT* berfungsi mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik (*environment*), data-data ini kemudian akan diproses agar dapat dipahami maknanya (Setiawan *et al.*, 2016).

Internet Of Things (IoT) memiliki kemampuan untuk saling berkomunikasi dan dapat di implementasikan dalam berbagai bidang. Salah satu contohnya pada bidang kesehatan, *Internet Of Things* dapat digunakan untuk memonitor kondisi atau keadaan seorang pasien melalui sebuah sensor, sehingga kondisi atau keadaan seorang pasien tersebut dapat terpantau selama 24 jam (Lopez, 2013). Dalam bidang pertanian, pemanfaatan *Internet Of Things* dapat digunakan sebagai sensor untuk mengukur atau memonitor kondisi tanah, suhu serta kelembaban yang penting untuk tanaman sehingga para petani dapat mengetahui kondisi

tanah, suhu dan kelembaban yang baik untuk dapat meningkatkan produksi tanaman (Chen, 2011).

2.4. Sensor

Sensor adalah sebuah alat yang mampu merubah besaran fisik seperti gaya, kecepatan perputaran dan penerangan kecepatan menjadi sebuah besaran listrik yang sebanding. Sensor merupakan transduser yang berfungsi untuk mengelolah variasi gerak, panas, cahaya atau sinar, magnetis dan kimia menjadi tegangan serta arus listrik (Nalwan, 2012).

2.4.1. Sensor Gas MQ-7



Gambar 2.1 Sensor Gas MQ-7

Sensor Gas MQ-7 merupakan salah satu dari berbagai jenis sensor gas yang ada. Sensor Gas MQ-7 merupakan sensor gas karbon monoksida yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida (CO), sensor Gas MQ-7 ini memiliki sensitivitas tinggi dan respon yang cepat terhadap gas karbon monoksida. Keluaran dari sensor ini berupa sinyal analog dan membutuhkan tegangan DC sebesar 5 Volt. Jika sensor MQ-7 mendeteksi gas CO yang ada di udara, maka tegangan *output* pada sensor akan meningkat. Hal ini mengakibatkan penurunan resistensi sensor yang juga

memiliki sebuah *heater*, yang berfungsi sebagai pembersih dari kontaminasi udara di dalam jangkauan sensor (Iqbal & Hermanto, 2017).

2.5. Kamera Web

Kamera web merupakan kamera video digital kecil yang dihubungkan pada komputer melalui port *usb* atau port *com*. Fungsi dari kamera web itu sendiri yaitu untuk memudahkan dalam mengolah pesan cepat seperti *chat* melalui video secara langsung dengan cara bertatap muka. Komponen-komponen yang ada pada sebuah kamera web yang sederhana tersusun oleh sebuah lensa standar, kemudian dipasang pada papan sirkuit untuk menangkap sinyal gambar dan *casing* (cover). *Casing* terdiri dari dua bagian yaitu *casing* depan dan *casing* samping untuk menutupi lensa standar memiliki sebuah lubang lensa di *casing* depan yang nantinya digunakan untuk proses memasukkan gambar. Kemudian kabel *support* dibuat dari bahan yang fleksibel, pada salah satu ujung kabel dihubungkan dengan papan sirkuit dan ujung satunya lagi memiliki penghubung. Fungsi dari kabel ini untuk menyesuaikan ketinggian, arah dan sudut pandang kamera web (Muslimin & Santoso, 2012).



Gambar 2.2 Kamera Web

2.6. Note MCU ESP8266

Note MCU ESP8266 merupakan papan pengembangan produk *Internet Of Things (IoT)* yang berbasis *Firmware elua* dan *System on a Chip (SoC)* ESP 8266-12E. Note MCU ESP 8266 ini memiliki pin I/O yang memadai dan dapat di akses jaringan Internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi *WiFi*. Berikut spesifikasi dari Node MCU ESP 8266 diantaranya:

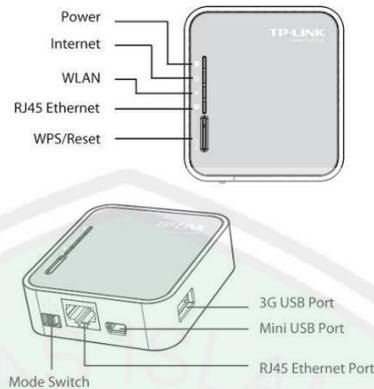
1. 10 port pin GPIO
2. Fungsionalitas PWM
3. *Interface* 12C dan SPI
4. *Interface* 1 Wire
5. ADC



Gambar 2.3 Node MCU ESP 8266

2.7. TP-Link MR 3020

Physical Description



Gambar 2.4 TP-Link MR 3020

Access Point (AP) adalah sebuah perangkat jaringan yang tersusun oleh sebuah *transceiver* dan antena untuk transmisi dan penerimaan sinyal ke dan dari *clients remote*. *Access point* bertindak sebagai pusat pemancar dan penerimaan sinyal radio pada jaringan nirkabel. *Client* yang terhubung dengan perangkat *Access point* dapat berkomunikasi antar satu sama lain dengan *subnet mask* yang sama. *Access point* berfungsi sebagai pengatur lalu lintas data melalui jaringan yang memungkinkan banyak *client* akan saling terhubung. *Access point* juga berfungsi sebagai *bridge* antena jaringan *wireless* dan jaringan kabel LAN melalui konektor UTP RJ-45 yang umumnya tersedia di belakang *access point*.

2.8. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu cabang ilmu *Artical Intellegence* yaitu suatu ilmu pengetahuan yang membuat komputer dapat meniru kecerdasan manusia sehingga diharapkan komputer dapat melakukan hal-hal yang apabila dikerjakan manusia memerlukan kecerdasan. Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Dasar logika

fuzzy adalah teori himpunan *fuzzy*. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangat penting. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan yang berada antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *Boolean* menggambarkan nilai-nilai “benar” atau “salah”. Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya “sangat lambat”, “sedang”, “sangat cepat” dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya. Logika *fuzzy* menggunakan satu set aturan untuk menggambarkan perilakunya. Aturan-aturan tersebut menggambarkan sebuah kondisi yang diharapkan dan hasil yang diinginkan atau dicapai dengan menggunakan *statment* IF... THEN (Kumalasari, 2014). Logika *Fuzzy* sering digunakan untuk mengekspresikan suatu nilai yang diterjemahkan dalam bahasa (*linguistic*), salah satu contohnya untuk mengekspresikan suhu dalam sebuah ruangan apakah ruangan tersebut dingin, hangat atau panas.

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004) menyatakan bahwa ada beberapa kelebihan logika *fuzzy* sehingga kebanyakan orang menggunakan logika *fuzzy* tersebut, antara lain :

1. Konsep logika *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti, sehingga mudah untuk dipahami.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, sehingga mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linier yang sangat kompleks.

5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

2.9. Himpunan Logika Fuzzy

Himpunan klasik (himpunan tegas, *crisp set*) merupakan kejadian khusus dari himpunan yang kabur tersebut. Menurut Georg Cantor himpunan didefinisikan sebagai suatu koleksi objek-objek yang terdefinisi secara tegas, dalam arti dapat ditentukan secara tegas apakah suatu objek adalah anggota himpunan itu atau tidak. Pada himpunan tegas (*crisp set*), suatu himpunan tegas A dalam semesta X dapat didefinisikan dengan menggunakan suatu fungsi $\mu_A[x] \rightarrow \{0,1\}$, yang disebut fungsi karakteristik dari himpunan A , dimana memiliki dua kemungkinan (Frans, 2006), yaitu :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } x \in A \\ 0 & \text{untuk } x \notin A \end{cases} \quad (2.1)$$

Nilai keanggotaan pada himpunan *fuzzy* terletak pada interval 0 sampai 1. Apabila nilai x memiliki keanggotaan *fuzzy* $\mu_A[x]=0$ maka x tidak menjadi anggota dari anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A[x]=1$ maka x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Antara teori kabur (*fuzzy*) maupun teori probabilitas memiliki kesamaan yakni menangani suatu gejala ketidakpastian, tetapi ketidakpastiaan yang berbeda jenisnya. Ketidakpastiaan yang dikaji dalam teori probabilitas yakni mengenai keacakan (*random*) yaitu ketidakpastiaan mengenai suatu yang disebabkan karena hal itu belum terjadi atau akan terjadi. Ketidakpastiaan semacam itu akan hilang, dan akan berubah menjadi sebuah kepastian pada waktu hal itu terjadi. Sedangkan ketidakpastiaan yang dikaji dalam teori kabur adalah kekaburan semantik mengenai suatu kata atau sebuah istilah yang tidak dapat didefinisikan secara tegas, kekaburan semantik ini tetap ada atau tidak akan berubah meskipun halnya telah terjadi. Misalnya seseorang tidak bisa memastikan apakah cuaca besok pagi panas atau hujan. Ketidakpastiaan mengenai keadaan cuaca pagi tersebut adalah keacakan (dengan peluang tertentu akan terjadi) yang besok pagi akan berubah menjadi ketidakpastiaan, sedangkan panas atau dingin merupakan suatu kekaburan semantik (dengan fungsi keanggotaan tertentu) yang besok pagi ataupun kapanpun waktunya tetap merupakan sesuatu kekaburan (Frans, 2006).

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

1. *Lingustik*, yaitu nama suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa alami, misalnya PANAS, DINGIN yang mewakili variabel *temperature*.
2. *Numeris*, yaitu suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya 10, 20, 30 dan sebagainya.

Hal-hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* yaitu :

1. Variabel *fuzzy* merupakan variable yang dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*, variable *fuzzy* tersebut terdiri dari beberapa himpunan *fuzzy*. Contohnya umur, suhu, penghasilan dan sebagainya.
2. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu kelompok (grup) yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh :

- Variabel umur terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy* yaitu: MUDA, PARO BOYA, TUA.
- Variabel Temperatur atau suhu, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT dan PANAS.

3. Semesta Pembicaraan

Semesta Pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif ataupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batasan atasnya. Jika U adalah kumpulan objek- objek yang dilambangkan $\{u\}$, maka U dinyatakan sebagai semesta pembicaraan, dan u adalah elemen dari U .

Contoh:

- Semesta pembicaraan untuk variable umur $[0 \ 65]$ 0 tahun menyatakan umur muda sedangkan 65 tahun menyatakan umur tua.

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai dominan dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh domain himpunan *fuzzy*:

- DINGIN : [0 20]

- SEJUK : [15 25]

- NORMAL : [20 30]

- HANGAT : [25 35]

- PANAS : [30 40]

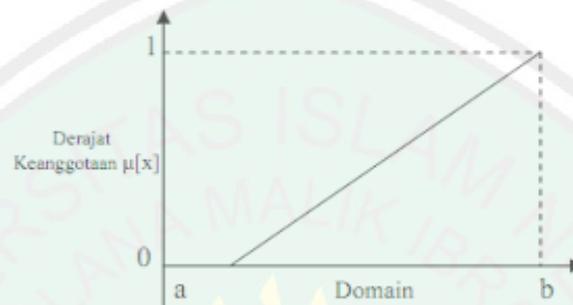
2.10. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*member function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaanya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melakukan pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya:

1. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk paling sederhana dan

menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan pada himpunan *fuzzy* yang liner. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) yang bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 2.5 Representasi Linier Naik

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Contoh :

Fungsi keanggotaan untuk himpunan PANAS pada variabel suhu ruangan

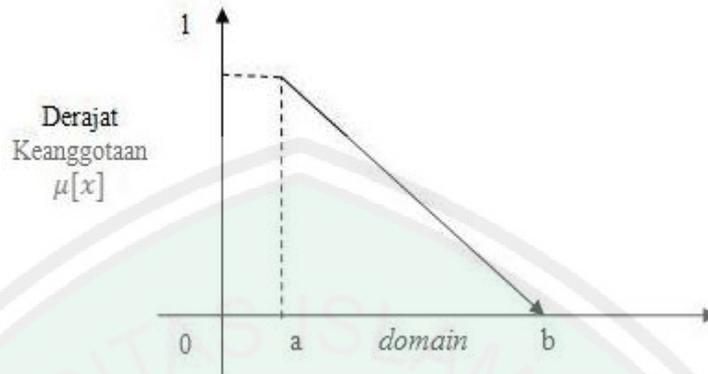
$$\mu_{\text{PANAS}}(34) = (34 - 25)/(35 - 25)$$

$$= 9/10$$

$$= 0,9$$

Kedua, yakni kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi dari sisi kiri, kemudian

bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



Gambar 2.6 Representasi Linier Turun

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ (b-x)/(b-a); & a < x < b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

Contoh :

Fungsi keanggotaan untuk himpunan DINGIN pada variabel suhu ruangan seperti gambar di bawah ini:

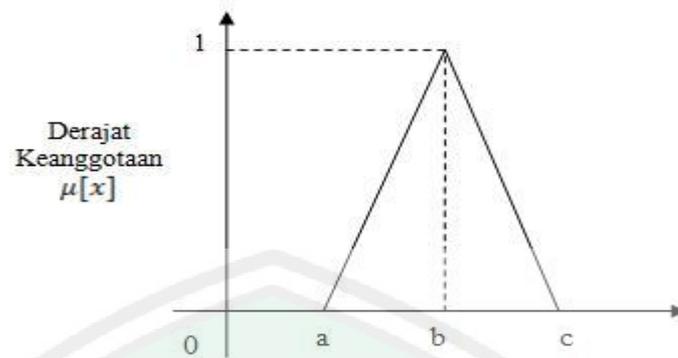
$$\mu_{\text{DINGIN}}(20) = (30 - 20)/(30 - 15)$$

$$= 10/15$$

$$= 0,667$$

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti gambar di bawah ini:



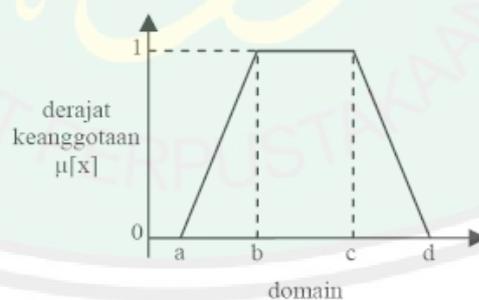
Gambar 2.7 Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a) & a < x < b \\ (c - x)/(c - b) & b < x < c \end{cases} \quad (2.4)$$

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.8 Kurva Trapesium

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a); & a < x < b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c); & c < x < d \end{cases} \quad (2.5)$$

2.11. Fuzzy Mamdani

Menurut (Dewi *et al*, 2004) metode mamdani adalah metode yang sering dikenal sebagai metode Min-Max, Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan yaitu:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada metode mamdani ini, baik variabel input maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada Metode Mamdani ini, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, diantaranya:

- a. Metode Max (Maximum)

Solusi untuk himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika proposisi

telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi.

Dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.6)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

Contoh ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut :

- [R1] IF Biaya Produksi Rendah and Permintaan NAIK
THEN Produksi Barang Bertambah
- [R2] IF Biaya Produksi STANDAR THEN Produksi
Barang NORMAL
- [R3] IF Biaya Produksi TINGGI and Permintaan
TURUN THEN Produksi Barang BERKURANG

b. Metode *Addictive* (Sum)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

$$\mu_{sf}(x_i) = \min(1, \mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i)) \quad (2.7)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = Nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$ = Nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

$$\mu_{sf}(x_i) = \left(\mu_{sf}(x_i) + \mu_{kf}(x_i) \right) - \left(\mu_{sf}(x_i) * \mu_{kf}(x_i) \right) \quad (2.8)$$

Dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = Nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$ = Nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

d. Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses *defuzzy* adalah suatu himpunan yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* dalam range tersebut, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai *output*. Ada beberapa metode *defuzzikasi* pada komposisi aturan Mamdani, antara lain:

a. Metode Centroid

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan :

$$z^* = \frac{\int_z z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz} \quad z^* = \frac{\sum_{j=1}^n \int_{z_j} \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.9)$$

b. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{\mathfrak{R}^1}^p \mu(z) dz = \int_p^{\mathfrak{R}^n} \mu(z) dz$$

c. Metode *Mean of Maximum* (MOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest of Maximum* (LOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode *Smallest of Maksimum* (SOM)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.12. ISPU (Index Standar Pencemar Udara)

Index Standar Pencemar Udara adalah angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Index Pencemar Standar Udara (ISPU) ditetapkan dengan cara mengubah kadar pencemar udara yang terukur menjadi suatu angka yang tidak berdimensi. Parameter ISPU adalah partikulat berdiameter kurang dari 10 μm (PM10), Karbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Ozon (O₃). Hal ini sesuai dengan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-45/MENLH/10/1997 Tentang Index Standar Pencemar Udara. Berikut Rentang Index Standar Pencemar Udara dapat di lihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Angka dan Kategori Indeks Standar Pencemar Udara

Kategori.	Rentang	Penjelasan.
Baik	0 – 50	Tingkat kualitas udara yang tidak mampu memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan atau nilai estetika.

Sedang	51 – 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif dan nilai estetika.
Tidak Sehat	100 – 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika
Sangat Tidak Sehat	200 – 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
Berbahaya	300 – lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius.

Sumber : Lampiran Keputusan Kepala Bapedal

(Kep-107/KABAPEDAL/11/1997)

Tabel 2.2 Periode Pengukuran Rerata Parameter ISPU

Parameteer	Waktu
Partikulat (PM10)	24
Sulfur Dioksida (SO ₂)	24
Karbon Monokisda (CO)	8
Ozon (O ₃)	1
Nitrogen Dioksida NO ₂	1

Tabel 2.3 Batas Indeks Standar Pencemar Udara dalam Satuan SI

ISPU	24 Jam PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8 Jam CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 Jam O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 Jam NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
50	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

Sumber : Lampiran Keputusan Kepala Bapedal

(Kep-107/KABAPEDAL/11/1997)

2.13. ROC (Receiver Operating Characteristic)

Receiver Operating Characteristic (ROC) adalah suatu teknik untuk memvisualisasikan, mengorganisir dan memilih *classifier* berdasarkan performasinya. Suatu *classifier* dipetakan dari contoh kepada kelas untuk diprediksi. Beberapa model klasifikasi menghasilkan keluaran yang

kontinyu untuk nilai *threshold* yang berbeda-beda. Ada empat kemungkinan yang bisa dihasilkan.

1. Bila contohnya positif dan contoh tersebut diklasifikasikan positif dihitung *true positive*
2. Bila contohnya positif dan contoh tersebut diklasifikasikan negatif dihitung *false negative*
3. Bila contohnya negatif dan contoh tersebut diklasifikasikan negatif dihitung sebagai *true negative*
4. Bila contohnya negatif dan contoh tersebut diklasifikasikan positif dihitung sebagai *false positive*

Adapun rumus *accuracy* metode *Receiver Operating Characteristic* sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan :

TP : True Positive

TN : True Negative

FP : False Positive

FN : False Negative

ROC digunakan untuk menunjukkan akurasi dan membandingkan klasifikasi secara visual. *ROC* mengekspresikan *confusion matrix*. *ROC* adalah dua grafik dimensi dengan *false positive* sebagai garis horizontal dan *true negative* sebagai garis vertikal.

		Nilai Sebenarnya	
		TRUE	FALSE
Nilai Prediksi	TRUE	TP (True Positive) <i>Corect Result</i>	FP (False Positive) <i>Unexpected Result</i>
	FALSE	FN (False Negative) <i>Missing Result</i>	TN (True Negative) <i>Corect Absence Of Result</i>

Gambar 2.9 Matriks Confusion

Dimana *True Postive* dan *False Positive* merupakan jumlah contoh data positif atau negatif, sedangkan *False Negative* dan *True Negative* merupakan jumlah total positif atau negatif. Untuk memproses keadaan tersebut dibutuhkan data pebanding yang di sebut dengan *impostor* (data palsu) dan dipengaruhi oleh besaran nilai *threshold* yang diberikan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Berikut beberapa tahapan yang dilakukan peneliti dalam pembuatan aplikasi sistem monitoring tempat kost-kostan mahasiswa sekitar kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Adapun metode penelitian yang dilakukan yaitu:

1) Studi Literatur

Mencari dan mempelajari beberapa teori yang terkait dengan penelitian mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi suhu udara, metode *fuzzy mamdani* melalui beberapa literatur seperti jurnal, buku, *e-book* dan jenis referensi lainnya.

2) Observasi dan Pengumpulan Data

Observasi dilakukan di tiga tempat lokasi di sekitar UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yaitu Jalan Sunan Kali Jaga Dalam, Jalan Joyosuko, dan Jalan Kerto Raharjo.

3) Analisis Data

Melakukan analisis data yang di peroleh oleh dari pengamatan langsung dalam penelitian maupun studi literatur meliputi data tentang arus lalu lintas (*traffic*), polusi, tumbuhan, dan metode *fuzzy mamdani*

4) Perancangan dan Pembuatan Program

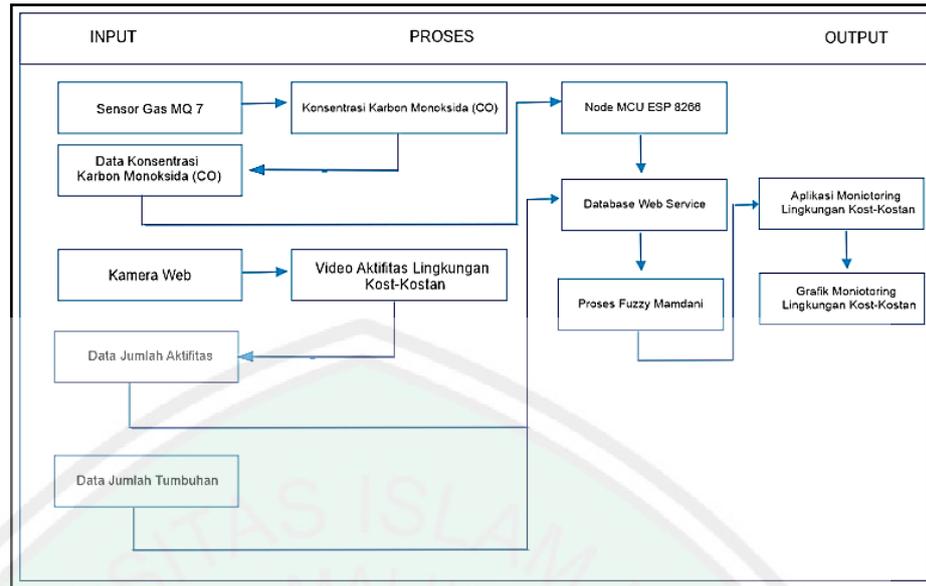
Merancang desain sistem, alur sistem monitoring, proses *fuzzy* sistem monitoring dan membuat program sistem dengan software *sublime*, *xampp*

5) Uji Coba dan Evauasi Program

Melakukan uji coba program dan melakukan evaluasi program dengan menghitung nilai kesalahan (*error*) antara program dengan hasil nyata di lapangan.

3.2 Desain Sistem

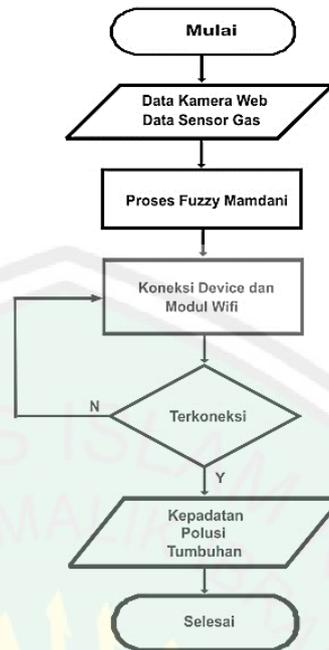
Tahap perancangan atau desain sistem memiliki tujuan merancang sebuah sistem yang baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi, masalah-masalah tersebut diperoleh dari pemilihan alternatif sistem terbaik. Sistem yang akan dibangun bertujuan untuk mengetahui aktifitas arus lalu lintas dan polusi di kost-kostan di sekitar kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang kemudian data yang didapat melalui kamera web dan sensor MQ-7 akan di kirim database *web service*. Data yang telah di peroleh akan diolah kemudian dibuat menjadi sebuah sistem, yang mana sistem tersebut akan memberikan informasi mengenai kondisi arus lalu lintas dan konsentrasi gas karbon monoksida (CO) di lingkungan kost-kostan sekitar kampus UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Desain Sistem`

Pada gambar 3.1 merupakan desain sistem yang akan dibuat. Sensor Gas MQ 7 akan mengambil nilai konsentrasi gas karbon monoksida (CO) melalui Node MCU ESP 3866. Kemudian setelah nilai konsentrasi gas karbon monoksida (CO) di dapat, data tersebut akan di tersimpan ke dalam database *web service*. Sedangkan untuk kamera web akan merekam gerakan aktifitas di lingkungan kost-kostan, data dari kamera web berupa file video tersebut akan tersimpan ke dalam database *web service*. Setelah data dari sensor MQ 7 dan Kamera web tersimpan ke dalam *database web service* kemudian data tersebut akan di proses dengan menggunakan *fuzzy mandani*. Dari hasil yang di peroleh dari perhitungan menggunakan metode tersebut data akan di sajikan dalam bentuk monitoring grafik lingkungan kost-kostan.

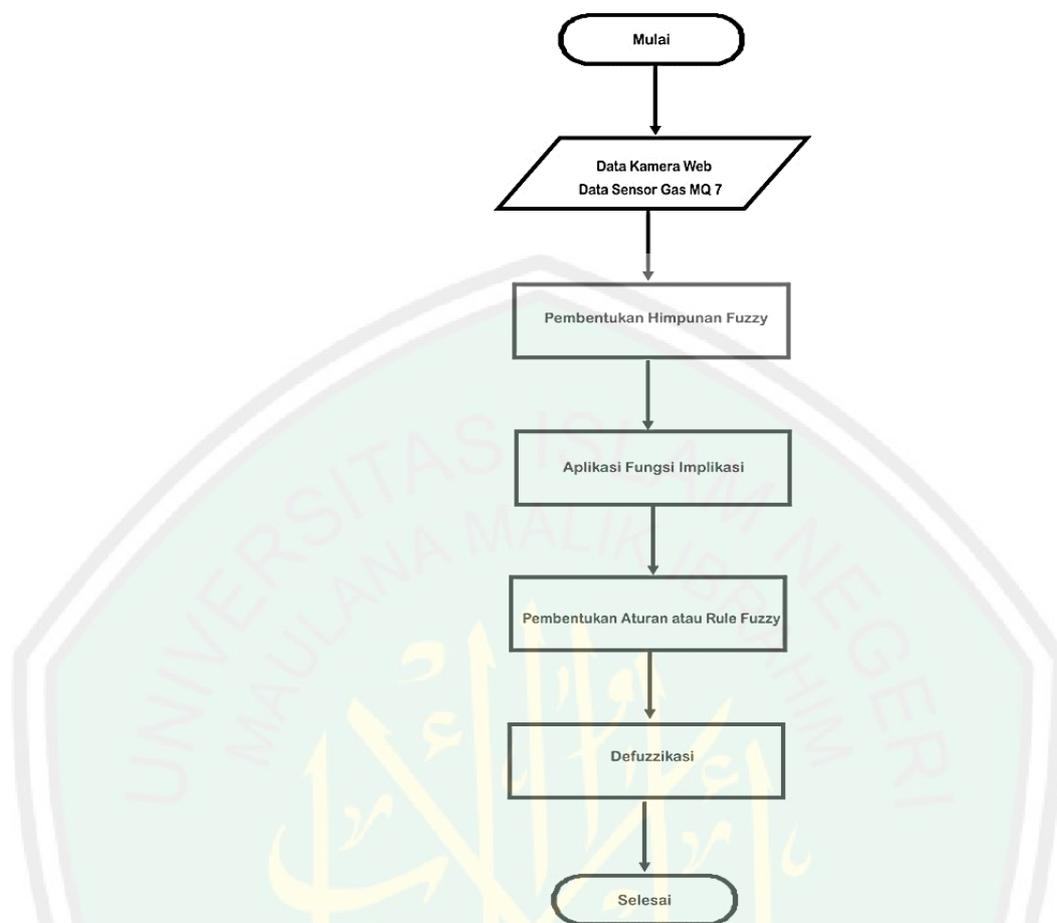
3.3 Diagram Alur Sistem Monitoring



Gambar 3.2 Diagram Alur Sistem Monitoring

Pada gambar 3.2 merupakan diagram alur sistem monitoring. Inputan sistem adalah data yang diperoleh dari kamera web dan sensor gas. Data yang telah diperoleh dari kedua sensor tersebut kemudian diproses menggunakan metode *fuzzy* mamdani. Untuk melakukan monitoring, *device* harus terkoneksi terlebih dahulu dengan *wifi*, setelah *device* terkoneksi proses monitoring dapat berjalan. Pada proses *fuzzy* mandani, *output* yang akan dihasilkan adalah arus lalu lintas mahasiswa (*traffic*) dalam melakukan aktifitas, polusi, dan tumbuhan yang ada disekitar area kost-kostan mahasiswa.

3.4 Proses *Fuzzy* Sistem Monitoring



Gambar 3.3 *Flowchart Fuzzy Mamdani*

Gambar 3.3 merupakan *flowchart fuzzy* Mamdani adapun beberapa tahapan-tahapan nya sebagai berikut:

1. Menentukan variabel, himpunan dan domain *fuzzy* dan aturan *fuzzy* yang diperoleh dari hasil hasil pengambilan data di lapangan.
2. Menentukan nilai keanggotaan (*fuzzifikasi*) untuk setiap variabel
3. Kemudian dari aturan-aturan yang sudah ditentukan tersebut dilakukan proses aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN untuk memperoleh α -predikat.

4. Proses selanjutnya yaitu komposisi aturan dengan menggunakan metode MAX. Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (Union).
5. Langkah selanjutnya yaitu *defuzzifikasi* dengan menghitung nilai rata-rata terbobot untuk memunculkan nilai *output (crisp)* dengan menggunakan metode centroid.

3.5 Implementasi Metode *Fuzzy Mamdani*

3.5.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy

Didalam pembentukan himpunan *fuzzy*, ada beberapa hal yang harus diperhatikan mengenai pembagian nilai derajat arus lalu lintas ke dalam 3 bagian (sepi, sedang, dan sangat ramai) dan nilai derajat polusi (baik, tidak sehat, dan bahaya). Pembagian nilai derajat arus lalu lintas ini disesuaikan dengan nilai *mean* sesuai dengan data penelitian, dan pembagian nilai derajat polusi disesuaikan dengan kategori kualitas udara berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dalam lampiran keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No.107 Tahun 1997. Kemudian nilai median itu dibagi menjadi 3 titik nilai *median* yaitu *median I*, *median II*, *median III*. Sedangkan pembagian derajat suhu ke dalam 3 bagian (rendah, normal, tinggi) disesuaikan dengan kondisi suhu yang ada di Indonesia.

a) Arus Lalu Lintas (*Traffic*)

Suhu udara di permukaan bumi banyak dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Faktor utama yang mempengaruhi suhu udara adalah radiasi matahari. Perubahan yang terjadi pada suhu akan diikuti oleh perubahan pada elemen iklim lainnya, diantaranya curah hujan, keawanan, kelembaban, dan kecepatan angin. Suhu permukaan merupakan suatu parameter yang sensitif terhadap keberadaan dan jenis vegetasi yang menutupi objek kajian, dan juga kelembaban udara maupun kelengasan permukaan. Parameter-parameter di atas akan mempengaruhi variasi suhu baik yang bersifat temporal maupun spasial suatu permukaan. Selain parameter-parameter tersebut aktivitas manusia akan mempengaruhi variasi suhu harian di suatu tempat. Salah satu aktivitas manusia yang dapat mempengaruhi suhu udara ialah dalam menggunakan kendaraan bermotor atau aktivitas lalu lintas (Halimah, 2013).

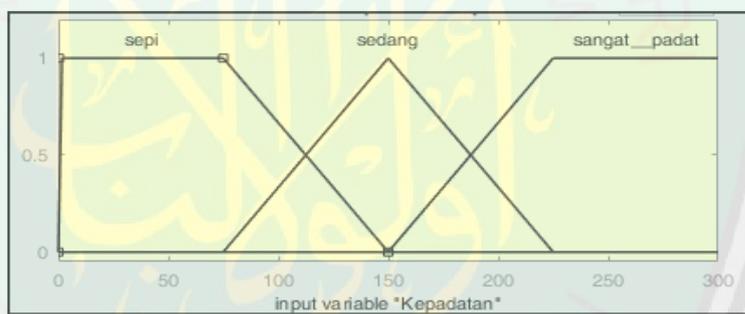
Faktor yang mempengaruhi suhu adalah aktifitas manusia atau arus lalu lintas. Arus kendaraan merupakan suatu hal yang penting dalam perencanaan dan pengoperasian untuk jalan-jalan yang baru dan memodifikasi dari jalan-jalan yang ada untuk dapat memenuhi dan mengatasi perubahan yang terjadi pada kondisi lalu lintas, dan bagian pokok karakteristik lalu lintas sendiri meliputi volume kendaraan, komposisi kendaraan, kualitas pelayanan, kondisi medan dan ekonomi. Adapun arus lalu lintas kendaraan yang dihitung dalam penelitian ini

meliputi mobil, sepeda motor, sepeda onthel, dan pejalan kaki. Berikut fungsi keanggotaan variabel arus lalu lintas:

Tabel 3.1 Himpunan dan Domain Arus Lalu Lintas

No	Himpunan	Domain
1	Sepi	0 – 150
2	Sedang	75 – 225
3	Sangat Ramai	150 – 300

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEPI, SEDANG, dan SANGAT RAMAI dari derajat keanggotaan arus lalu lintas dipresentasikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Fungsi Keanggotaan Arus Lalu Lintas

Berikut ini fungsi keanggotaan dari masing-masing himpunan pada variabel arus lalu lintas berdasarkan variabel lingusitik dan variabel numerik yang digunakan, diantaranya:

$$\mu [x] \text{ SEPI} = \begin{cases} 1; & x \leq 75 \\ \frac{(150-x)}{(150-75)} & 75 < x \leq 150 \\ 0; & x > 150 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu [x] \text{ SEDANG} = \begin{cases} 0; & x \leq 75 \text{ atau } x \geq 225 \\ \frac{(x-75)}{(150-75)} & 75 < x \leq 150 \\ \frac{(225-x)}{(225-150)} & 150 < x < 225 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu [x] \text{ SANGAT RAMAI} = \begin{cases} 0; & x \leq 150 \\ \frac{(x-150)}{(225-150)} & 150 < x \leq 225 \\ 1; & x > 225 \end{cases} \quad (3.3)$$

b) Polusi

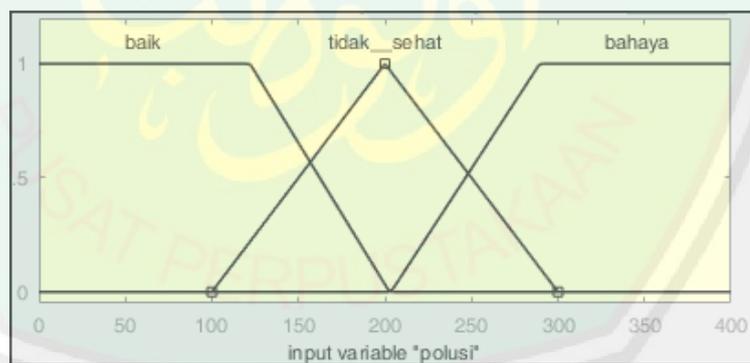
Faktor yang mempengaruhi suhu salah satunya adalah polusi udara. Tinggi atau rendahnya suhu yang ada di udara salah satunya di pengaruhi oleh keberadaan karbon dioksida (CO_2). Semakin meningkat gas karbon dioksida (CO_2) yang terdispersi ke udara, dapat menyebabkan suhu udara akan meningkat pula (Asmara, 2016). Menurut (Putri, 2012) pada siang hari sebagian dari radiasi matahari akan diserap oleh gas-gas atmosfer dan partikel padat yang melayang di atmosfer. Suhu udara meningkat disebabkan oleh serapan energi radiasi matahari. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai pada saat berkas cahaya jauh tegak lurus yakni pada saat tengah hari. Penentuan derajat dan himpunan keanggotaan polusi disesuaikan dengan kategori kualitas udara berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dalam lampiran keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No.107 Tahun 1997 pada tabel 2.2. Kemudian data angka dan kategori indeks pencemar udara (ISPU) di bagi dengan nilai

median yakni dibagi menjadi 3 titik nilai *median* yaitu *median* I yang masuk dalam kategori himpunan baik, *median* II yang masuk dalam kategori himpunan tidak sehat, dan *median* III yang termasuk dalam himpunan bahaya.

Tabel 3.2 Himpunan dan Domain Polusi

No	Himpunan	Domain
1	Baik	0 – 200
2	Tidak Sehat	100 – 300
3	Berbahaya	150 – 400

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* Baik, Tidak Sehat dan Berbahaya dari variabel polusi dipresentasikan pada Gambar dibawah ini:



Gambar 3.5 Fungsi Keanggotaan Polusi

Berikut ini fungsi keanggotaan dari masing-masing himpunan pada variabel polusi berdasarkan variabel linguisitik dan variabel numerik yang digunakan, diantaranya:

$$\mu [x] \text{ BAIK} = \begin{cases} 1; & x \leq 100 \\ \frac{(200-x)}{(200-100)} & 100 < x \leq 200 \\ 0; & x \geq 200 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu [x] \text{ TIDAK SEHAT} = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 300 \\ \frac{(x-100)}{(200-100)} & 100 < x \leq 200 \\ \frac{(300-x)}{(300-200)} & 200 < x < 300 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu [x] \text{ BERBAHAYA} = \begin{cases} 0; & x \leq 200 \\ \frac{(x-200)}{(300-200)} & 200 < x \leq 300 \\ 1; & x \geq 300 \end{cases} \quad (3.6)$$

c) Tumbuhan

Salah satu faktor yang mempengaruhi suhu udara adalah pohon atau tumbuhan. Tumbuhan merupakan struktur vegetasi yang paling efektif memberikan kenyamanan bagi lingkungan sekitarnya. Menurut Lippsmeier (1994) faktor-faktor yang menentukan kenyamanan thermal di suatu kawasan adalah sistem pembayangan, suhu, dan kelembaban. Pohon sangat erat kaitannya dengan iklim mikro pada suatu daerah, mekanisme hubungan pohon dan iklim mikro adalah ketika radiasi matahari diperkotaan mengakibatkan tanah dan benda lainya menjadi panas. Tumbuhan yang tinggi dan luasan yang cukup akan mengurangi efek pemanasan tersebut. Suhu udara lebih sejuk, jika suatu lingkungan di tumbuh oleh banyak Tumbuhan dari pada lingkungan yang tidak ditumbuhi pohon. Hal ini tersebut disebabkan, daun-daun pada pohon dapat mengintersepsi, refleksi, mengabsorpsi dan mentransmisikan

sinar matahari. Tumbuhan secara ekologis dapat membantu meningkatkan kualitas udara dengan menurunkan iklim mikro, menyerap air dan polutan udara. Tumbuhan juga dapat menyerap karbondioksida dan menghasilkan oksigen. Keberadaan tumbuhan sangat diperlukan dalam ruang terbuka hijau pada setiap tutupan lahan di perkotaan (Junam, Rogi, & Rombang, 2016).

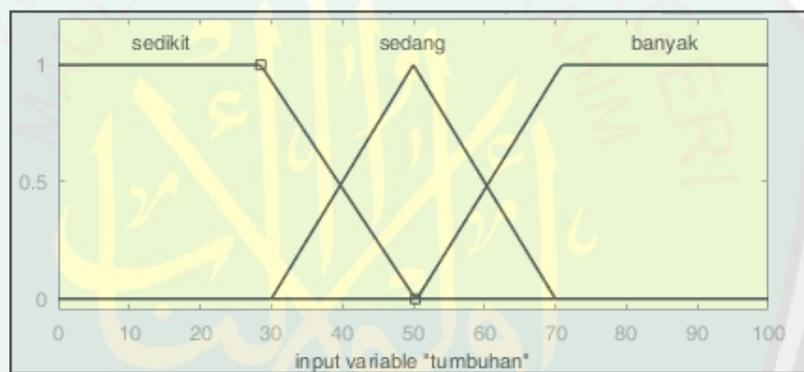
Peranan tumbuhan hijau sangat diperlukan untuk menjaring (CO_2) dan melepas (O_2) kembali ke udara. Setiap tahun tumbuhan di bumi ini mempersenyawakan sekitar 150.000 juta ton (CO_2) dan 25.000 juta ton hidrogen dengan membebaskan 400.000 juta ton (O_2) ke atmosfer, serta menghasilkan 450.000 juta ton zat-zat organik. Setiap jam, 1 hektar daun-daun hijau menyerap 8 kg (CO_2) yang ekuivalen dengan (CO_2) yang dihembuskan oleh napas manusia sekira 200 orang dalam waktu yang sama. Setiap pohon yang ditanam mempunyai kapasitas mendinginkan udara sama dengan rata-rata 5 pendingin udara (AC), yang dioperasikan 20 jam terus menerus setiap harinya. Setiap 1 hari pohon mampu menetralkan (CO_2) yang dikeluarkan 20 kendaraan (Maimun, 2007).

Penentuan jenis tumbuhan untuk variabel tumbuhan yaitu meliputi jenis vegetasi tumbuhan dengan tinggi $\geq 1,5$ meter. Jenis vegetasi dilakukan dengan mengidentifikasi dan mencatat pada titik lokasi penelitian. Pada lokasi penelitian di lakukan perhitungan manual dengan menghitung tumbuhan atau pepohonan yang termasuk dalam kriteria penelitian yang sudah ditentukan tersebut.

Tabel 3.3 Himpunan dan Domaian Tumbuhan

No	Kondisi	Derajat Keanggotaan
1	Sedikit	0-50
2	Sedang	30-70
3	Banyak	50- 100

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* SEDIKIT, SEDANG, dan BANYAK dari variabel Tumbuhan dipresentasikan pada Gambar dibawah ini:



Gambar 3.6 Fungsi Keanggotaan Tumbuhan

Berikut ini fungsi keanggotaan dari masing-masing himpunan pada derajat keanggotaan tumbuhan berdasarkan variabel lingusitik dan variabel numerik yang digunakan, diantaranya:

$$\mu [x] \text{ SEDIKIT} = \begin{cases} 1; & x \leq 30 \\ \frac{(50-x)}{(50-30)} & 30 < x \leq 50 \\ 0; & x > 50 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu [x] \text{ SEDANG} = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 70 \\ \frac{(x-30)}{(50-30)} & 30 < x \leq 50 \\ \frac{(70-x)}{(70-50)} & 50 < x < 70 \end{cases} \quad (3.8)$$

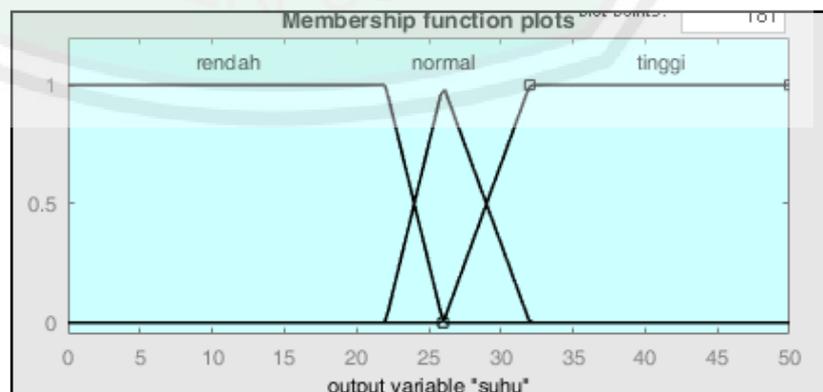
$$\mu [x] \text{ BANYAK} = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \\ \frac{(x-50)}{(70-50)} & 50 < x \leq 70 \\ 1; & x > 70 \end{cases} \quad (3.9)$$

d) Output Suhu

Tabel 3.4 Himpunan dan Domain Suhu

No	Kondisi	Derajat Keanggotaan
1	Rendah	0 - 26
2	Normal	22 - 32
3	Tinggi	26 - 40

Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* RENDAH, NORMAL, dan TINGGI dari derajat keanggotaan output suhu dipresentasikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.7 Fungsi Keanggotaan Suhu

Berikut ini nilai keanggotaan dari masing-masing himpunan pada derajat keanggotaan output suhu berdasarkan variabel linguisitik dan variabel numerik yang digunakan, diantaranya:

$$\mu [z] \text{ RENDAH} = \begin{cases} 1; & a \leq 22 \\ \frac{(26-a)}{(26-22)} & 22 < a < 26 \\ 0; & a > 26 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu [z] \text{ NORMAL} = \begin{cases} 0; & a \leq 22 \text{ atau } a \geq 32 \\ \frac{(a-22)}{(26-22)} & 22 < a \leq 26 \\ \frac{(32-a)}{(32-26)} & 26 < a < 32 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\mu [z] \text{ TINGGI} = \begin{cases} 0; & a \leq 26 \\ \frac{a-26}{(32-26)} & 26 < a \leq 32 \\ 1; & a > 32 \end{cases} \quad (3.12)$$

3.5.2 Fungsi Implikasi (Aturan)

Setelah pembentukan himpunan *fuzzy*, kemudian proses selanjutnya yaitu pembentukan aturan-aturan *fuzzy*. Aturan-aturan tersebut dibentuk untuk menyatakan relasi antara input dan output. Berikut bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi:

IF x is A AND y is B THEN Z is C

Berikut aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi yang akan dibuat dalam sistem ini, diantaranya:

- [R1] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *baik* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R2] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *baik* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R3] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *baik* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal
- [R4] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *tidak sehat* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R5] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *tidak sehat* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R6] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *tidak sehat* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal
- [R7] Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R8] Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R9] Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal
- [R10] Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu rendah
- [R11] Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedang* maka suhu rendah
- [R12] Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *baik* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

- [R13] Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R14] Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R15] Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal
- [R16] Jika arus lalu lintas *sedang* dan *bahaya* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R17] Jika arus lalu lintas *sedang* dan *bahaya* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R18] Jika arus lalu lintas *sedang* dan *bahaya* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal
- [R19] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R20] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R21] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *baik* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal
- [R22] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *tidak sehat* dan Tumbuhan *sedikit* maka suhu normal
- [R23] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal
- [R24] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

[R25] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan *sangat berpolusi* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu tinggi

[R26] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan *sangat berpolusi* dan tumbuhan *sedang* maka suhu tinggi

[R27] Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan *sangat berpolusi* dan tumbuhan *banyak* maka suhu tinggi

Dari beberapa aturan yang telah dibentuk, proses selanjutnya yaitu proses fungsi implikasi pada data masukkan sistem. Penulis memberikan perumpamaan pada masukkan sistem.

1. Arus lalu lintas = 147
2. Polusi = 11.65
3. Tumbuhan = 65

Setelah memasukkan nilai dari masing-masing masukkan sistem, proses selanjutnya adalah menentukan nilai keanggotaan. Nilai keanggotaan pada variabel arus lalu lintas yang di misalkan pada data masukkan sistem, berada pada posisi antara himpunan sepi dan himpunan sedang. Berikut langkah dalam menentukan nilai keanggotaan dari masing-masing himpunan pada variabel arus lalu lintas.

1. Variabel Arus lalu lintas

$$\begin{aligned}
 \mu_{kepadatanSEPI[x]} &= \frac{150-147}{150-75} && (3.13) \\
 &= \frac{3}{75} \\
 &= \mathbf{0.4}
 \end{aligned}$$

$$\mu_{kepadatanSEDANG[x]} = \frac{147-75}{150-75} \quad (3.14)$$

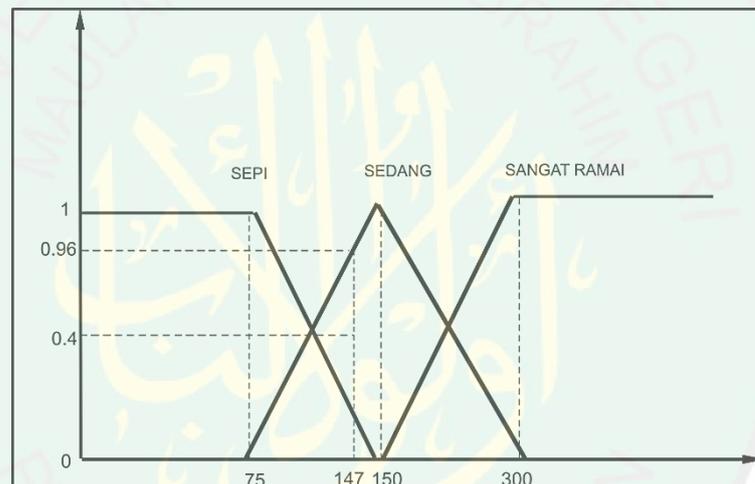
$$= \frac{72}{75}$$

$$= \mathbf{0.96}$$

$$\mu_{kepadatanSANGAT RAMAI[x]} = \frac{147-150}{225-150} \quad (3.15)$$

$$= \mathbf{< 0 >}$$

$$= 0.5$$



Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Arus lalu lintas

2. Variabel Polusi

Nilai keanggotaan pada variabel polusi yang di misalkan pada data masukkan sistem, berada pada posisi pada himpunan baik. Berikut langkah dalam menentukan nilai keanggotaan dari masing-masing himpunan pada variabel polusi.

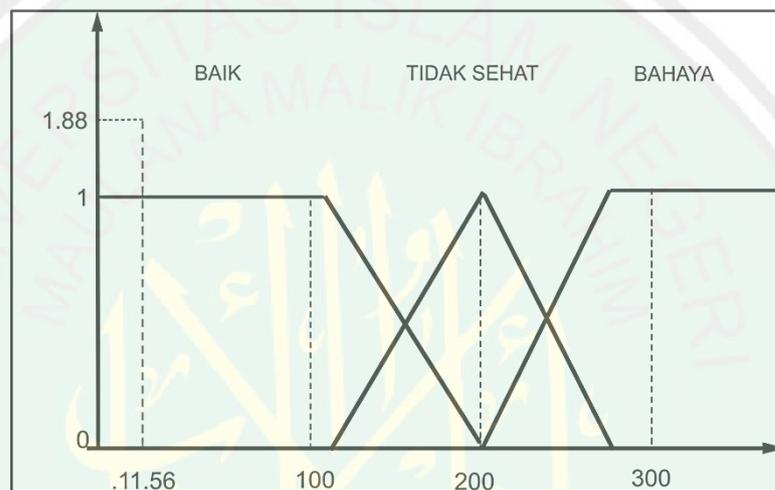
$$\mu_{polusi \text{ BAIK}}[x] = 1 \quad (3.16)$$

$$\mu_{kepadatan \text{ TIDAK SEHAT}}[x] = \frac{11.56 - 100}{200 - 100} \quad (3.17)$$

$$= \langle 0 \rangle$$

$$\mu_{kepadatan \text{ BERBAHAYA}}[x] = \frac{170 - 200}{150 - 100} \quad (3.18)$$

$$= \langle 0 \rangle$$



Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Variabel Polusi

3. Variabel Tumbuhan

Nilai keanggotaan pada variabel tumbuhan yang di misalkan pada data masukkan sistem, berada pada posisi antara himpunan sedang dan himpunan banyak. Berikut langkah dalam menentukan nilai keanggotaan dari masing-masing himpunan pada variabel tumbuhan.

$$\mu_{kepadatan \text{ SEDIKIT}}[z] = \frac{50 - 65}{50 - 30} \quad (3.19)$$

$$= \langle 0 \rangle$$

$$\mu_{kepadatanSEDANG}[z] = \frac{70-65}{70-50} \quad (3.20)$$

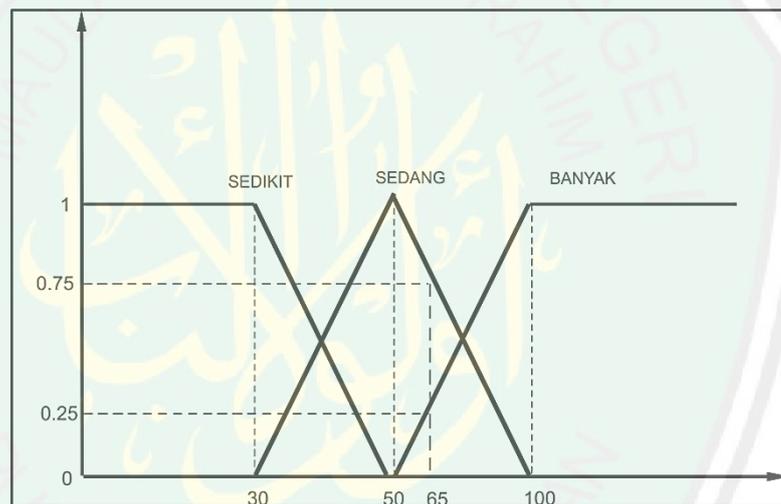
$$= \frac{5}{20}$$

$$= 0.25$$

$$\mu_{kepadatanBANYAK}[z] = \frac{65-50}{70-50} \quad (3.21)$$

$$= \frac{15}{20}$$

$$= 0.75$$



Gambar 3.10 Fungsi Keanggotaan Variabel Tumbuhan

Berdasarkan nilai keanggotaan yang dimisalkan pada masukan sistem, nilai keanggotaan pada masukan sistem yang dimisalkan dari variabel arus lalu lintas berada pada himpunan arus lalu lintas sepi dan sedang. Sedangkan nilai keanggotaan pada variabel polusi berada pada himpunan polusi baik, untuk variabel tumbuhan berada pada himpunan sepi dan sedang.

3.5.3 Aplikasi Fungsi Implikasi Menggunakan Metode MIN

Setelah mengetahui nilai keanggotaan dari masing-masing variabel, proses selanjutnya yaitu aplikasi fungsi implikasi menggunakan metode MIN dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_{predikatRn} = \min(\mu_{sf}(x_i); \mu_{kf}(x_i)) \quad (3.22)$$

Pada proses implikasi menggunakan metode MIN ini, aturan atau implikasi yang digunakan pada variabel arus lalu lintas hanya pada himpunan arus lalu lintas sedang dan sangat ramai, variabel polusi hanya pada himpunan baik, variabel tumbuhan hanya pada himpunan sedang dan himpunan banyak.

1. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \alpha_{predikat_1} &= \mu_{SEPI}[x] \cap \mu_{BAIK}[y] \cap \mu_{SEDIKIT}[z] \\ &= \text{MIN}(0 : 1 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

2. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \alpha_{predikat_2} &= \mu_{SEPI}[x] \cap \mu_{BAIK}[y] \cap \mu_{SEDANG}[z] \\ &= \text{MIN}(0,4 : 1 : 0,25) \Rightarrow 0,25 \end{aligned}$$

3. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *baik* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \alpha_{predikat_3} &= \mu_{SEPI}[x] \cap \mu_{BAIK}[y] \cap \mu_{BANYAK}[z] \\ &= \text{MIN}(0,4 : 1 : 0,75) \Rightarrow 0,4 \end{aligned}$$

4. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_4 &= \mu_{\text{SEPI}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{SEDIKIT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.4 : 0 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

5. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_5 &= \mu_{\text{SEPI}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.4 : 0 : 0.25) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

6. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_6 &= \mu_{\text{SEPI}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{BANYAK}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.4 : 0 : 0.75) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

7. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_7 &= \mu_{\text{SEPI}[x]} \cap \mu_{\text{BAHAYA}[y]} \cap \mu_{\text{SEDIKIT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.4 : 0 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

8. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_8 &= \mu_{\text{SEPI}[x]} \cap \mu_{\text{BAHAYA}[y]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.4 : 0 : 0.25) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

9. Jika arus lalu lintas *sepi* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_9 &= \mu_{\text{SEPI}[x]} \cap \mu_{\text{SANGATBERPOLUSI}[y]} \cap \mu_{\text{BANYAK}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.4 : 0 : 0.75) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

10. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu rendah

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{10} &= \mu_{\text{SEDANG}[x]} \cap \mu_{\text{BAIK}[y]} \cap \mu_{\text{SEDIKIT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.96 : 1 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

11. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedang* maka suhu rendah

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{11} &= \mu_{\text{SEDANG}[x]} \cap \mu_{\text{BAIK}[y]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.96 : 1 : 0.25) \Rightarrow 0.25 \end{aligned}$$

12. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *baik* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{12} &= \mu_{\text{SEDANG}[x]} \cap \mu_{\text{BAIK}[y]} \cap \mu_{\text{BANYAK}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.96 : 1 : 0.75) \Rightarrow 0.75 \end{aligned}$$

13. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{13} &= \mu_{\text{SEDANG}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{SEDIKIT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.96 : 0 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

14. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{14} &= \mu_{\text{SEDANG}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0.96 : 0 : 0.25) \Rightarrow 0.25 \end{aligned}$$

15. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{15} &= \mu_{\text{SEDANG}}[x] \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}}[y] \cap \mu_{\text{BANYAK}}[z] \\ &= \text{MIN}(0.96 : 0 : 0.75) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

16. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{16} &= \mu_{\text{SEDANG}}[x] \cap \mu_{\text{BAHAYA}}[y] \cap \mu_{\text{SEDIKIT}}[z] \\ &= \text{MIN}(0.96 : 0 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

17. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{17} &= \mu_{\text{SEDANG}}[x] \cap \mu_{\text{BAHAYA}}[y] \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}}[z] \\ &= \text{MIN}(0.96 : 0 : 0.25) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

18. Jika arus lalu lintas *sedang* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{18} &= \mu_{\text{SEDANG}}[x] \cap \mu_{\text{BAHAYA}}[y] \cap \mu_{\text{BANYAK}}[z] \\ &= \text{MIN}(0.96 : 0 : 0.75) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

19. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{19} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}}[x] \cap \mu_{\text{BAIK}}[y] \cap \mu_{\text{SEDIKIT}}[z] \\ &= \text{MIN}(0 : 1 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

20. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *baik* dan tumbuhan *sedang* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{20} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}}[x] \cap \mu_{\text{BAIK}}[y] \cap \mu_{\text{SEDANG}}[z] \\ &= \text{MIN}(0 : 1 : 0.25) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

21. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *baik* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{21} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{BAIK}[y]} \cap \mu_{\text{BANYAK}[z]} \\ &= \text{MIN}(0 : 1 : 0.75) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

22. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{22} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{SEDIKIT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0 : 0 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

23. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *sedang* maka suhu tinggi

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{23} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0 : 0 : 0.25) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

24. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *tidak sehat* dan tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{24} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{TIDAK SEHAT}[y]} \cap \mu_{\text{BANYAK}[z]} \\ &= \text{MIN}(0 : 0 : 0.75) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

25. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\begin{aligned} \text{apredikat}_{25} &= \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{BAHAYA}[y]} \cap \mu_{\text{SEDIKIT}[z]} \\ &= \text{MIN}(0 : 0 : 0) \Rightarrow 0 \end{aligned}$$

26. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *sedang* maka suhu rendah

$$\text{apredikat}_{26} = \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{BAHAYA}[y]} \cap \mu_{\text{SEDANG}[z]}$$

$$= \text{MIN} (0 : 0 : 0.25) \Rightarrow 0$$

27. Jika arus lalu lintas *sangat ramai* dan polusi *bahaya* dan tumbuhan *banyak* maka suhu rendah

$$apredikat_{25} = \mu_{\text{SANGATRAMAI}[x]} \cap \mu_{\text{BAHAYA}[y]} \cap \mu_{\text{BANYAK}[z]}$$

$$= \text{MIN} (0 : 0 : 0.75) \Rightarrow 0$$

3.5.3 Komposisi Aturan Menggunakan Metode MAX (Maximum)

Pada proses ini, solusi himpunan *fuzzy* di peroleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan proses selanjutnya yaitu mengaplikasikan ke *output* dengan menggunakan operasi OR (*union*).

Dari hasil pengaplikasian fungsi implikasi dari setiap aturan menggunakan metode MIN, proses selanjutnya yaitu komposisi aturan dengan menggunakan metode MAX untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Hasil dari aplikasi fungsi implikasi sebagai berikut :

- R2 = 0.25
- R3 = 0.4
- R11 = 0.25
- R12 = 0.75

Dari hasil tersebut, kemudian *rule* atau aturan di kelompokkan berdasarkan nilai keanggotaan output yaitu (RENDAH, SEDANG, NORMAL). Lalu dipilih menggunakan metode MAX dari masing-masing kelompok tersebut.

Mencari derajat keanggotaan pada masing-masing output

$$y1 = \text{MAX} (R11)$$

$$y1 = \text{MAX} 0.25$$

$$y1 = 0.25$$

$$y2 = \text{MAX} (R2, R3, R12)$$

$$y2 = \text{MAX} (0.25, 0.4, 0.75)$$

$$y2 = 0.75$$

Dari hasil komposisi diatas diambil nilai tertinggi dan nilai terendah. Nilai tertinggi digunakan sebagai batas atas dan nilai terendah digunakan sebagai batas bawah. Untuk mencari daerah himpunan output suhu.

$$a1 = (y1 * (\text{output_max} - \text{output_min})) + \text{output_min}$$

$$a2 = (y2 * (\text{output_max} - \text{output_min})) + \text{output_min}$$

$$a3 = \text{output_max} - (y3 * (\text{output_max} - \text{output_min}))$$

- $a1 = (0.75 * (26-22)) + 22$

$$a1 = 25$$

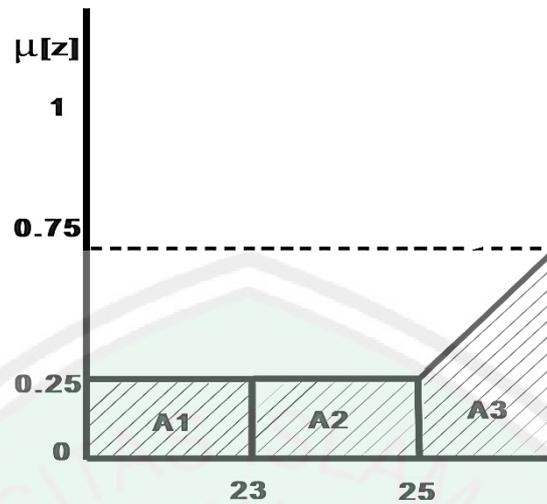
- $a2 = (0.25 * (26-22)) + 22$

$$a2 = 23$$

Dengan demikian, fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi ini adalah :

$$\mu [a]_{\text{SUHU}} = \begin{cases} 0.25 & x \leq 23 \\ \frac{(x-22)}{(26-22)} & 23 \leq x \leq 25 \\ 0.75 & x \geq 25 \end{cases} \quad (3.31)$$

Daerah hasil komposisi digambarkan pada grafik di bawah ini :



Gambar 3.11 Daerah Hasil Komposisi

3.5.4 Penegasan (defuzzifikasi)

Metode penegasan yang akan digunakan dalam *defuzzifikasi* adalah metode centroid. Berikut rumus 3.32 yang digunakan dengan menggunakan metode centroid:

$$z^* = \frac{\int \mu(z) z dz}{\int \mu(z) dz} \quad (3.32)$$

- Menghitung momentum tiap-tiap area

$$M1 = \int_0^{a1} (y2) z dz$$

$$M2 = \int_{a1}^{a1} \frac{(z-26)}{(32-26)} z dz$$

$$M3 = \int_{a1}^{max} (y1) z dz$$

- $$M1 = \int_0^{23} (0.25) z dz$$

$$= \left(\frac{0.25}{2}\right) z^2 \Big|_0^{23}$$

$$= 0.125 z^2 \Big|_0^{23}$$

$$= 0.125 (23)^2 - 0.1(0)^2$$

$$= 66.125$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ M2} &= \int_{23}^{25} \frac{(z-26)}{(26-22)} z \, dz \\ &= \int_{23}^{25} \frac{(z-22)}{4} z \, dz \\ &= \int_{23}^{25} \frac{(x-22)}{4} \left(\frac{1}{2}(x)^2\right) - \int_{23}^{25} \left(\frac{1}{2}(x)^2\right) * \left(\frac{1}{4}\right) \\ &= \frac{(x^3-26x^2)}{8} - \left(\frac{1}{8}\right) * \left(\frac{1}{3}x\right)^3 \int_{23}^{25} \\ &= \left(\frac{(25)^3-22(25)^2}{8} - \frac{(25)^3}{24}\right) - \left(\frac{(23)^3-22(23)^2}{8} - \frac{(23)^3}{24}\right) \\ &= \left(\frac{15625-13750}{8} - \frac{15625}{24}\right) - \left(\frac{12167-11638}{8} - \frac{12167}{24}\right) \\ &= \left(\frac{5625}{24} - \frac{15625}{24}\right) - \left(\frac{1578}{24} - \frac{12167}{24}\right) \\ &= \left(\frac{-10.000}{24}\right) - \left(\frac{-10589}{24}\right) \\ &= -416.67 - (-441.2083) \\ &= -416.67 + 441.2083 \\ &= 24.5383 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ M3} &= \int_{25}^{40} (0.75) z \, dz \\ &= \left(\frac{0.75}{2}\right) z^2 \Big|_{25}^{40} \\ &= 0.375 z^2 \Big|_{25}^{40} \\ &= 0.375 (40)^2 - 0.375(25)^2 \end{aligned}$$

$$= 365.625$$

- Menghitung luas masing-masing area

$$L1 = a2 * y1$$

$$L2 = (y1 + y2) * (a1 - a2) / 2$$

$$L3 = (output_max - a1) * (y2)$$

- $L1 = (23) * (0.25)$

$$= 5.75$$

- $L2 = (25 - 23) * (0.75 - 0.25) / 2$

$$= 1$$

- $L3 = (40 - 25) * (0.75)$

$$= 11.25$$

Menghitung nilai crisp yang dihasilkan dari proses *fuzzy* mamdani, yaitu membagi semua jumlah momentum dibagi dengan semua jumlah luas area

$$z = \frac{M1+M2+M3}{L1+L2+L3} \quad (3.33)$$

$$z = \frac{66.125 + 24.16666 + 365.625}{17.25 + 1 + 11.25}$$

$$z = \frac{455.916}{29.5}$$

$$z = 15.4548$$

Jadi, berdasarkan masukan sistem dapat ditentukan bahwa derajat suhu lingkungan sekitar kost-kostan tersebut sebesar 15.4548 derajat *celcius*.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

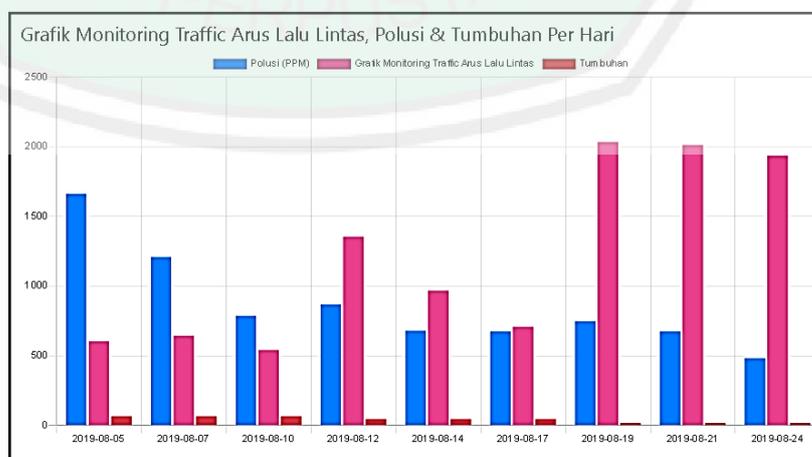
Dalam bab ini akan dibahas hasil uji coba program yang telah di rancang dan dibuat serta kontribusi program. Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah porgram dapat berjalan sebagaimana mestinya dengan kriteria uji coba yang telah ditentukan serta dilakukan sesuai dengan skenario uji coba.

Uji coba dilakukan terhadap data yang telah di dapat setelah melakukan serangkaian kegiatan penelitian yang meliputi aktifitas arus lalu lintas, polusi serta tumbuhan yang ada di lingkungan kost-kostan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak, dan pengolahan hasil pengukuran dengan menggunakan logika *fuzzy* mamdani.

4.1 Tampilan Program Monitoring

Pembuatan tampilan monitoring pada peneltian ini melibatkan beberapa komponen *interface* diantaranya:

4.1.1 Tampilan Monitoring Grafik Per Hari



Gambar 4.1 Tampilan Monitoring Grafik Harian

4.1.2 Tampilan Monitoring Grafik Per Waktu



Gambar 4.2 Tampilan Grafik Per Waktu

4.1.3 Tampilan Perhitungan Fuzzy

Kepadatan

Polusi

Tumbuhan

Min Rendah: 0.25
 Min Normal: 0.75 0.75
 Min Tinggi: 0
 Max Rendah: 0.25
 Max Normal: 0.75
 Max Tinggi: 0.00
 A3: 25
 A2: 23
 A1: 0
 M1: 66.1
 M2: 24.2
 M3: 365.6
 L1: 17.25
 L2: 1.00
 L3: 11.25
 Jumlah Momentum: 455
 Jumlah Luas: 29
 Hasil: 15.454802260

Gambar 4.3 Tampilan Perhitungan *Fuzzy*

4.1.4 Tampilan Data Polusi

PPM	Waktu
1.13	2019-08-17 16:28:38
1.19	2019-08-17 16:28:28
1.47	2019-08-05 15:38:18
1.53	2019-08-07 16:52:26
1.58	2019-08-10 16:25:05
1.68	2019-08-07 07:02:30
1.68	2019-08-07 16:58:40
1.68	2019-08-19 16:05:13
1.82	2019-08-07 16:53:42
10.02	2019-08-21 06:43:45

Gambar 4.4 Tampilan Data Polusi

4.1.5 Tampilan Data Arus lalu lintas

Nama File	Tanggal
alert_1_20190810_073422_655.mjpeg.avi	2019-08-10 07:34:22
alert_1_20190805_071005_262.mjpeg.avi	2019-08-05 07:10:05
alert_1_20190805_071035_081.mjpeg.avi	2019-08-05 07:10:35
alert_1_20190805_071120_695.mjpeg.avi	2019-08-05 07:11:20
alert_1_20190805_071125_001.mjpeg.avi	2019-08-05 07:11:25
alert_1_20190805_071147_001.mjpeg.avi	2019-08-05 07:11:47
alert_1_20190805_071152_983.mjpeg.avi	2019-08-05 07:11:52
alert_1_20190805_071214_206.mjpeg.avi	2019-08-05 07:12:14
alert_1_20190805_071230_714.mjpeg.avi	2019-08-05 07:12:30
alert_1_20190805_071322_977.mjpeg.avi	2019-08-05 07:13:22

Gambar 4.5 Tampilan Data Arus lalu lintas

4.1.6 Tampilan Data Tumbuhan

Jumlah	Waktu
15	2019-08-19 00:00:00
15	2019-08-21 00:00:00
15	2019-08-24 00:00:00
45	2019-08-12 00:00:00
45	2019-08-14 00:00:00
45	2019-08-17 00:00:00
65	2019-08-05 00:00:00
65	2019-08-07 00:00:00
65	2019-08-10 00:00:00

Gambar 4.6 Tampilan Data Tumbuhan

4.2 Pembuatan Program

Tahap pertama pembuatan program yaitu dengan menginisialisasi semua variabel yang nantinya digunakan sebagai inputan untuk proses perhitungan derajat suhu. Inputan yang digunakan dalam program ini terdiri dari arus lalu lintas, polutan, dan tumbuhan yang akan nantinya akan muncul *output* data hasil perhitungan derajat suhu dengan implementasi menggunakan *fuzzy* mamdani mulai dari derajat keanggotaan, fungsi implikasi dengan mengambil nilai minimal, komposisi aturan dengan mengambil nilai maksimal dengan menentukan batas atas dan batas bawah untuk setiap momentum daerah luas yang digunakan, dan juga nilai luas daerah, kemudian akan menghasilkan output berupa nilai Z yaitu titik tengah dari pembagian antara momentum daerah luas dengan nilai masing-masing luas daerah yang digunakan. Berikut ini paparan langkah dalam pembuatan rancang bangun monitoring suhu dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani:

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzifikasi*

Arus lalu lintas memiliki 3 himpunan yang terdiri dari sepi, sedang dan sangat ramai sehingga diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input $k = 147$, yaitu :

$$\begin{aligned}\mu_{\text{SEPI}}[147] &= \frac{150-147}{150-75} \\ &= 0.04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{\text{SEDANG}}[147] &= \frac{147-75}{150-55} \\ &= 0.96\end{aligned}$$

$$\mu_{\text{SANGAT RAMAI}}[147] = 0$$

```

public function k_sepi($x)
{
    if ($x <=75) {
        return 1;
    }
    else if($x<=150 and $x >=75) {
        return (150-$x)/(150-75);
    }
    else if ($x>=150) {
        return 0;
    }
}

public function k_sedang($x)
{
    if (($x <=75) or ($x>=225)) {
        return 0;
    }
    else if(($x<=150) and ($x>=75)) {
        return ($x-75)/(150-75);
    }
    else if ($x >=150 and $x<=225) {
        return (225-$x)/(225-150);
    }
}

public function k_ramai($x){
    if ($x <=225){
        return 0;
    }
    else if (($x>=150) and ($x<=225)){
        return ($x-150)/(225-150);
    }
    else if ($x>=225) {
        return 1;
    }
}

```

Selanjutnya untuk variabel keanggotaan polutan memiliki 3 himpunan yang terdiri dari himpunan baik, tidak sehat dan bahaya, sehingga diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input $p = 11.56$ yaitu :

$$\mu_{\text{BAIK}} [11.56] = 1$$

$$\mu_{\text{TIDAK SEHAT}} [11.56] = 0$$

$$\mu_{\text{BAHAYA}} [11.56] = 0$$

```

public function p_baik ($x)
{
    if ($x <=100){
        return 1;
    }
    else if (($x<=100) or ($x>=200)){
        return (200-$x)/ ((200-100));
    }
    else if ($x>=200) {
        return 0;
    }
}

public function p_tidaksehat($x)
{
    if (($x<=100) or ($x>=300)) {
        return 0;
    }
    else if ((100<=$x) and ($x<=200)){
        return ($x-100)/(200-100);
    }
    else if ((200<=$x) and ($x<=300)){
        return (300-$x)/(300-200);
    }
}

public function p_bahaya($x)
{
    if ($x<=200) {
        return 0;
    }
    else if (($x>=200) and ($x<=300)){
        return ($x-200)/(300-200);
    }
    else if ($x>=300){
        return 1;
    }
}

```

Untuk variabel tumbuhan memiliki 3 himpunan terdiri dari sedikit, tidak sehat dan banyak, sehingga diperoleh nilai keanggotaan dari nilai input $t = 65$, yaitu :

$$\mu \text{ SEDIKIT } [65] = 0$$

$$\mu \text{ SEDANG } [65] = \frac{70-65}{70-50}$$

$$= 0.25$$

$$\mu \text{ BANYAK } [60] = \frac{65-50}{70-50}$$

$$= 0.75$$

```

public function tu_sedikit($x)
{
    if ($x<=30) {
        return 1;
    }
    else if (($x<=30) or ($x<=50)){
        return (50-$x)/(50-30);
    }
    else if ($x>=50){
        return 0;
    }
}
public function tu_sedang($x)
{
    if (($x<=50) or ($x>=70)){
        return 0;
    }
    else if (($x>=50) and ($x<=70)){
        return (70-$x)/(70-50);
    }
    else if ($x<=70){
        return 1;
    }
}
public function tu_banyak($x)
{
    if ($x <=50){
        return 0;
    }
    else if (($x>=50) and ($x<=70)){
        return ($x-50)/(70-50);
    }
    else if ($x>=70) {
        return 1;
    }
}

```

2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah mengetahui nilai keanggotaan dari masing-masing variabel, proses selanjutnya yaitu aplikasi fungsi implikasi menggunakan metode MIN untuk menentukan nilai minimum keluaran dari masing-masing aturan yang telah dibentuk.

[R1] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *baik* dan Tumbuhan *banyak* maka suhu normal

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \min(0.04: 1 : 0.25) = 0.25$$

[R2] Jika arus lalu lintas *sepi* dan *baik* dan Tumbuhan *sedikit* maka suhu normal

$$\alpha - \text{predikat}_2 = \min(0.04 : 1 : 0.75) = 0.04$$

[R3] Jika arus lalu lintas *sedang* dan *baik* dan Tumbuhan *sedang* maka

suhu rendah

$$\alpha - \text{predikat}_3 = \min(0.96 : 1 : 0.25) = 0.25$$

[R4] Jika arus lalu lintas *sedang* dan *baik* dan Tumbuhan *banyak* maka

suhu normal

$$\alpha - \text{predikat}_4 = \min(0.96 : 1 : 0.75) = 0.75$$

```

$rendah = array();
$normal = array();
$tinggi = array();
for ($i=0; $i<count($hasil) ; $i++) {
    if ($hasil[$i]['rule'] == 'rendah') {
        array_push($rendah, $hasil[$i]['min']);
    } else if ($hasil[$i]['rule'] == 'normal') {
        array_push($normal, $hasil[$i]['min']);
    } else if ($hasil[$i]['rule'] == 'tinggi') {
        array_push($tinggi, $hasil[$i]['min']);
    }
}

```

Kode Sumber 4

3. Komposisi Antara Aturan Max

Proses selanjutnya adalah komposisi aturan menggunakan metode max untuk melakukan komposisi antar semua aturan. Pada perhitungan ini aturan-aturan dikelompokkan sesuai dengan keluaran yang telah ditentukan yaitu (Rendah, Normal, Tinggi).

a. Variabel output himpunan rendah

$$= \max \text{ rendah (p3)}$$

$$= \max \text{ rendah (0.25)}$$

$$= 0.25$$

Sehingga nilai keanggotaanya adalah

$$A1 = (26-22) * 0.25 + 22$$

$$= (4*0.25) + 22$$

$$= 23$$

b. Variabel output himpunan normal

$$= \text{max normal } (p1, p2, p4)$$

$$= \text{max normal } (0.25 : 0.04 : 0.75)$$

$$= 0.75$$

sehingga nilai keanggotaanya adalah

$$A2 = (\text{suhu tinggi-suhu rendah}) * \text{max rendah} + \text{suhu rendah}$$

$$= (26-22) * 0.75 + 22$$

$$= (4*0.75) + 22$$

$$= 25$$

```

if(sizeof($rendah)>0){
    $maxR = max($rendah);
}else{
    $maxR=0;
    $rendah=0;
}

if(sizeof($normal)>0){
    $maxN = max($normal);
}else{
    $maxN=0;
    $normal=0;
}

if(sizeof($tinggi)>0){
    $maxT = max($tinggi);
}else{
    $maxT=0;
    $tinggi=0;
}

```

```

if ($maxR != 0 and $maxN != 0 and $maxT != 0){
    $A3 = $this->a3($maxR);
    $A2 = $this->a2($maxN);
    $A1 = $this->a1($maxT);
} else if ($maxT == 0 and $maxR != 0) {

    $A3 = 0;
    $A2 = $this->a3($maxR);
    $A1 = $this->a2($maxN);
} else if ($maxT == 0 and $maxR == 0) {
    $A3 = 0;
    $A2 = 0;
    $A1 = $this->a2($maxN);
}

```

4. Defuzzifikasi

Proses *defuzzifikasi* merupakan proses terakhir, dalam penelitian ini penulis menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai crisp. Langkah awal dalam perhitungan *defuzzifikasi* dengan menghitung nilai momentum pada setiap daerah (M), kemudian setelah diketahui nilai dari momentum tersebut selanjutnya yakni mencari nilai luas area dari masing-masing daerah (L). Proses selanjutnya yaitu menghitung titik pusat (centroid).

Berikut fungsi keanggotaan yang di peroleh dari hasil komposisi terhadap himpunan keluaran (*output*) nilai suhu sebagai berikut :

$$\mu [x]_{\text{SUHU}} = \begin{cases} 0.25 & x \leq 23 \\ \frac{(x-22)}{(26-22)} & 23 \leq x \leq 25 \\ 0.75 & x \geq 25 \end{cases}$$

Berikut untuk mengitung batas area dari hasil komposisi aturan seperti di atas

$$M1 = \int_0^{a1} (y2) z dz$$

$$M2 = \int_{a1}^{a1} \frac{(z-26)}{(32-26)} z dz$$

$$M3 = \int_{a1}^{max} (y1) z dz$$

$$\blacksquare \quad M1 = \int_0^{23} (0.25) z dz$$

$$= \left(\frac{0.25}{2} \right) z^2 \Big|_0^{23}$$

$$= 0.125 z^2 \Big|_0^{23}$$

$$= 0.125 (23)^2 - 0.1(0)^2$$

$$= 66.125$$

$$\blacksquare \quad M2 = \int_{23}^{25} \frac{(z-26)}{(26-22)} z dz$$

$$= \int_{23}^{25} \frac{(z-22)}{4} z dz$$

$$= \int_{23}^{25} \frac{(x-22)}{4} \left(\frac{1}{2} (x)^2 \right) - \int_{23}^{25} \left(\frac{1}{2} (x)^2 \right) * \left(\frac{1}{4} \right)$$

$$= \frac{(x^3 - 26x^2)}{8} - \left(\frac{1}{8} \right) * \left(\frac{1}{3} x \right)^3 \Big|_{23}^{25}$$

$$= \left(\frac{(25)^3 - 22(25)^2}{8} - \frac{(25)^3}{24} \right) - \left(\frac{(23)^3 - 22(23)^2}{8} - \frac{(23)^3}{24} \right)$$

$$= \left(\frac{15625 - 13750}{8} - \frac{15625}{24} \right) - \left(\frac{12167 - 11638}{8} - \frac{12167}{24} \right)$$

$$= \left(\frac{5625}{24} - \frac{15625}{24} \right) - \left(\frac{1578}{24} - \frac{12167}{24} \right)$$

$$= \left(\frac{-10.000}{24} \right) - \left(\frac{-10589}{24} \right)$$

$$= -416.67 - (-441.2083)$$

$$= -416.67 + 441.2083$$

$$= 24.5383$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad M3 &= \int_{25}^{40} (0.75) z \, dz \\
 &= \left(\frac{0.75}{2}\right) z^2 \Big|_{25}^{40} \\
 &= 0.375 z^2 \Big|_{25}^{40} \\
 &= 0.375 (40)^2 - 0.375(25)^2 \\
 &= 365.625
 \end{aligned}$$

```

function integrall1($x=0,$x2=1){
    return $this->integralPer($x2) - $this->integralPer($x);
}

public function getM1($y2, $a2) {
    $divy2 = $y2 / 2;
    $result = ($divy2*pow($a2, 2))-
($divy2*pow(0,2));
    return $result;
}

public function getM2($a1, $a2){
    $result = ( ((pow($a1, 3) - 22*pow($a1, 2)) / 8) -
(pow($a1, 3)/24 ) ) - ( ((pow($a2, 3) - 22*pow($a2, 2)) /
8) - ( pow($a2, 3)/24 ) );
    return $result;
}

public function getM3($y1, $a1){
    $divy2 = $y1 / 2;
    $result = ($divy2*pow(40, 2))-($divy2*pow($a1,2));
    return $result;
}

```

Proses selanjutnya yaitu menghitung masing-masing luas area

$$L1 = a2 * y1$$

$$L2 = (y1 + y2) * (a2 - a1) / 2$$

$$L3 = (\text{output_max} - a1) * (y2)$$

$$\blacksquare \quad L1 = (23) * (0.25)$$

$$= 5.44$$

Proses selanjutnya yaitu menghitung masing-masing luas area

$$L1 = a2 * y1$$

$$L2 = (y1 + y2) * (a2 - a1) / 2$$

$$L3 = (output_max - a1) * (y2)$$

- $L1 = (23) * (0.25)$

$$= 5.44$$

- $L2 = (25 - 23) * (0.75 - 0.25) / 2$

$$= 1$$

- $L3 = (40 - 25) * (0.75)$

$$= 5.25$$

```
public function L1($A2, $maxN)
{
    return $A2 * $maxN;
}

public function L2($maxN, $maxT, $A1, $A2)
{
    return (($maxN + $maxT) * ($A1 - $A2) / 2);
}

public function L3($A1, $maxT)
{
    return $A1 * $maxT;
}

public function getL2($maxN, $maxR, $A1, $A2) {
    return ( ($maxN + $maxR) * ($A1-$A2) ) / 2;
}

public function getL3($A1, $maxN) {
    return (40-$A1) * $maxN;
}
```

Hasil yang didapatkan adalah jumlah output suhu, dalam proses *defuzzifikasi* dalam penelitian ini menggunakan metode centroid dengan mengambil nilai tengah. Maka didapatkan jumlah momentum(M) setiap daerah dibagi dengan jumlah luas setiap daerah (L).

```

public function sum($x, $y, $z)
{
return $x+$y+$z;
}
$jumlah_momentum=$this-
>sum($integralRendah,$integralPer,
$integralTinggi);

$luas=$this->sum($l1, $l2, $l3);

$hasil = $this->sum($integralTinggi, $integralPer,
$integralRendah) / $luas;

```

4.3 Hasil Data Penelitian dan Evaluasi Program

Penelitian dilakukan di tiga tempat lokasi yaitu Jalan Sunan Kalijaga Dalam, Jalan Joyosuko dan Jalan Kerto Raharjo. Masing-masing dari tempat lokasi tersebut diambil 3 sampel data yang terdiri dari 2 hari aktif yaitu hari Senin dan Rabu, kemudian untuk hari libur atau *weekend* pengambilan data dilakukan pada hari Sabtu dengan durasi tiga jam per hari yaitu pada pukul 07.00 – 08.00 WIB, pukul 12.00 – 13.00 WIB, dan pada pukul 16.00 -17.00 WIB. Pada tanggal 05 Agustus 2019, tanggal 07 Agustus 2019, dan tanggal 10 Agustus 2019 pengambilan data dilakukan di Jalan Sunan Kali Jaga Dalam. Sedangkan untuk tanggal 12 Agustus 2019, 17 Agustus 2019, dan 19 Agustus pengambilan data dilakukan di Jalan Joyosuko. Untuk tanggal 19 Agustus 2019, 21 Agustus 2019, dan 24 Agustus 2019 pengambilan data dilakukan di Jalan Kerto Raharjo.

4.3.1 Hasil Data Penelitian Pagi Pukul 07.00 – 08.00 WIB

Tabel 4.1 Hasil Data Penelitian Pagi Pukul 07.00 – 08.00 WIB

No	Tanggal	Tempat	Inputan			Output
			Arus lalu lintas	Polusi	Tumbuhan	Suhu
1	05 Agustus 2019	Jl. Sunan	108	3.06	65	16.278
2	07 Agustus 2019	Kali Jaga Dalam	89	3.45	65	14.961
3	10 Agustus 2019		147	11.56	65	15.454
4	12 Agustus 2019		289	3.02	45	15.558
5	14 Agustus 2019	Jl. Joyosuko	195	3.43	45	15.558
6	17 Agustus 2019		121	11.59	45	15.558
7	19 Agustus 2019		346	2.78	15	24.142
8	21 Agustus 2019	Jl. Kerto Raharjo	359	4.29	15	24.142
9	24 Agustus 2019		413	4.30	15	24.142

4.3.2 Hasil Data Penelitian Siang Pukul 12.00 – 13.00

Tabel 4.2 Hasil Data Penelitian Siang Pukul 12.00 – 13.00 WIB

No	Tanggal	Tempat	Inputan			Output
			Arus lalu lintas	Polusi	Tumbuhan	Suhu
1	05 Agustus 2019	Jl. Sunan	125	2.81	65	15.765
2	07 Agustus 2019	Kali Jaga Dalam	70	3.59	65	20.833
3	10 Agustus 2019		93	4.17	65	15.375
4	12 Agustus 2019		260	3.40	45	20.833
5	14 Agustus 2019	Jl. Joyosuko	131	2.99	45	15.558
6	17 Agustus 2019		117	3.11	45	15.558
7	19 Agustus 2019		676	3.74	15	24.142
8	21 Agustus 2019	Jl. Kerto Raharjo	615	2.93	15	24.142
9	24 Agustus 2019		481	4.50	15	24.142

4.3.3 Hasil Data Penelitian Pukul 16.00 – 17.00 WIB

Tabel 4.3 Hasil Data Penelitian Sore Pukul 16.00 – 17.00 WIB

No	Tanggal	Tempat	Inputan			Output
			Arus lalu lintas	Polusi	Tumbuhan	Suhu
1	05 Agustus 2019	Jl. Sunan	327	2.97	65	20.833
2	07 Agustus 2019	Kali Jaga Dalam	439	2.85	65	20.833
3	10 Agustus 2019		239	2.85	65	20.833
4	12 Agustus 2019		805	3.29	45	15.558
5	14 Agustus 2019	Jl.	498	2.92	45	15.558
6	17 Agustus 2019	Joyosuko	432	3.61	45	15.558
7	19 Agustus 2019		845	4.03	15	24.142
8	21 Agustus 2019	Jl. Kerto	832	3.90	15	24.142
9	24 Agustus 2019	Raharjo	846	4.29	15	24.142

4.3.4 Evaluasi Program

Keakuratan program perhitungan output suhu dapat diketahui dengan menghitung nilai akurasi, yaitu nilai akurasi yang dihitung dengan cara membandingkan data hasil pengukuran yang diperoleh dari perkiraan suhu BMKG kota Malang dengan hasil perhitungan dengan metode *fuzzy Mamdani*. Untuk menghitung nilai akurasi, dalam penelitian ini menggunakan *Confusion Matrix* dan *Receiver Operating Characteristic Curve (ROC)*, dengan rumus sebagai berikut :

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} * 100$$

Dengan :

TP : True Positive

TN : True Negative

FP : False Positive

FN : False Negative

K : Arus lalu lintas

P : Polusi

T : Tumbuhan

Tabel 4.4 Data Hasil Akurasi dari Data Penelitian dan Data BMKG

Data Ke -	Inputan			Suhu		Accuracy
	K	P	T	Data Penelitian	Data BMKG	
1	108	3.06	65	Rendah	Rendah	TP
2	125	2.81	65	Rendah	Normal	FP
3	327	2.97	65	Rendah	Normal	FP
4	89	3.45	65	Rendah	Rendah	TP
5	70	3.59	65	Rendah	Normal	FP
6	439	2.85	65	Rendah	Rendah	TP
7	147	11.56	65	Rendah	Rendah	TP
8	93	4.17	65	Rendah	Normal	FP
9	239	2.85	65	Rendah	Normal	FP
10	289	3.024	45	Rendah	Rendah	TP
11	260	3.40	45	Rendah	Normal	FP
12	805	3.29	45	Rendah	Normal	FP
13	195	3.43	45	Rendah	Rendah	TP
14	131	2.99	45	Rendah	Normal	FP
15	498	2.92	45	Rendah	Normal	FP
16	121	11.59	45	Rendah	Rendah	TP
17	117	3.11	45	Rendah	Normal	FP
18	432	3.61	45	Normal	Normal	TP
19	346	2.78	15	Normal	Rendah	FP

20	676	3.74	15	Normal	Normal	TP
21	845	4.03	15	Normal	Normal	TP
22	359	4.29	15	Normal	Rendah	FP
23	615	2.93	15	Normal	Normal	TP
24	832	3.90	15	Normal	Normal	TP
25	413	4.30	15	Normal	Rendah	FP
26	481	4.50	15	Normal	Normal	TP
27	846	4.29	15	Normal	Normal	TP

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} * 100$$

$$Accuracy = \frac{13+0}{27} * 100$$

$$Accuracy = 51 \%$$

Hasil presentase akurasi dari perhitungan nilai suhu berdasarkan data penelitian menggunakan metode *Receiver Operating Characteristic Curve* (ROC) sebesar 51 % sehingga dari hasil akurasi tersebut dapat dikatakan baik.

4.4 Integrasi Sistem dengan Islam

Setiap insan manusia memiliki tingkat kesulitan masing-masing. Namun dengan seiring berjalannya waktu setiap kesulitan akan ada kemudahan dan dapat terpecahkan dengan berbagai cara untuk mengatasinya. Pernyataan ini sesuai dengan firman Allah SWT yang tertuang dalam surat Al-Insyiroh ayat

5:

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا 5)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

Tujuan awal penelitian ini yaitu memberikan kemudahan dalam memonitoring suhu di lingkungan sekitar kost-kostan menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Proses tersebut adalah suatu usaha yang diharapkan dapat memecahkan suatu permasalahan atau mempermudah dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Allah berfirman dalam Surat Al-Baqarah ayat 185:

... يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ ... (185)

Imam Ahmad mengatakan telah menceritakan kepada kami Muhammad Ibnu Ja'far, telah menceritakan kepada kami Syu'bah, telah menceritakan kepada kami Abut Tayyah, ia pernah mendengar sahabat Anas r.a mengatakan bahwa Rasulullah Saw pernah bersabda:

يَسِّرُوا وَلَا تُعَسِّرُوا ، وَسَكِّنُوا وَلَا تُنْفِرُوا.

“Mudahkanlah dan janganlah kalian mempersulit, serta bersikap simpatilah kalian dan janganlah kalian bersikap tidak disenangi”.

Imam Bukhari dan Imam Muslim mengetenghkannya di dalam kitab *Sahih* masing-masing. Di dalam kitab *Sahihain* disebutkan pula bahwa ketika Rasulullah

Saw mengutus sahabat Mu'az Ibnu Jabal dan Abu Musa ke negeri Yaman, beliau bersabda kepada keduanya (Katsir, 2003) :

بَشِيرًا وَلَا تُنْفِرًا ، وَيَسِيرًا وَلَا تُعَسِّرًا ، وَتَطَوُّعًا وَلَا تَخْتِلَفًا

“Sampaikanlah berita gembira (kepada mereka) dan janganlah kamu berdua bersikap yang membuat mereka jadi antipati kepadamu, permudahkanlah oleh kamu dan janganlah kamu berdua mempersulit dan saling bantulah kamu berdua dan jangan sampai kamu berdua berselisih pendapat.”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menghendaki kemudahan untuk setiap umat-Nya, dan tidak menghendaki kesukaran bagi ummat-Nya. Allah menghendaki kemudahan kepada setiap umat-Nya yang selalu berusaha dan berdoa selama usaha yang dilakukannya tersebut untuk kebaikan bersama dan tidak melanggar aturan agama.

Sungguh sangat kecil apabila kemampuan dari manusia dibandingkan dengan kekuasaan Allah SWT yang begitu besar, untuk itu pembuatan program monitoring suhu ini yang mana telah berupaya menimalisir terjadinya kesalahan (*error*) namun tetap saja kita sebagai manusia hanya bisa mengupayakan yang terbaik dibandingkan kekuasaan Allah dalam penciptaannya tidak akan ada yang mampu menandinginya. Dengan adanya monitoring suhu di sekitar kost-kostan UIN Malang ini diharapkan dapat membantu memantau dan menganalisa peramalan suhu berdasarkan parameter-parameter tertentu.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Perangkat pengukuran dengan sensor dapat dikomunikasikan langsung dengan sebuah Node MCU ESP 8266. Node MCU ESP 8266 sendiri berfungsi sebagai pengolah data dari sensor. Data dari sensor gas MQ 7, data arus lalu lintas dari web kamera dipresentasikan dalam bentuk grafik. Kemudian data yang didapat dari kedua alat tersebut di olah menggunakan metode *fuzzy* mandani. Data dalam penelitian ini menunjukkan hasil nilai presentasi tingkat akurasi menggunakan metode *Receiver Operating Characteristic Curve* (ROC) dengan nilai akurasi sebesar 51 % dan dapat dikatakan baik.

5.2. Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan variable input yang berbeda sehingga mampu mengambil data input yang berbeda dalam proses perhitungan. Selain menggunakan metode *Fuzzy Mandani* dapat digunakan metode peramalan yang lebih beragam lagi seperti metode *Fuzzy* yang lain dan memiliki nilai keakurasian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, M. W., Vitianingsih, A. V., & Wijaya, T. A. (1999). Pemetaan Tingkat Polusi Udara di Kota Surabaya Berbasis Android. *Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Dr. Soetomo Surabaya*.
- Amelia, K., Yendri, D., & Aisuwarya, R. (2009). Perancangan Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban dan Titik Embun Udara Secara Realtime Menggunakan Mikrokontroler Arduino dengan Logika Fuzzy Yang Dapat di Akses Melalui Internet. *Jurusan Sistem Komputer Fakultas Teknologi Informasi Universitas Andalas*.
- Ananthi, N., Ph, D., Grade, A. S., Divya, J., Divya, M., & Janani, V. (2017). IoT based Smart Soil Monitoring System for. *International Conference on Technological in ICT For Agriculture and Rural Development*, 5–10.
- Anonim. (2012). ITU-T. *International Telecommunication Union*.
- Asmara, I. T. (2016). Kajian Pencemaran Udara CO₂ Di Kota Surakarta(Studi Kasus di Jalan Adi Soemarmo , Jalan Slamet Riyadi dan Jalan DR . Radjiman). *Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Castellano, G., Fanelli, A. M., & Mencar, C. (2003). Design of Transparent Mamdani Fuzzy Inference Systems. *Computational Intelligence Laboratory CILAB*, (January).
- Chen W. 2011. *Application Internet Of Things For Electric Fire Control*. *Electrical and Control Engineering (ICECE)*. hlm 4741-4743
- Halimah, N. (2013). Analisis pengaruh aktivitas lalu lintas terhadap suhu udara di stasiun observasi klimatologi baranangsiang bogor nur halimah. *Geofisika, Departemen Meteorologi, D A N Matematika, Fakultas Ilmu, D A N Alam, Pengetahuan*.
- Iqbal, Z., & Hermanto, L. (2017). Sistem Monitoring Tingkat Pencemaran Udara Berbasis Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel. *Fakultas Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma*, 22(1), 10–20.
- Junam, Y. Y., Rogi, J. E. X., & Rombang, J. (2016). Pengaruh Tipe Tutupan Lahan Terhdap Iklim Mikro Di Kota Bitung. *Agri Sosio Ekonomi Unsrat*, 12(November), 105–116.
- Kumalasari, N. T. (2014). Implementasi Metode Fuzzy Berbasis GroIMP XL-System Pada Pertumbuhan Ideal Kacang Kedelai Terhadap Intentitas Penyiraman dan Pemupukan. *Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Malang*.
- Lopez P, Fernandez D, Jara A, & Skarmeta A.F. 2013.). Survey Internet Of Things Technologies For Clinical Environment. *Advanced Information Networking and Applications Workships (WAINA)*

- Maimun, 2007. Hutan Untuk Mahluk Hidup. [Http://AcehRecoveryForum.org](http://AcehRecoveryForum.org).
- Maulana, N., Diponegoro, U., Widiyanto, E. D., & Diponegoro, U. (2016). *Perancangan Sistem Sensor Pemonitor Lingkungan Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel*. (April). <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.4.2.2016.353-360>
- Muslimin, & Santoso, I. (2012). Monitoring Ruang Dengan Webcam yang Dapat di Akses Melalui Handphone Menggunakan Wi-fi. *Jurusan Teknik Eektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*.
- Pujiana, D. I., & Handayani, A. S. (2017). Perancangan Wireless Sensor Network Dalam Sistem Monitoring Lingkungan. *Prosiding Annual Research Seminar 2017 Computer Sciene and ICT*, 3(1).
- Purwanto, F. H., & Utami, E. (2018). Design of Server Room Temperature and Humidity Control System using Fuzzy Logic Based on Microcontroller. *International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 390–395.
- Putri, F. N. (2012). Analisis Distribusi Spasial Gas Karbon Monoksida (CO) dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Udara di Jalan Slamet Riyadi Kota Surabaya. *Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Setiawan, A., Mustika, I. W., & Tegug Bharata Adji. (2016). Perancangan Context-Aware Smart Home Dengan Menggunakan Internet Of Things. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi, 2016*(Sentika), 18–19.
- Yudhaniristo, Neny Anggraini, F. F. (2015). Prototipe Alat Monitoring Radio Aktivitas Lingkungan, Cuaca dan Kualitas Udara Secara Online dan Periodik Berbasis Arduino (Studi Kasus : Batan Puspipstek Serpong). *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 31–38.