

**PERANCANGAN SISTEM PEMBERSIH UDARA
MENGUNAKAN METODE *FUZZY* MAMDANI
UNTUK KONTROL KIPAS BERBASIS IOT
(INTERNET OF THINGS)**

SKRIPSI

Oleh :
ZAKI MUKHAMMAD
NIM. 16650056



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**PERANCANGAN SISTEM PEMBERSIH UDARA MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY* MAMDANI UNTUK KONTROL KIPAS
BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)**

SKRIPSI

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

**Oleh:
ZAKI MUKHAMMAD
NIM. 16650056**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN SISTEM PEMBERSIH UDARA MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY* MAMDANI UNTUK KONTROL KIPAS
BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)**

SKRIPSI

Oleh :
ZAKI MUKHAMMAD
NIM. 16650056

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : Desember 2020

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Suhartono, M.Kom
NIP. 19680619 200312 1 001

Dosen Pembimbing II

M. Imamuddin, Lc., M.A
NIP. 19740602 200901 1 010

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

PERANCANGAN SISTEM PEMBERSIH UDARA MENGGUNAKAN METODE *FUZZY* MAMDANI UNTUK KONTROL KIPAS BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)

SKRIPSI

Oleh:
ZAKI MUKHAMMAD
NIM.16650056

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Pada Tanggal Desember 2020

Susunan Dewnn Penguji

1. Penguji Utama : Irwan Budi Santoso, M.Kom ()
NIP. 19740602 200901 1 010
2. Ketua Penguji : Agung Teguh Wibowo Almais, MT ()
NIDT. 19860103 20180201 1235
3. Sekretaris Penguji : Prof. Dr. Suhartono, M.Kom ()
NIP. 19680519 200312 1 001
4. Anggota Penguji : M. Imamuddin, Lc., MA ()
NIP. 19740602 200901 1 010

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 : Zaki Mukhammad

NIM : 16650056

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : Perancangan Sistem Pembersih Udara Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* Untuk Kontrol Kipas Berbasis IOT (*Internet of Things*)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan benar-benar hasil karya tulis saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau buah pikir orang lain yang saya nyatakan sebagai hasil karya tulis atau buah pikir saya sendiri, kecuali dengan menyertakan sumber kutipan pada daftar pustaka atau referensi.

Jika suatu saat terbukti bahwa skripsi saya hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku atas perbuatan saya tersebut.

Malang, Desember 2020
Yang membuat pernyataan,



Zaki Mukhammad
NIM. 16650056

HALAMAN MOTTO

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ

“Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka merubah keadaan diri mereka sendiri” (QS. Ar Ra’d: 11)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji bagi Allah tuhan semesta alam. Puji syukur kehadiran Allah ﷻ, berkat hidayah dan inayahnya karya tulis ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad ﷺ.

Karya tulis ini penulis persembahkan kepada Ayah, Ibu, Kakak, dan keponakan di Lumajang, yang telah memberikan motivasi dan dukungan yang tidak terduga dari penulis menempuh kuliah sampai karya tulis ini terselesaikan, dan sampai seterusnya.

Untuk kedua pembimbing penulis, Bapak Prof. Dr. Suhartono, M.Kom dan Bapak M. Imamuddin, Lc, MA yang telah memberikan motivasi, saran, dan kritik terhadap penulis sampai terselesaikannya karya tulis ini.

Untuk kedua penguji skripsi penulis, Bapak Irwan Budi Santoso, M.Kom dan Bapak Agung Teguh Wibowo Almais, MT yang juga telah memberikan saran dan kritik untuk menjaga kualitas dari karya tulis ini.

Untuk segenap dosen dan staf akademik Teknik Informatika UIN Malang, yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.

Untuk kawan-kawan mahasiswa Teknik Informatika UIN Malang, khususnya keluarga Andromeda. Terima kasih telah menjadi teman yang baik untuk penulis, dan membantu penulis selama perkuliahan.

Untuk teman-teman kontrakan selama 3 tahun berkuliah di UIN Malang, Terima kasih juga telah menemani penulis selama 3 tahun ini.

Untuk semua pihak yang pernah terlibat dalam kehidupan penulis, terima kasih telah membantu penulis dalam menjalani kehidupan dan membentuk penulis menjadi pribadi yang seperti sekarang.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Syukur alhamdulillah penulis hanturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus menyelesaikan Skripsi ini dengan baik.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan jazakumullah ahsanal jaza' kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
3. Dr. Suhartono, M.Kom dan M. Imamudin, Lc, MA selaku dosen pembimbing Skripsi, yang telah banyak memberikan pengarahan, ilmu dan pengalaman yang berharga
4. Irwan Budi Santoso, M.Kom dan Agung Teguh Wibowo Almais, MT selaku dosen penguji skripsi, yang telah banyak memberikan saran dan kritik untuk pengembangan skripsi penulis
5. Segenap sivitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terimakasih atas segenap ilmu dan bimbingannya
6. Bapak, Ibu, Kakak dan seluruh keluarga besar penulis di Lumajang yang telah memberikan banyak do'a, motivasi serta dukungan dalam penyusunan Skripsi ini
7. Keluarga besar Andromeda mahasiswa Jurusan Teknik Informatika angkatan 2016 yang telah mendukung dan menjadi teman yang baik bagi penulis selama menempuh perkuliahan di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
8. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini baik berupa materil maupun moril

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap semoga Skripsi ini bisa memberikan manfaat kepada para pembaca khususnya bagi penulis secara pribadi. *Amin Ya Rabbal Alamin*
Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, Desember 2020

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT.....	xiv
المخلص.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Internet of Things	6
2.2 Kualitas Udara dan Pencemaran Udara.....	7
2.3 Arduino.....	9
2.4 Sensor	10
2.4.1 Sensor Asap (Sensor MQ-2).....	10
2.4.2 Sensor PM 2,5 PMS5003.....	11
2.4.3 Sensor Suhu dan Kelembapan (Sensor DHT22).....	13
2.5 NodeMCU	15
2.6 Logika <i>Fuzzy</i>	16
2.6.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	17
2.6.2 Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem	21
3.1.1 Keterangan Umum	21
3.1.2 Kebutuhan Perangkat Keras	21
3.1.3 Kebutuhan Perangkat Lunak	21
3.2 Desain Sistem	22
3.2.1 Blok Diagram Sistem	22
3.2.2 Flowchart Sistem	23
3.2.3 Flowchart Proses <i>Fuzzy</i> Mamdani	24
3.3 Implementasi Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani	25
3.3.1 Pembentukan Himpunan <i>Fuzzy</i>	25
3.3.2 Aplikasi Fungsi Implikasi	29
3.3.3 Komposisi Aturan	32
3.3.4 Defuzzifikasi	33
3.4 Rancangan Eksperimen	34
3.5 Rancangan Antarmuka Aplikasi Monitoring dan <i>Database</i>	37
3.5.1 Rancangan Antarmuka Aplikasi	37
3.5.2 Rancangan <i>Database</i>	38
BAB IV UJI COBA DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Implementasi <i>Fuzzy</i> Pada Mikrokontroler	39
4.1.1 Implementasi Fuzzifikasi	39
4.1.2 Implementasi Aplikasi Fungsi Implikasi	41
4.1.3 Implementasi Komposisi Aturan	42
4.1.4 Implementasi Defuzzifikasi	44
4.2 Pengujian Sistem <i>Fuzzy</i>	47
4.3 Pembahasan	51
4.3.1 Sistem <i>Hardware</i>	51
4.3.2 Sistem <i>Software</i>	52
4.4 Integrasi Islam	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arduino UNO	9
Gambar 2.2 Sensor MQ-2	10
Gambar 2.3 Karakteristik Sensor MQ-2	11
Gambar 2.4 Blok diagram fungsi sensor	12
Gambar 2.4 Sensor DHT-22	13
Gambar 2.5 Modul WIFI NodeMCU	16
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	20
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	22
Gambar 3.3 Flowchart Sistem	23
Gambar 3.4 Flowchart Proses <i>Fuzzy Mamdani</i>	24
Gambar 3.5 Derajat Keanggotaan Asap	26
Gambar 3.6 Derajat Keanggotaan PM _{2,5}	27
Gambar 3.7 Derajat Keanggotaan Suhu	28
Gambar 3.8 Derajat Keanggotaan <i>Output Kipas</i>	29
Gambar 3.9 Alur Eksperimen Aturan	35
Gambar 4.1 <i>Source Code</i> Fuzzifikasi Asap	40
Gambar 4.2 <i>Source Code</i> Fuzzifikasi PM _{2,5}	40
Gambar 4.3 <i>Source Code</i> Fuzzifikasi Suhu	41
Gambar 4.4 <i>Source Code</i> Aplikasi Fungsi Implikasi	42
Gambar 4.5 <i>Source Code</i> Mencari Nilai Maksimal	43
Gambar 4.6 <i>Source Code</i> Mnghitung Komposisi Aturan	44
Gambar 4.7 Mencari Nilai Momentum	46
Gambar 4.8 Mencari Nilai Luas Area	47
Gambar 4.9 Mencari Nilai Akhir Defuzzifikasi	47
Gambar 4.10 Keadaan Kipas Mati	52
Gambar 4.11 Keadaan Kipas Menyala	52
Gambar 4.12 Tampilan Antarmuka Sistem	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Karakteristik sensor PMS5003	12
Tabel 2.2 Spesifikasi DHT22	13
Tabel 3.4 Rancangan Pengujian Mikrokontroler dengan Penghitungan Manual .	35
Tabel 3.5 Rancangan Data Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab.....	37
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Mikrokontroler dengan Penghitungan Manual ..	48
Tabel 4.2 Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab	49



ABSTRAK

Mukhammad, Zaki. 2020. **Perancangan Sistem Pembersih Udara Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Kontrol Kipas Berbasis IOT.** Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Prof. Dr. Suhartono, M.Kom., (II) M. Imamuddin, Lc, MA.

Kata Kunci : *Fuzzy Mamdani*, IOT, Kualitas Udara

Udara adalah suatu gas yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup, terutama manusia. Udara yang sehat dibutuhkan oleh manusia, karena tubuh manusia membutuhkan oksigen untuk peredaran darah. Salah satu solusi yang bisa digunakan untuk menjaga kualitas udara adalah dengan menggunakan teknologi IOT, dengan teknologi ini kualitas udara dapat lebih mudah di *monitoring* secara langsung. Pengembangan sistem disertai dengan sistem cerdas *Fuzzy Mamdani*, membuat sistem lebih cerdas, serta dapat mengontrol kipas secara otomatis untuk menjaga kualitas udara.

Alat pada penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan peralatan berupa Arduino UNO, NodeMCU, Sensor Asap, Sensor PM 2.5, Sensor Suhu, dan Kipas. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk kontrol kipas, sehingga kipas dan berputas secara otomatis berdasarkan inputan yang diperoleh. Inputan dari alat ini adalah asap, PM 2,5, dan Suhu, serta menghasilkan output berupa kecepatan kipas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sistem pembersih udara ini berhasil dibangun, dengan menggunakan Firebase sebagai server dan database. Platform untuk melakukan monitoring pada penelitian ini menggunakan website, di dalam website terdapat fitur untuk memantas kualitas udara dan mengontrol kipas. Akurasi yang didapatkan pada sistem ini adalah 100%, yang berdasarkan klasifikasi akurasi oleh Goronescu tergolong pada *Excellent Classification*. Error yang didapatkan dari output sistem dibandingkan dengan hasil penghitungan matlab menghasilkan rata-rata error sebesar 5,8%.

ABSTRACT

Mukhammad, Zaki. 2020. **Designing an IOT-Based Air Purifier System Using Fuzzy Mamdani Method for Fan Control**. Undergraduate Thesis. Informatics Engineering Department, Faculty of Science and Technology. Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang.
Advisor: (I) Prof. Dr. Suhartono, M.Kom., (II) M. Imamuddin, Lc, MA.

Keywords : *Fuzzy Mamdani*, IOT, Air Quality

Air is a gas that is needed by all creatures, especially humans. Healthy air is needed by humans, because the human body needs oxygen for blood circulation. One solution that can be used to maintain air quality is to use IOT technology, with this technology, air quality can be monitored more easily. The development of the system is accompanied by a Fuzzy Mamdani intelligent system, making the system smarter, and it can control fan automatically to maintain the air quality.

The tools in this study were developed using equipment in the form of an Arduino UNO, NodeMCU, Smoke Sensor, PM 2.5 Sensor, Temperature Sensor, and Fan. This study uses the Fuzzy Mamdani method for fan control, so that the fan and rotates automatically based on the input obtained. The input from this tool is smoke, PM 2.5, and temperature, and produces an output in the form of fan speed.

Based on the research that has been done, this air purifier system was successfully built, using Firebase as a server and database. The platform for monitoring in this study uses the website, on the website there are features to monitor the air quality and control the fan. The accuracy obtained in this system is 100%, which based on the accuracy classification by Goronescu is classified as Excellent Classification. The error obtained from the system output is compared with the matlab calculation, which average error is 5.8%.

الملخص

محمد، زكي. 2020. تصميم نظام لتنقية الهواء باستخدام طريقة Fuzzy Mamdani لمراقبة المروحة على أساس IOT. الأطروحة. قسم المعلوماتية بكلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانج. المشرف الأول: الأستاذ الدكتور سوهارتونو، الماجستير، المشرف الثاني: محمد إمام الدين، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: Fuzzy Mamdani, IOT، جودة الهواء

الهواء هو الغاز الذي يحتاجه جميع الكائنات وخاصة الإنسان. يحتاج الإنسان إلى الهواء النقي، لأن جسم الإنسان يحتاج إلى الأكسجين للدورة الدموية. إحدى الحلول المستخدمة للحفاظ على جودة الهواء هو تقنية IOT، باستخدام هذه التقنية، يمكن مراقبة جودة الهواء بسهولة. تطوير النظام مع نظام ذكي Fuzzy Mamdani، مما يجعل النظام أكثر ذكاءً، ويمكنه المراقبة في المروحة تلقائياً للحفاظ على جودة الهواء.

تطوير الأدوات باستخدام أدوات Arduino UNO و NodeMCU ومستشعر الدخان ومستشعر PM 2.5 ومستشعر درجة الحرارة ومروحة. أما الطريقة Fuzzy Mamdani لمراقبة المروحة، بحيث تدور المروحة تلقائياً بناءً على المدخلات التي تحصل عليها. المدخل من هذه الأداة هو الدخان، PM 2.5، ودرجة الحرارة، وينتج على سرعة المروحة.

بناءً على البحث الذي تم إجراؤه، ينجح بناء نظام تنقية الهواء باستخدام Firebase كخادم وقاعدة بيانات. تستخدم منصة المراقبة موقع الويب، له ميزات على الموقع لمكافحة جودة الهواء ومراقبة المروحة. الدقة في هذا النظام هي 100%، والتي بناءً على تصنيف الدقة من قبل Goronescu تصنف على أنها تصنيف ممتاز. ومقارنة الخطأ من إخراج النظام مع نتائج حساب matlab، مما أدى إلى متوسط خطأ يبلغ 5.8%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara adalah suatu gas yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup, terutama manusia. Udara menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah campuran berbagai gas yang tidak berwarna dan tidak berbau (seperti oksigen dan nitrogen) yang memenuhi ruang diatas bumi. Udara yang sehat dibutuhkan oleh manusia, karena tubuh manusia membutuhkan oksigen untuk peredaran darah. Kekurangan udara atau oksigen akan mengakibatkan beberapa efek samping, diantaranya kelelahan, sesak nafas, dan pusing. Kualitas udara yang sehat memegang peran yang sangat penting demi keberlangsungan hidup manusia, karena tanpa udara mustahil manusia bisa hidup.

Salah satu indikator yang dapat dilihat ketika sebuah udara tercemar adalah adanya asap. Asap adalah suspensi partikel kecil di udara yang berasal dari pembakaran tak sempurna dari suatu bahan bakar (Hardika dan Nurfiana, 2019). Asap merupakan jenis polusi udara yang dihasilkan dari campuran beberapa gas dan partikel yang bereaksi dengan sinar matahari. Gas-gas yang terlibat dalam proses ini adalah karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO₂), sulfur oksida(SO₂), senyawa organik volatil (VOC), dan ozon. Sementara itu, partikel-partikel yang terdapat dalam kabut asap adalah asap itu sendiri, debu, pasir, dan serbuk sari. Asap tersebut akan semakin berbahaya apabila terdapat di ruang tertutup yang minim sirkulasi udara, karena asap tersebut tidak bisa keluar ke luar ruangan.

Selain itu indikator lain bahwa udara tidak sehat adalah adanya suspensi

partikel kecil bernama PM 2,5. Nama PM 2,5 didasarkan pada ukurannya yang kecil, hanya mencapai 2,5 mikrometer. PM 2,5 sangat berbahaya bagi manusia, terutama untuk kelompok rentan seperti bayi, anak-anak, ibu hamil dan lanjut usia. Penyakit yang dapat disebabkan oleh PM 2,5 ini antara lain stroke, penyakit jantung, infeksi saluran pernapasan, kanker, dan penyakit paru kronis (Hasan, 2017).

Internet of Things (IoT) adalah jaringan benda-benda fisik atau “*things*” yang tertanam dengan elektronik, perangkat lunak, sensor dan konektivitas untuk memungkinkannya mencapai nilai yang lebih besar dan layanan dengan bertukar data dengan produsen, operator atau perangkat lain yang terhubung (Purbo, 2015). Pada era ini *Internet of Things* (IoT) menjadi suatu hal yang sangat digencarkan oleh semua kalangan. IoT dapat memudahkan manusia untuk melakukan tugasnya, juga dapat membantu manusia untuk melakukan hal-hal yang diluar kemampuan manusia.

Penelitian yang dilakukan Waworundeng dan Lengkong (2018) tentang Sistem *Monitoring* dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan *Platform* IoT. Alat yang dibuat dalam penelitian tersebut dapat mendeteksi gas-gas berbahaya seperti Amonia, Nitrogen Oksida, Alkohol, Benzena, Karbon Monoksida dan Karbon Dioksida. Tetapi penelitian tersebut hanya mendeteksi gas-gas yang dianggap berbahaya, belum menerapkan suatu aksi yang akan dilakukan apabila perangkat mendeteksi gas. Demikian juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Hardika dan Nurfiana (2019) tentang Sistem *Monitoring* Asap Rokok Menggunakan *Smartphone* Berbasis *Internet of Things*. Alat yang dibuat pada penelitian tersebut dapat mendeteksi asap dengan jarak maksimal 1 meter dari titik asap. Namun pada penelitian ini belum menerapkan sistem kecerdasan buatan yang

dapat mengoptimalkan kinerja dari alat tersebut.

Berdasarkan masalah-masalah pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka peneliti ingin melakukan penelitian yang bertujuan untuk membuat prototipe sistem pembersih udara menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk kontrol kipas berbasis IOT. Alat ini berfungsi untuk mendeteksi asap, partikel PM 2,5, dan suhu yang ada di ruangan. Alat ini akan berfungsi ketika sensor mendeteksi adanya asap, PM 2,5 dan suhu kemudian alat ini akan menghidupkan kipas yang tersambung ke perangkat. Kipas ini berfungsi untuk membantu sirkulasi udara di suatu ruangan sehingga asap dan PM 2,5 yang ada di ruangan tersebut dapat berkurang dan menjaga suhu tetap normal. Dengan menggunakan kipas ini yang diatur kecepatannya berdasarkan banyaknya asap, PM 2,5, dan suhu, diharapkan dapat membantu mengurangi jumlah asap dan PM 2,5 yang ada didalam ruangan, dan mengatur suhu. Alat ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk mengolah input dari sensor asap, PM 2,5, dan suhu untuk menentukan kecepatan dari kipas.

Allah ﷻ telah memerintahkan kepada umat manusia untuk menggunakan akalinya untuk menciptakan teknologi yang berguna untuk memudahkan hidup manusia. Menurut Quraish Shihab, di dalam Al-Quran banyak istilah yang mengacu maknanya kepada penciptaan dan kreasi baru yang lahir dari suatu ide dan untuk tujuan tertentu. Salah satu diantara istilah tersebut adalah *sakhhara* yang secara harfiah berarti menundukkan. Dalam QS. Al-Jatsiyah : 13 Allah ﷻ berfirman:

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ

“Apa yang di langit dan di bumi semuanya ditundukkan Allah untuk manusia” (QS. Al-Jatsiyah:13).

Dengan potensi ilmu yang dianugerahkan Allah ﷻ bersama penundukan yang dilakukan-Nya, manusia mampu meraih dengan mudah segala sesuatu yang terbentang di alam raya melalui keahlian di bidang teknik atau dengan kata lain, teknologi dan alat-alat yang dihasilkannya (Shihab, 2014). Penundukan atas langit dan bumi dipahami dengan cara semua bagian alam yang terjangkau dan berjalan atas dasar satu sistem yang pasti, kait berkaitan dan dalam bentuk konsisten. Allah ﷻ menetapkan hal itu dan dari waktu ke waktu mengilhami manusia tentang pengetahuan fenomena alam yang dapat mereka gunakan untuk kebaikan dan kenyamanan manusia (Shihab, 2005).

1.2 Pernyataan Masalah

Setelah memaparkan latar belakang masalah diatas, maka penelitian ini mengangkat masalah tentang:

1. Bagaimana membuat sistem pembersih udara menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk kontrol kipas untuk kontrol kipas berbasis IOT?
2. Bagaimana akurasi dari sistem *Fuzzy* yang dibuat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pernyataan masalah yang disebutkan diatas, maka penelitian ini memiliki tujuan untuk:

1. Membuat sistem pembersih udara menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk kontrol kipas berbasis IOT.
2. Mengetahui akurasi dari sistem *Fuzzy* yang dibuat.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan menghasilkan prototipe alat pembersih udara menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* untuk kontrol kipas berbasis IOT yang

bermanfaat untuk membantu sirkulasi udara di suatu ruangan sehingga dapat mengurangi asap di ruangan tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada pada penelitian ini adalah:

- a. Data yang diambil adalah data yang berasal dari sensor asap, partikel PM_{2,5} dan suhu.
- b. Metode yang digunakan adalah metode *Fuzzy* Mamdani.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini tersusun dalam beberapa bab pembahasan yang terdiri dari:

- a. **Bab I Pendahuluan:** di bab pertama ini berisi tentang subbab berikut, yaitu latar belakang penelitian, pernyataan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
- b. **Bab II Studi Pustaka:** di bab kedua ini dibahas tentang penelitian terkait, pembahasan tentang *literature review*, dan pembahasan tentang metode *Fuzzy* Mamdani.
- c. **Bab III Metode Penelitian:** di bab ketiga ini dibahas tentang pola dan rancangan penelitian dan implementasinya menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani.
- d. **Bab IV Uji Coba dan Pembahasa:** di bab keempat ini akan dibahas tentang hasil pengujian dan pembangunan sistem yang telah berhasil dibangun.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Internet of Things

Internet menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah jaringan komunikasi elektronik yang menghubungkan jaringan komputer dan fasilitas komputer yang terorganisasi di seluruh dunia melalui telepon atau satelit. Secara umum, internet berarti semua perangkat yang saling terhubung dan saling berbagi sumber daya. Internet sangat memudahkan kehidupan manusia, suatu hal yang dulu perlu dikerjakan dalam waktu yang lama, dengan penemuan teknologi internet banyak hal yang dapat diselesaikan dalam waktu singkat, cepat, dan tepat.

Salah satu teknologi turunan dari internet adalah *Internet of Things*. *Internet of Things* merupakan pengembangan dan bentuk lain dari internet yang memiliki tujuan untuk memperlebar manfaat dan kegunaan dari koneksi internet yang tersambung secara terus-menerus, berikut kemampuan untuk mengontrol, *sharing data*, dan lain sebagainya. Bahan makanan, alat elektronik, atau peralatan apa saja, koleksi, termasuk benda hidup, yang semuanya terhubung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu menyala (Sugiono, 2017).

Internet of Things adalah jaringan benda-benda fisik atau “*things*” yang tertanam (*embedded*) dengan elektronik, perangkat lunak, sensor dan konektivitas untuk memungkinkannya untuk mencapai nilai yang lebih besar dan layanan dengan bertukar data dengan produsen, operator dan / atau perangkat lain yang terhubung. *Things* di IoT dapat merujuk ke berbagai perangkat seperti pemantauan jantung implan, *transponder biochip* pada hewan ternak, kerang listrik di perairan pantai, mobil dengan *built-in* sensor atau perangkat operasi lapangan yang

membantu petugas pemadam kebakaran dalam pencarian dan penyelamatan. Perangkat ini mengumpulkan data yang berguna dengan bantuan berbagai teknologi yang ada dan kemudian secara mandiri mengalirkan data antara perangkat lain (Purbo, 2015).

2.2 Kualitas Udara dan Pencemaran Udara

Udara memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Udara dibutuhkan oleh manusia dan hewan untuk bernafas, juga dibutuhkan oleh tumbuhan untuk melakukan proses fotosintesis. Udara yang tercemar berbahaya bagi tubuh manusia, karena dapat menimbulkan berbagai macam penyakit, seperti sesak napas, gangguan paru-paru, dan lain-lain.

Udara yang bersih berpengaruh terhadap kesehatan tubuh manusia. Data yang dikeluarkan oleh WHO (2018), menyebutkan bahwa secara global sebanyak 3,8 juta orang meninggal karena polusi udara rumah tangga, hampir semuanya terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah. Efeknya menyebabkan berbagai penyakit, seperti ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut), kanker paru-paru, PPOK (Penyakit Paru Obstruktif Kronis), penyakit jantung, penyakit jantung iskemik, dan stroke.

Beberapa polutan yang berbahaya bagi tubuh manusia adalah asap dan partikel PM 2,5. Asap adalah suspensi partikel kecil di udara yang berasal dari pembakaran tidak sempurna dari suatu bahan bakar (Hardika dan Nurfiana, 2019). Asap memiliki dampak langsung terhadap kesehatan, khususnya pada saluran pernapasan. Asap mengandung sejumlah gas dan partikel kimia yang mengganggu pernapasan seperti sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO),

formaldehyde, akrolein, benzena, nitrogen oksida (NO_x) dan ozon permukaan (O₃) (Maharani, dkk, 2020).

PM 2,5 merupakan partikel kecil yang hanya berukuran 2,5 mikrometer. PM 2,5 mengandung sulfat, nitrat, senyawa organik, senyawa amonium, logam, dan bahan asam (Utami, dkk, 2020). PM 2,5 berbahaya karena dapat menembus hingga masuk ke pembuluh darah. Dampak dari pajanan ini bermacam-macam, dari gejala ringan seperti batuk hingga kematian kardiovaskular (Rahmadini dan Haryanto, 2020). PM 2,5 dapat membawa berbagai zat beracun, melewati penyaringan bulu hidung, mencapai bagian dalam saluran pernapasan melalui aliran udara kemudian menumpuk dan merusak bagian tubuh lain melalui pertukaran udara di paru-paru (Cholianawati, 2019).

Pemerintah melalui keputusan Menteri Negeri Lingkungan Hidup tahun 1997 dalam mengatasi pencemaran udara membuat suatu standar untuk mengklasifikasi tingkat pencemaran udara yang disebut Indeks Standar Pencemaran Udara. Indeks Standar Pencemaran 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. Parameter Indeks Standar Pencemaran Udara meliputi:

- a. Partikulat (PM 2,5)
- b. Karbon Monoksida (CO)
- c. Sulfur Dioksida (SO₂)
- d. Nitrogen Dioksida (NO₂)
- e. Ozon (O₃)

2.3 Arduino

Arduino adalah sebuah *platform* elektronik *open source* (sumber terbuka) yang didasarkan pada perangkat lunak dan keras yang mudah digunakan. Papan arduino dapat membaca input seperti suhu pada sensor, menyalakan LED, dan lain-lain. Papan arduino dapat diperintah dengan memberikan suatu set instruksi kepada mikrokontroler yang ada di dalam papan arduino. Bahasa yang digunakan adalah Bahasa Pemrograman Arduino dan menggunakan Arduino IDE untuk melakukan pemrosesannya.



Gambar 2.1 Arduino UNO

Arduino memiliki beberapa kelebihan dibandingkan mikrokontroler lain, yaitu:

1. **Murah** – Arduino relatif lebih murah daripada mikrokontroler lain.
2. **Lintas Platform** – Arduino IDE dapat berjalan di Windows, Macintosh OSX, dan sistem operasi Linux.
3. **Simpel, Lingkungan pemrograman yang jelas** – Arduino IDE mudah digunakan untuk pemula, dan cukup fleksibel untuk dimanfaatkan oleh pengguna ahli.

4. **Open Source** – Arduino IDE dibuat sebagai *tools* yang bersifat *open source*, artinya dapat pengguna dapat memperluas penggunaan Arduino IDE.

2.4 Sensor

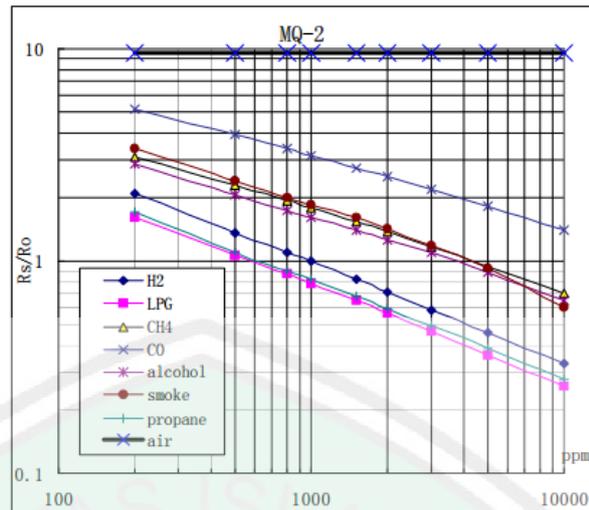
2.4.1 Sensor Asap (Sensor MQ-2)



Gambar 2.2 Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan *output* dibaca sebagai tegangan analog. Sensor gas MQ-2 dapat langsung diatur sensitifitas sensornya dengan memutar *trimpotnya*. Gas yang dapat dideteksi oleh sensor ini antara lain : LPG, butana, propana, metana, alkohol, hidrogen dan asap (Hermawan, 2017).

Prosedur untuk mengukur PPM menggunakan sensor MQ adalah sama tetapi beberapa nilai konstan akan bervariasi berdasarkan pada jenis sensor MQ yang digunakan. Pada dasarnya, perlu melihat ke dalam (R_s / R_o) VS PPM grafik yang diberikan dalam *datasheet* (juga ditunjukkan di bawah).



Gambar 2.3 Karakteristik Sensor MQ-2

Nilai R_o adalah nilai resistansi di udara segar dan nilai R_s adalah nilai resistansi dalam konsentrasi Gas. Pertama, harus mengkalibrasi sensor dengan menemukan nilai-nilai R_o di udara segar dan kemudian menggunakan nilai itu untuk menemukan R_s menggunakan rumus:

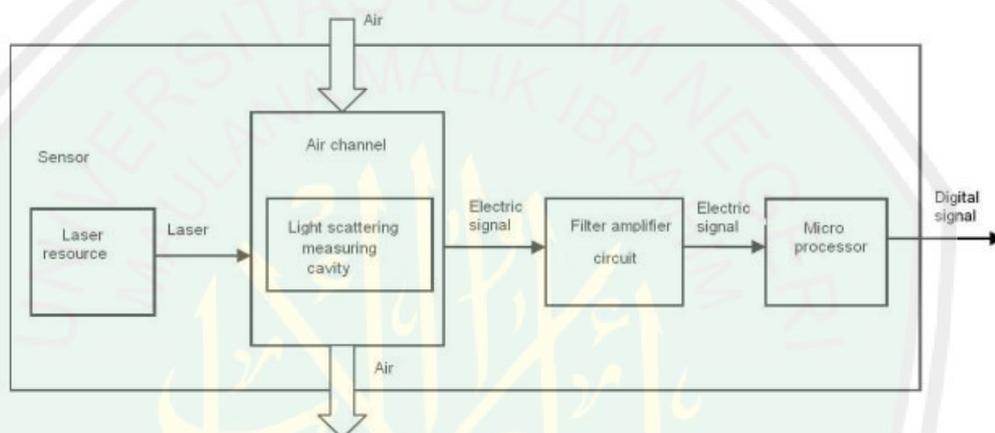
$$\text{Resistance of sensor } (R_s): R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L$$

Setelah menghitung R_s dan R_o , dapat ditemukan rasio dan kemudian menggunakan grafik yang ditunjukkan di atas, kemudian dapat dihitung nilai PPM yang setara untuk gas tersebut.

2.4.2 Sensor PM 2,5 PMS5003

PMS5003 adalah sejenis sensor konsentrasi partikel digital dan universal, yang dapat digunakan untuk mendapatkan jumlah partikel tersuspensi di udara, yaitu konsentrasi partikel, dan mengeluarkannya dalam bentuk keluaran digital. Sensor ini dapat dimasukkan dalam ke instrument variabel yang terkait dengan konsentrasi partikel tersuspensi di udara atau peralatan peningkatan kualitas lingkungan lainnya untuk memberikan data konsentrasi yang benar pada waktunya.

Prinsip hamburan laser digunakan untuk sensor tersebut, yaitu menghasilkan hamburan dengan menggunakan laser untuk memancarkan partikel yang tertahan di udara, kemudian mengumpulkan hamburan cahaya dalam derajat tertentu, dan akhirnya mendapatkan kurva hamburan perubahan cahaya seiring dengan waktu. Pada akhirnya, diameter partikel ekuivalen dan jumlah partikel dengan diameter berbeda per satuan volume dapat dihitung oleh mikroprosesor berdasarkan teori MIE.



Gambar 2.4 Blok diagram fungsi sensor

Menurut *datasheet* sensor PM 2,5 PMS5003 yang dikeluarkan Plantower, karakteristik dari sensor ini adalah:

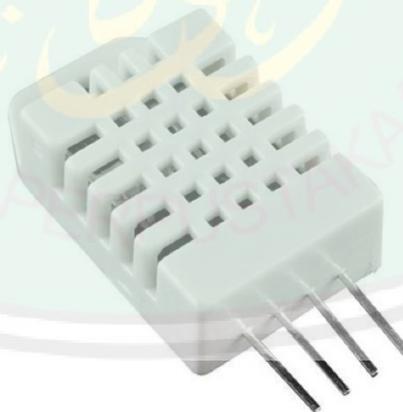
Tabel 2.2 Karakteristik sensor PMS5003

Parameter	Indeks	Satuan
Rentang pengukuran	0.3~1.0 ; 1.0~2.5 ; 2.5~10	Micrometer (μ m)
Efisiensi perhitungan	50%@0.3 μ m 98%@ \geq 0.5 μ m	
Jarak Efektif (Standar PM 2,5)	0~500	μ g/m
Jarak Maksimal (Standar PM 2,5)	\geq 1000	μ g/m ³
Resolusi	1	μ g/m ³
Maksimum error	\pm 10%@100~500 μ g/m ³ \pm 10 μ g/m ³ @0~100 μ g/m ³	
Standar volume	0,1	Liter (L)
Waktu respons tunggal	<1	Detik (s)

Total waktu respons	≤ 10	Detik (s)
Catu daya DC	Typ:5.0 Min:4.5 Max: 5.5	Volt (V)
Aktif saat ini	≤ 100	Milliampere (mA)
Siaga saat ini	≤ 200	Microampere (μA)
Tingkat antarmuka	L <0.8 @3.3 H > 2.7@3.3	Volt (V)
Kisaran suhu kerja	-10~+60	$^{\circ}C$
Kisaran kelembapan kerja	0~99%	
Kisaran suhu penyimpanan	-40~+80	$^{\circ}C$
MTTF	≥ 3	Year (Y)
Ukuran fisik	50×38×21	Millimeter (mm)

2.4.3 Sensor Suhu dan Kelembapan (Sensor DHT22)

Sensor DHT22 atau juga dikenal sebagai AM2302 adalah sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembapan udara disekitarnya. DHT22 merupakan sensor pengukur suhu dan kelembapan relatif dengan keluaran berupa sinyal digital serta memiliki 4 pin yang terdiri dari *power supply*, *data signal*, *null*, dan *ground*. Sensor ini memiliki akurasi yang lebih baik daripada DHT11 dengan galat relatif pengukuran suhu 4% dan kelembapan 18% (Saptadi, 2014).



Gambar 2.4 Sensor DHT-22

Semua sensor DHT22 mempunyai fitur kalibrasi yang sangat akurat dalam kelembapan ruang. Koefisien kalibrasi disimpan di dalam memori program OTP,

jadi sensor internal dapat mendeteksi sinyal dalam prosesnya. Sistem *interface* serial kabel tunggal ini terintegrasi atau tersambung untuk menjadi cepat dan mudah. Sensor ini mempunyai ukuran yang kecil, sumber daya rendah, dan sinyal transmisi jarak sampai 20 meter. Sensor ini tidak membutuhkan rangkaian pengendali sinyal dan ADC karena memakai chip mikrokontroler dengan *output* sinyal digital (Noviana, 2018).

Tabel 2.2 Spesifikasi DHT22

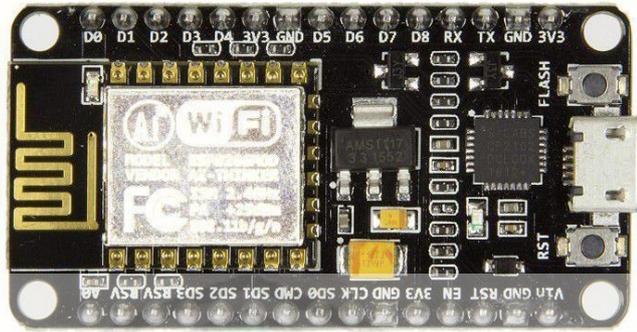
Model	DHT22
<i>Power supply</i>	3.3 – 6 V DC
Sinyal keluaran	Sinyal digital melalui <i>single-bus</i>
Elemen sensor	Kapasitor polimer
Jangkauan operasi	Kelembapan 0-100% RH, temperatur -40 – 80 Celsius
Akurasi	Kelembapan $\pm 2\%$ RH (Maksimal $\pm 5\%$ RH), temperatur ± 0.5 Celsius
Resolusi atau sensitifitas	Kelembapan 0.1% RH, temperatur 0.1 Celsius
<i>Repeatability</i>	Kelembapan 0.1% RH, temperatur ± 0.2 Celsius
Histeresis kelembapan	$\pm 0.3\%$ RH

Stabilitas jangka panjang	+0.5% RH/year
Periode penyensoran	Rata-rata 0.2 detik
Dapat ditukarkan	Sepenuhnya dapat ditukarkan
Dimensi	Ukuran kecil 14*18*5.5 mm, ukuran besar 22*28*5 mm

2.5 NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah *platform* IOT yang sifatnya *opensource*. *Platform* ini terdiri dari perangkat keras berupa *System on Chip* ESP8266 dari ESP8266 yang diproduksi oleh *Espressif System*, juga *firmware* yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman LUA. Istilah NodeMCU secara *default* sebenarnya mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit* (Saputro, 2017).

NodeMCU dapat dikatakan sebagai *board* arduino yang telah terintegrasi atau tersambung dengan modul *WiFi* ESP8266. Dalam pemrograman ESP8266 sedikit sulit karena memerlukan beberapa teknik pengkabelan serta tambahan modul *USB to serial* untuk mengunduh programnya. NodeMCU telah menambahkan ESP8266 ke dalam sebuah *board* yang kompak dengan banyak fitur layaknya mikrokontroler dengan kemampuan akses ke *WiFi* juga komunikasi *USB to serial*. Sehingga dalam pemrogramannya hanya memerlukan ekstensi kabel data *USB* mirip seperti yang digunakan untuk kabel data dan kabel *charging* ponsel pintar android (Sanusi, 2018).



Gambar 2.5 Modul WIFI NodeMCU

Menurut *datasheet* NodeMCU yang dibuat oleh Handson Technology, spesifikasi NodeMCU adalah sebagai berikut:

1. *Voltage: 3.3V.*
2. *Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP.*
3. *Current consumption: 10uA~170mA.*
4. *Flash memory attachable: 16MB max (512K normal).*
5. *Integrated TCP/IP protocol stack.*
6. *Processor: Tensilica L106 32-bit.*
7. *Processor speed: 80~160MHz.*
8. *RAM: 32K + 80K.*
9. *GPIOs: 17 (multiplexed with other functions).*
10. *Analog to Digital: 1 input with 1024 step resolution.*
11. *+19.5dBm output power in 802.11b mode.*
12. *802.11 support: b/g/n.*
13. *Maximum concurrent TCP connections: 5.*

2.6 Logika Fuzzy

Kata *Fuzzy* adalah kata sifat yang berarti kabur atau tidak jelas. *Fuzziness* atau kekaburan atau ketidakjelasan selalu ada di kehidupan manusia. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan ruang input kedalam suatu ruang *output*. Seorang profesor dari University of California di Berkeley bernama Lotfi A. Zadeh memperkenalkan konsep ini pada tahun 1965. Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan bahasa untuk menggambarkan suatu nilai variabel. Logika *fuzzy* bekerja menggunakan derajat keanggotaan dari sebuah nilai yang kemudian digunakan untuk menentukan hasil yang diinginkan berdasarkan faktor yang telah ditentukan. Sebelumnya telah dijelaskan bahwa logika *fuzzy* memetakan ruang input ke ruang *output*. Antara input dan *output* terdapat suatu kotak hitam yang harus memetakan input ke *output* yang sesuai (Kusumadewi, 2004).

Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 (nol) hingga 1 (satu), berbeda dengan logika digital atau diskrit yang hanya memiliki dua nilai yaitu 0 dan 1. Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran nilai yang diekspresikan dengan menggunakan bahasa (linguistik). Misalnya, besaran suhu disuatu daerah yang diekspresikan dengan dingin, sangat dingin, hangat, panas, dan sangat panas (Budiharto dan Suhartono, 2014).

2.6.1 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah kumpulan prinsip matematik sebagai penggambaran pengetahuan berdasarkan derajat keanggotaan daripada menggunakan derajat rendah dari logika biner klasik. Sebuah himpunan *fuzzy* adalah sebuah himpunan yang mengandung elemen-elemen derajat keanggotaan yang bervariasi dalam himpunan. Himpunan *fuzzy* mempunyai 2 atribut yaitu (Sutojo dkk, 2011):

1. Linguistik, yaitu nama dari suatu kelompok yang menggambarkan keadaan atau kondisi dari kelompok itu menggunakan bahasa alami, misalnya dingin, sejuk, panas mewakili variabel suhu. Contoh lain adalah asap banyak, asap sedikit, asap sedang mewakili banyaknya asap.
2. Numeris, yaitu suatu nilai atau angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, misalnya 5, 15, 20, dan seterusnya.

Ada beberapa hal lain yang harus diketahui dalam memahami logika *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*, yaitu variabel yang akan dibahas didalam suatu sistem *fuzzy*.
Contoh: penghasilan, temperatur, permintaan, umur dan sebagainya.
2. Himpunan *fuzzy*, yaitu suatu kelompok yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.
3. Semesta pembicaraan, yaitu semua nilai yang diizinkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Contohnya:
4. Domain himpunan *fuzzy*, yaitu seluruh nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*.

2.6.2 Metode *Fuzzy Mamdani*

Metode Mamdani merupakan metode yang paling umum digunakan. Metode terkadang juga disebut dengan metode *Max-Min*. Pada metode mamdani terdapat 4 tahap untuk mendapatkan suatu *output*, yaitu:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Fuzzification merupakan langkah awal yang bertugas untuk mengambil nilai input berupa nilai *crisp* dan menentukan derajat dari input sehingga input dapat dikelompokkan pada himpunan *fuzzy* yang tepat. *Fuzzification* merupakan proses membuat bilangan *crisp* memiliki nilai *fuzzy*. Pada tahap pertama ini, nilai input yang berupa nilai *crisp* akan dikonversikan menjadi nilai *fuzzy*, sehingga dapat dikelompokkan pada himpunan *fuzzy* tertentu.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Langkah kedua untuk mendapatkan *output* adalah mengambil nilai input yang telah melewati proses fuzzifikasi dan menerapkannya pada *antecedents* pada aturan-aturan *fuzzy* lalu diimplikasikan. Fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \min(\mu_A[x], \mu_B[x])$$

3. Komposisi aturan

Agregasi merupakan psroses penggabungan nilai keluaran dari semua aturan. Pada tahap ini, digunakan metode *Max*, dimana solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan yang kemudian digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy*.

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max$$

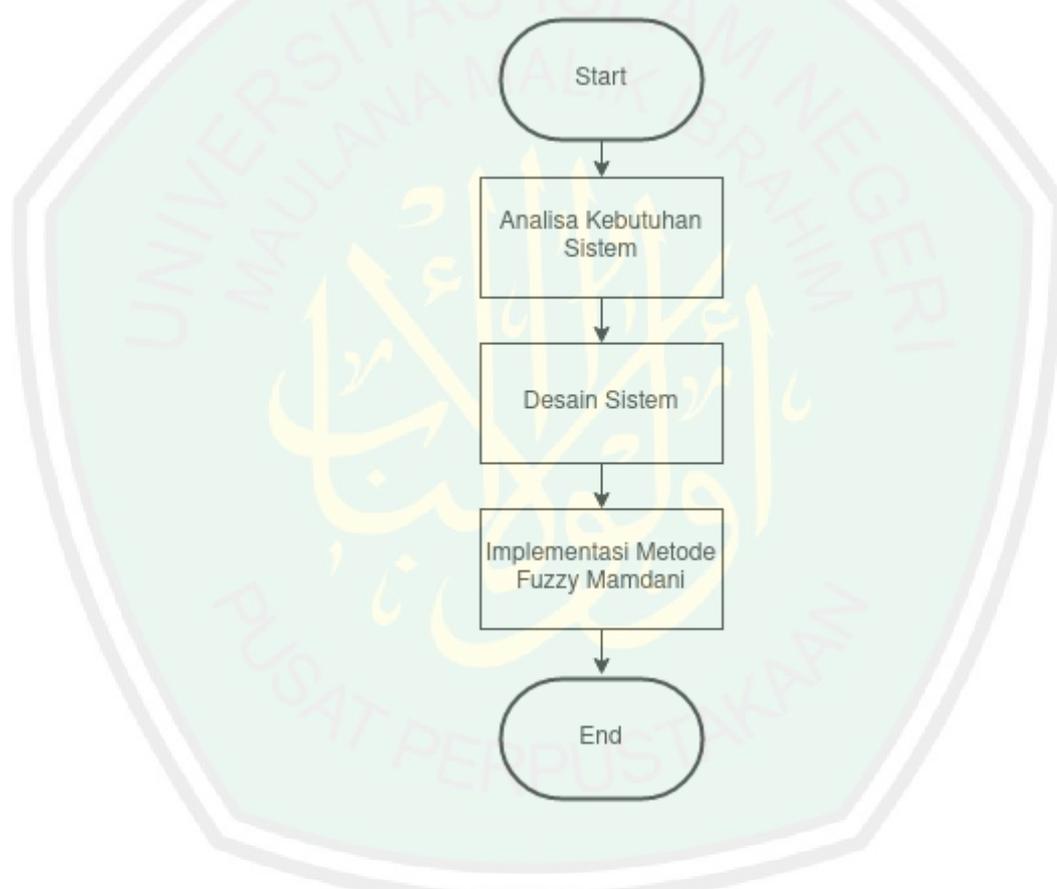
4. Defuzzifikasi

Langkah terakhir merupakan proses defuzzifikasi, yaitu untuk mengkonversi nilai *fuzzy* hasil dari agregasi aturan ke dalam sebuah bilangan *crisp*. Metode yang paling umum digunakan untuk melakukan defuzzifikasi adalah menggunakan metode centroid.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metodologi penelitian yang digunakan, yaitu meliputi analisis kebutuhan sistem, desain sistem, prinsip kerja sistem, dan implementasi metode *fuzzy* mamdani kedalam sistem. Sistem yang dibangun adalah sistem untuk pembersih udara menggunakan metode *fuzzy* mamdani untuk kontrol kipas berbasis IOT. Diagram blok dari alur prosedur penelitian sebagai berikut.



Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

3.1.1 Keterangan Umum

Sistem pembersih udara ini menggunakan metode *fuzzy* mamdani untuk mengontrol kipas dengan berdasarkan dari input sensor. Terdapat 3 sensor sebagai inputan sistem ini, yaitu sensor asap, sensor partikel PM 2,5, dan sensor suhu. Alat ini akan berfungsi ketika sensor mendeteksi ketiga input yang disebutkan sebelumnya. Ketiga inputan ini akan menentukan tingkat kecepatan dari putaran kipas. Sebagai contoh, ketika sensor mendeteksi asap banyak, partikel PM 2,5 banyak, dan suhu tinggi maka kipas akan berputar sangat cepat. Alat ini membantu sirkulasi udara di suatu ruangan agar asap dan PM 2,5 yang terdeteksi cepat hilang dan menjaga suhu tetap normal. Alat ini berbasis IOT, sehingga pengguna dapat melihat kadar atau tingkatan asap, PM 2,5 dan suhu diruangan tersebut.

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Keras

Beberapa komponen atau perangkat keras yang dibutuhkan untuk membuat sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop/PC
2. Mikrokontroler Arduino UNO
3. Modul *WiFi* NodeMCU
4. Sensor DHT-22, Sensor MQ-2, dan Sensor PMS50003
5. Kipas
6. Mosfet

3.1.3 Kebutuhan Perangkat Lunak

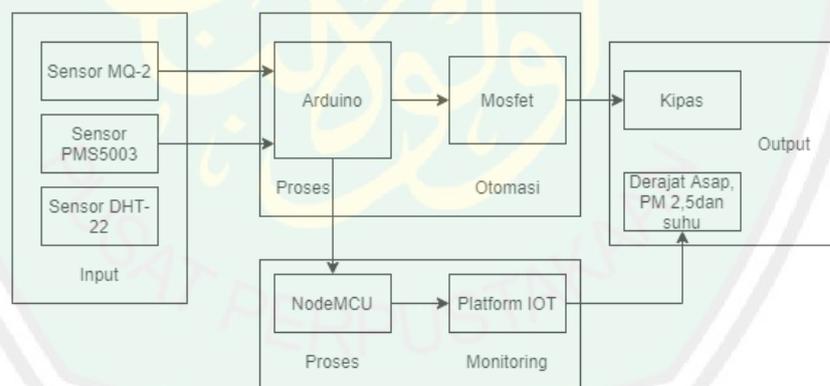
Kebutuhan perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membuat sistem ini adalah:

1. Web
2. Platform IOT (Firebase)

3.2 Desain Sistem

Sistem pembersih udara merupakan sistem yang telah ditanami sistem cerdas dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani sehingga memiliki kemampuan beradaptasi menyesuaikan kondisi di dalam ruangan. Di dalam sistem ini terdapat tiga sensor, yaitu sensor asap MQ-2, sensor PM 2,5 PMS5003, dan sensor suhu DHT-22 yang digunakan sebagai inputan sistem. Inputannya adalah banyaknya asap dan partikel PM 2,5 dan tingkat suhu di ruangan. Data yang diperoleh akan diolah didalam arduino kemudian menentukan *output*nya yaitu kecepatan kipas dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani. Data tersebut kemudian dikirim dan ditampilkan di platform IOT.

3.2.1 Blok Diagram Sistem

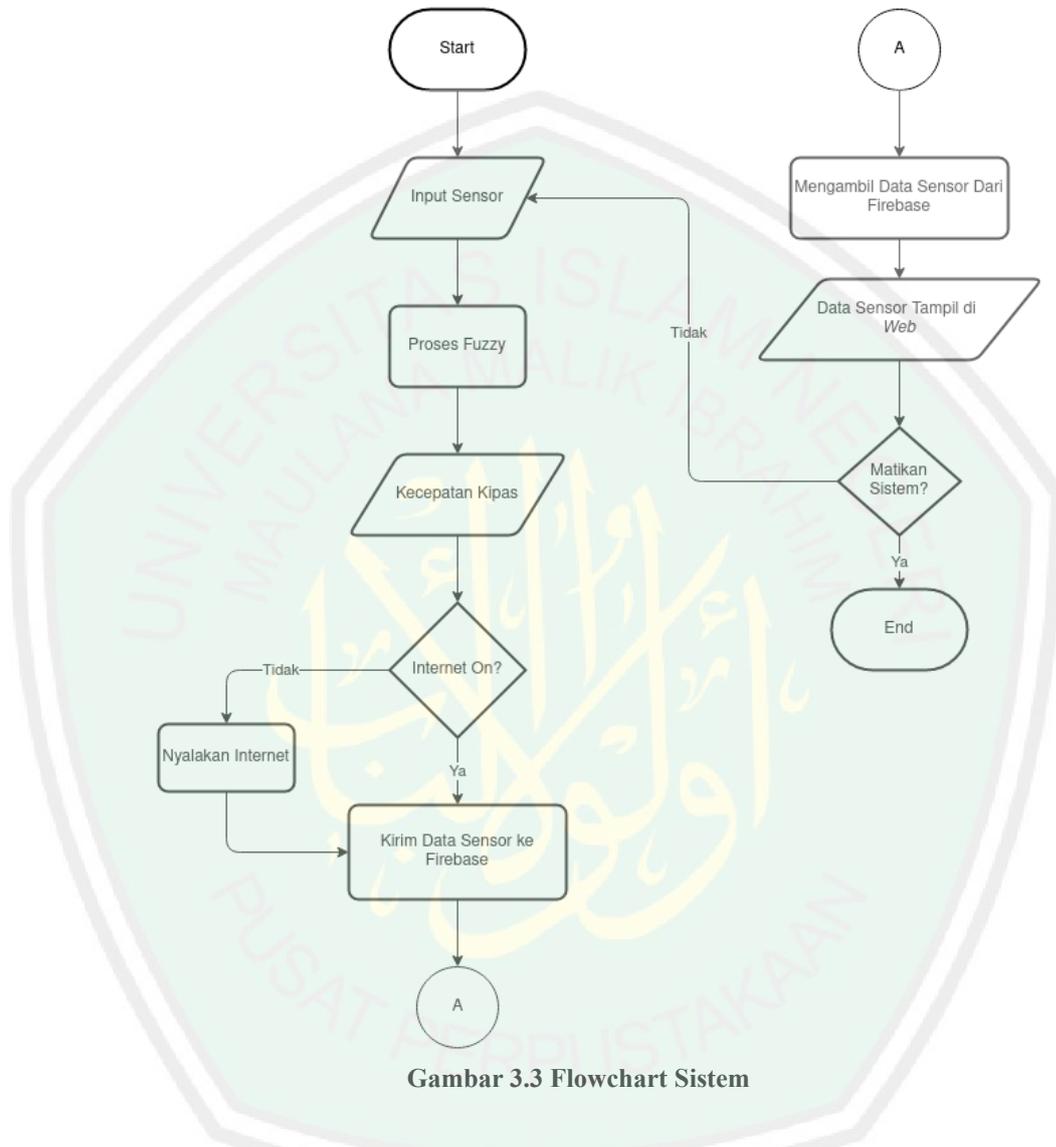


Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.2 diatas dapat dilihat bahwa sensor PMS5003, sensor MQ-2, dan sensor DHT-22 sebagai input dari sistem. Data inputan ini akan diolah oleh arduino untuk menentukan kecepatan kipas dengan menggunakan metode *fuzzy* mamdani. Data inputan tersebut juga dikirim ke API Server menggunakan modul

Wifi NodeMCU. Platform IoT akan menampilkan monitoring jumlah asap, jumlah PM2,5 dan suhu dengan mengambil data dari API Server.

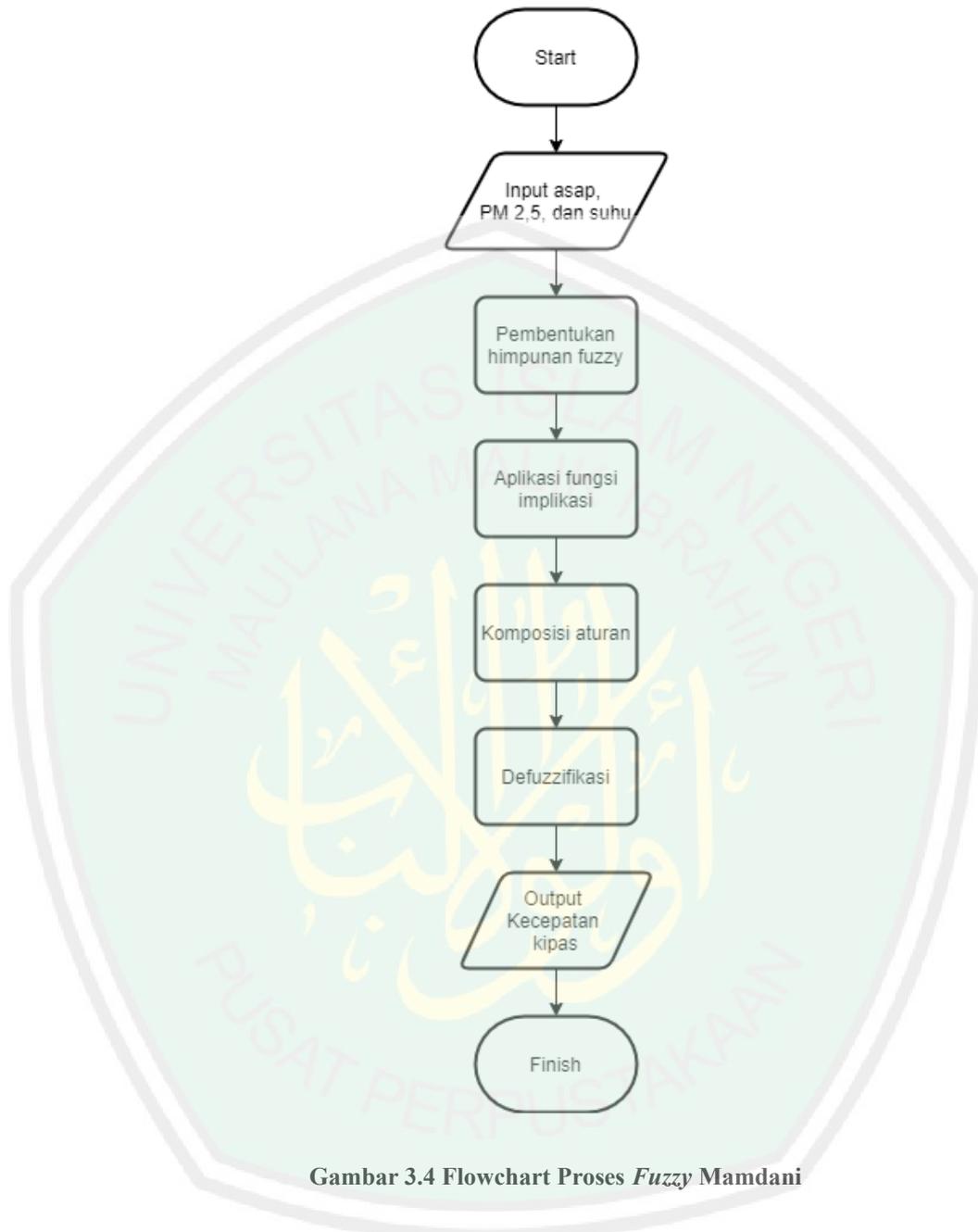
3.2.2 Flowchart Sistem



Gambar 3.3 Flowchart Sistem

Gambar 3.3 di atas adalah *flowchart* atau alur kerja dari sistem pembersih udara yang akan dibuat. Sebagai input dari sistem ini adalah asap, PM2,5 dan suhu menggunakan sensor PMS5003, MQ-2, dan DHT-22. Setelah data didapatkan, data diproses menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Pada proses *fuzzy mamdani*, *output* yang akan didapatkan adalah tingkat kecepatan kipas.

3.2.3 Flowchart Proses *Fuzzy* Mamdani



Gambar 3.4 Flowchart Proses *Fuzzy* Mamdani

Proses *fuzzy* seperti di gambar 3.4 terjadi di mikrokontroler Arduino sebagai pengendali sistem. Tahap pertama merupakan proses pembentukan himpunan *fuzzy* dari ketiga input yaitu asap, dan partikel PM 2,5 dan suhu. Kemudian proses selanjutnya adalah aplikasi fungsi implikasi dari aturan-aturan yang dibuat, dengan menggunakan metode min. Kemudian setelah proses fungsi implikasi, dilakukan

komposisi aturan *fuzzy* dengan memakai metode max. Setelah proses komposisi aturan selesai dilakukan proses defuzzifikasi dengan memakai metode centroid di akhir.

3.3 Implementasi Metode *Fuzzy* Mamdani

3.3.1 Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Tahap awal dari prosedur metode *Fuzzy* Mamdani adalah pembentukan himpunan *fuzzy* atau istilah lainnya adalah fuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan dengan mentransformasikan input himpunan tegas (*crisp*) ke dalam himpunan *fuzzy*. Sebagai contoh, pada sistem ini terdapat inputan sebagai berikut:

1. Asap : 70 ppm
2. PM 2,5 : 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3. Suhu : 33° C

1. Variabel *Fuzzy* Kepekatan Asap

Variabel kondisi asap didalam ruangan dibagi menjadi 3 bagian, dengan domain himpunan *fuzzy*: renggang (0-50 ppm), sedang (25-75 ppm), dan pekat (50-100 ppm). Pada variabel keanggotaan renggang menggunakan fungsi dengan bentuk bahu kiri dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

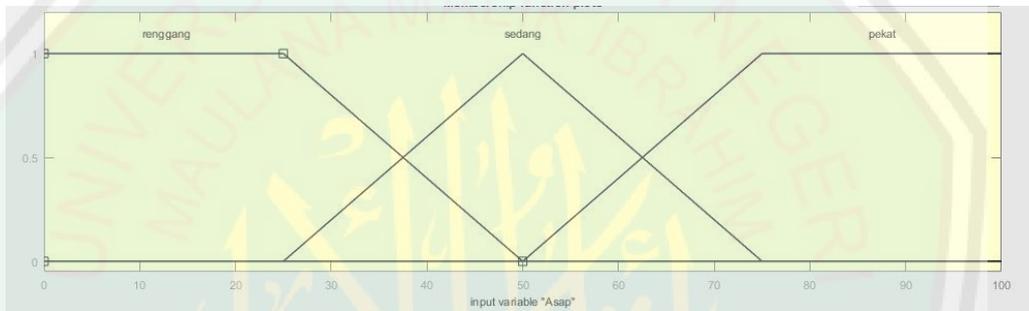
$$\mu_{\text{asapRenggang}}(x) = \begin{cases} 0 ; x \geq 50 \\ 1 ; x \leq 25 \\ \frac{50 - x}{50 - 25} ; 25 < x < 50 \end{cases}$$

Untuk variabel keanggotaan sedang menggunakan fungsi dengan bentuk segitiga dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

$$\mu_{asapSedang}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 25 \text{ atau } x \geq 75 \\ \frac{x - 25}{50 - 25}; 25 < x < 50 \\ \frac{75 - x}{75 - 50}; 50 < x < 75 \\ 1; x = 50 \end{cases}$$

Untuk variabel keanggotaan pekat menggunakan fungsi dengan bentuk bahu kanan dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

$$\mu_{asapPekat}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 50 \\ \frac{x - 50}{75 - 50}; 50 < x < 75 \\ 1; x \geq 75 \end{cases}$$



Gambar 3.5 Derajat Keanggotaan Asap

Dengan input asap yang diketahui adalah sebesar 70 ppm, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu_{asapSedang} = \frac{75 - 70}{75 - 50} = \frac{5}{25} = 0,2$$

$$\mu_{asapPekat} = \frac{70 - 50}{75 - 50} = \frac{20}{25} = 0,8$$

2. Variabel *Fuzzy* Partikel PM_{2,5}

Variabel kondisi partikel PM 2,5 didalam ruangan dibagi menjadi 3 bagian, dengan domain himpunan *fuzzy*: sedikit (0 – 50 µg/m³), sedang (25 – 75 µg/m³), dan banyak (50 – 100 µg/m³). Pada variabel keanggotaan sedikit menggunakan fungsi dengan bentuk bahu kiri dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

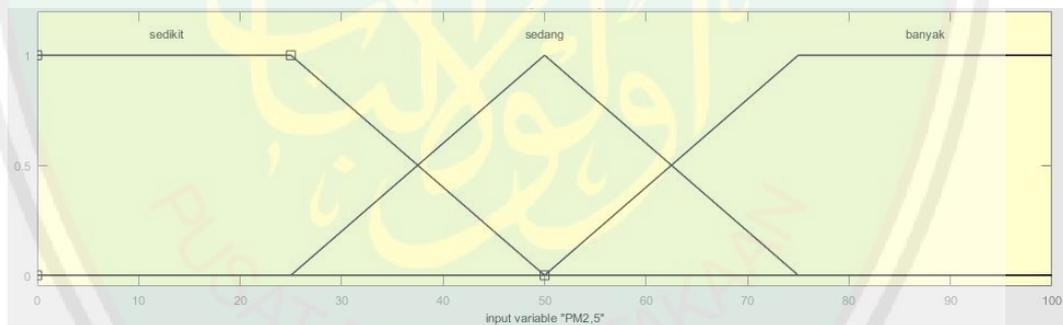
$$\mu_{pm25Sedikit}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 50 \\ 1; & x \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25}; & 25 < x < 50 \end{cases}$$

Untuk variabel keanggotaan sedang menggunakan fungsi dengan bentuk segitiga dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

$$\mu_{pm25Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 25 \text{ atau } x \geq 75 \\ \frac{x-25}{50-25}; & 25 < x < 50 \\ \frac{75-x}{75-50}; & 50 < x < 75 \\ 1; & x = 50 \end{cases}$$

Untuk variabel keanggotaan banyak menggunakan fungsi dengan bentuk bahu kanan dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

$$\mu_{pm25Banyak}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{75-50}; & 50 < x < 75 \\ 1; & x \geq 75 \end{cases}$$



Gambar 3.6 Derajat Keanggotaan PM2,5

Dengan input asap yang diketahui adalah sebesar $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu_{pm2,5Sedang} = \frac{75-65}{75-50} = \frac{10}{25} = 0,4$$

$$\mu_{pm2,5Banyak} = \frac{65-50}{75-50} = \frac{15}{25} = 0,6$$

3. Variabel *Fuzzy* Suhu

Variabel kondisi suhu ruangan dibagi menjadi 4 bagian yaitu: Dingin (0°C - 25°C), Sedang (15°C - 35°C), dan Panas (25°C - 45°C). Pada variabel keanggotaan dingin menggunakan fungsi dengan bentuk bahu kiri dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

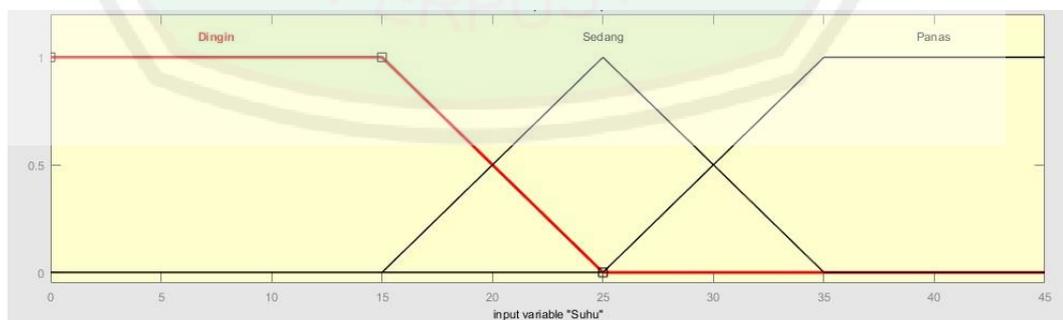
$$\mu_{\text{suhuDingin}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \geq 25 \\ 1 & ; x \leq 15 \\ \frac{25 - x}{25 - 15} & ; 15 < x < 25 \end{cases}$$

Untuk variabel keanggotaan sedang menggunakan fungsi dengan bentuk segitiga dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

$$\mu_{\text{suhuSedang}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{x - 15}{25 - 15} & ; 15 < x < 25 \\ \frac{35 - x}{35 - 25} & ; 25 < x < 35 \\ 1 & ; x = 25 \end{cases}$$

Untuk variabel keanggotaan panas menggunakan fungsi dengan bentuk bahu kanan dengan persamaan matematikanya seperti berikut.

$$\mu_{\text{suhuPanas}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 25 \\ \frac{x - 25}{35 - 25} & ; 25 < x < 35 \\ 1 & ; x \geq 35 \end{cases}$$



Gambar 3.7 Derajat Keanggotaan Suhu

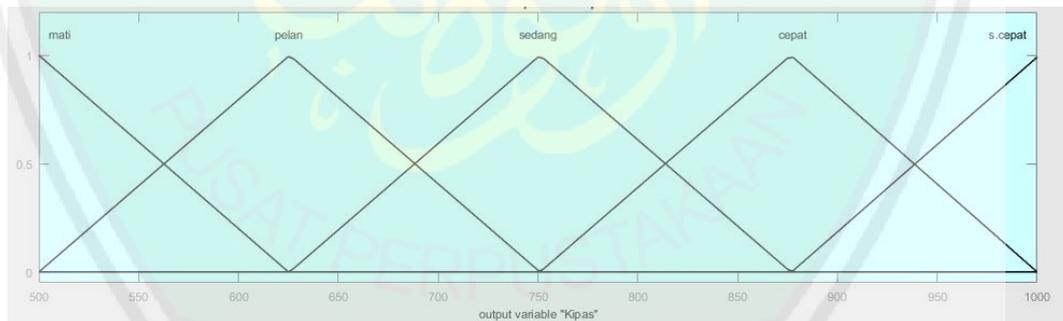
Dengan input suhu yang diketahui adalah sebesar 33°C, maka nilai keanggotaannya adalah:

$$\mu_{suhuSedang} = \frac{35 - 33}{35 - 25} = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$\mu_{suhuPanas} = \frac{33 - 25}{35 - 25} = \frac{8}{10} = 0,8$$

4. Variabel *Fuzzy* Kecepatan Kipas

Pada kecepatan kipas derajat keanggotaannya dibagi menjadi 5 bagian. Untuk mengendalikan kecepatan kipas menjadi 5 bagian tersebut digunakan mosfet. Inputan mosfet berupa pwm (*pulse-width modulation*) yang dapat menerima inputan dari 0-1000. Pada variable *fuzzy* kecepatan kipas ini hanya akan digunakan nilai pwm dari rentang 500 – 1000, dikarenakan setelah dilakukan uji coba, nilai pwm 0-500 masih membuat kipas mati, maka untuk keefektifan hanya digunakan nilai pwm dari 500 – 1000. 5 bagian itu yaitu: mati (500 - 625), pelan (500 – 750), sedang (625 – 875), cepat (750 - 1000), dan sangat cepat (875 - 1000).



Gambar 3.8 Derajat Keanggotaan *Output* Kipas

3.3.2 Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah proses fuzzifikasi, maka tahap selanjutnya adalah fungsi implikasi dengan menggunakan metode MIN. Fungsi implikasi (aturan) memiliki bentuk dasar *IF x is A THEN y is B*. Fungsi implikasi pada sistem ini adalah sebagai berikut:

[R1] Jika asap renggang dan PM 2,5 sedikit dan suhu dingin maka kipas mati.

[R2] Jika asap renggang dan PM 2,5 sedikit dan suhu sedang maka kipas pelan.

[R3] Jika asap renggang dan PM 2,5 sedikit dan suhu panas maka kipas sedang.

[R4] Jika asap renggang dan PM 2,5 sedang dan suhu dingin maka kipas pelan.

[R5] Jika asap renggang dan PM 2,5 sedang dan suhu sedang maka kipas sedang.

[R6] Jika asap renggang dan PM 2,5 sedang dan suhu panas maka kipas cepat.

[R7] Jika asap renggang dan PM 2,5 banyak dan suhu dingin maka kipas pelan.

[R8] Jika asap renggang dan PM 2,5 banyak dan suhu sedang maka kipas sedang.

[R9] Jika asap renggang dan PM 2,5 banyak dan suhu panas maka kipas cepat.

[R10] Jika asap sedang dan PM 2,5 sedikit dan suhu dingin maka kipas pelan.

[R11] Jika asap sedang dan PM 2,5 sedikit dan suhu sedang maka kipas sedang.

[R12] Jika asap sedang dan PM 2,5 sedikit dan suhu panas maka kipas cepat.

[R13] Jika asap sedang dan PM 2,5 sedang dan suhu dingin maka kipas sedang.

[R14] Jika asap sedang dan PM 2,5 sedang dan suhu sedang maka kipas cepat.

$$\text{MIN}(0,2;0,4;0,2) = 0,2$$

[R15] Jika asap sedang dan PM 2,5 sedang dan suhu panas maka kipas sangat cepat.

$$\text{MIN}(0,2;0,4;0,8) = 0,2$$

[R16] Jika asap sedang dan PM 2,5 banyak dan suhu dingin maka kipas sedang.

[R17] Jika asap sedang dan PM 2,5 banyak dan suhu sedang maka kipas cepat.

$$\text{MIN}(0,2;0,6;0,2) = 0,2$$

[R18] Jika asap sedang dan PM 2,5 banyak dan suhu panas maka kipas sangat cepat.

$$\text{MIN}(0,2;0,6;0,8) = 0,2$$

[R19] Jika asap pekat dan PM 2,5 sedikit dan suhu dingin maka kipas sedang.

[R20] Jika asap pekat dan PM 2,5 sedikit dan suhu sedang maka kipas cepat.

[R21] Jika asap pekat dan PM 2,5 sedikit dan suhu panas maka kipas sangat cepat.

[R22] Jika asap pekat dan PM 2,5 sedang dan suhu dingin maka kipas sedang.

[R23] Jika asap pekat dan PM 2,5 sedang dan suhu sedang maka kipas cepat.

$$\text{MIN}(0,8;0,4;0,2) = 0,2$$

[R24] Jika asap pekat dan PM 2,5 sedang dan suhu panas maka kipas sangat cepat.

$$\text{MIN}(0,8;0,4;0,8) = 0,4$$

[R25] Jika asap pekat dan PM 2,5 banyak dan suhu dingin maka kipas sedang.

[R26] Jika asap pekat dan PM 2,5 banyak dan suhu sedang maka kipas cepat.

$$\text{MIN}(0,8;0,6;0,2) = 0,2$$

[R27] Jika asap pekat dan PM 2,5 banyak dan suhu panas maka kipas sangat cepat.

$$\text{MIN}(0,8;0,6;0,8) = 0,6$$

3.3.3 Komposisi Aturan

Tahap selanjutnya setelah aplikasi fungsi implikasi adalah komposisi aturan. Komposisi aturan ini bertujuan untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan dengan menggunakan metode max. Komposisi aturannya adalah seperti berikut:

1. Kipas cepat = $\text{MAX}(R14;R17;R23;R26)$
 $= \text{MAX}(0,2;0,2;0,2;0,2)$
 $= 0,2$
2. Kipas sangat cepat = $\text{MAX}(R15;R18;R24;R27)$
 $= \text{MAX}(0,6;0,3;0,4;0,6)$

$$= 0,6$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka batas area pada saat $\mu_{kipasCepat}(z) = 0,2$, nilai z dapat diketahui seperti berikut:

$$0,2 = \frac{z - 875}{1000 - 875}$$

$$z = 900$$

Pada saat $\mu_{kipasSangatCepat}(z) = 0,6$, maka nilai z dapat diketahui seperti berikut:

$$0,6 = \frac{z - 875}{1000 - 875}$$

$$z = 950$$

Maka hasil komposisi aturan pada fungsi keanggotaan ini adalah

$$\mu(z) = \begin{cases} z - 875 & 0,2; z \leq 900 \\ 1000 - 875 & 900 \leq z \leq 950 \\ 0,6; & z \geq 950 \end{cases}$$

3.3.4 Defuzzifikasi

Langkah terakhir dari proses *fuzzy* merupakan proses defuzzifikasi, yaitu untuk mengkonversi nilai *fuzzy* hasil dari agregasi aturan ke dalam sebuah bilangan *crisp*. Metode yang paling umum digunakan untuk melakukan defuzzifikasi adalah menggunakan metode centroid, rumusnya yaitu:

$$z = \frac{\int_z \mu(z)zdz}{\int_z \mu(z)dz}$$

- Menghitung momentum kipas

1. Untuk Momentum 1

$$M1 = \int_{875}^{900} 0,2zdz = 4437,5$$

2. Untuk momentum 2

$$M2 = \int_{900}^{950} \frac{z-875}{1000-875} z dz = 18583$$

3. Untuk momentum 3

$$M3 = \int_{950}^{1000} 0,6z dz = 29250$$

- Penentuan luas untuk setiap daerah

1. Untuk luas daerah 1

$$A1 = (900 - 875) * 0,2 = 5$$

2. Untuk luas daerah 2

$$A2 = \frac{(0,2 + 0,6)(950 - 900)}{2} = 20$$

3. Untuk luas daerah 3

$$A3 = (1000 - 950) * 0,6 = 30$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat diketahui hasil titik pusat dari daerah *fuzzy*, yaitu:

$$z = \frac{4437,5 + 18583 + 29250}{5 + 20 + 30} = 229,99 = 950$$

Jadi, kecepatan kipas yang didapatkan adalah sebesar 950 direntang cepat atau sangat cepat.

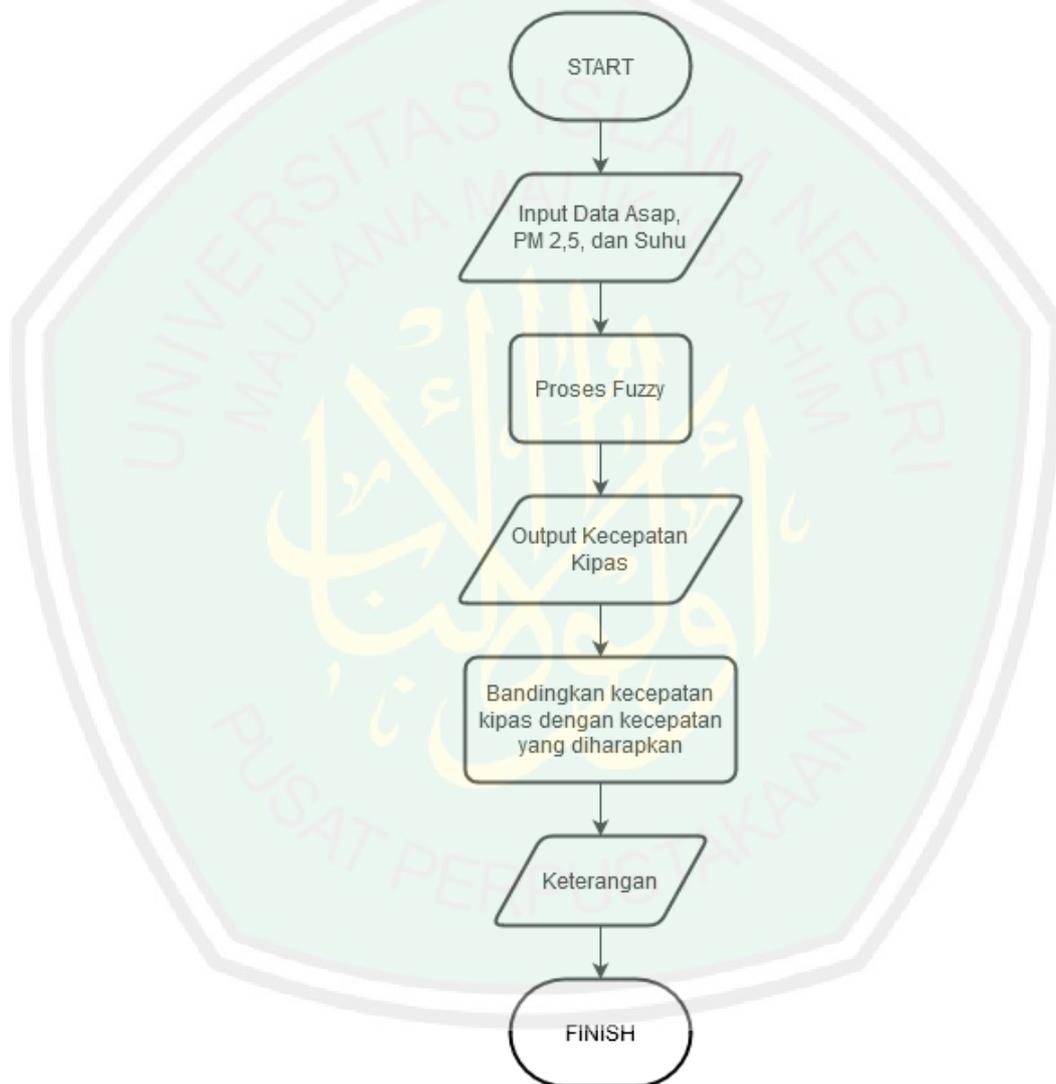
3.4 Rancangan Eksperimen

Dalam tahapan rancangan eksperimen aturan ini, data diambil dengan mempertahankan agar memenuhi setiap aturan, untuk menguji apakah setiap aturan sudah berjalan dengan baik atau tidak. Kecepatan yang diharapkan adalah kecepatan yang diperoleh dari hasil penghitungan manual seperti di subbab 3.3, dan kecepatan kenyataan adalah *output* dari mikrokontroler. Data hasil pengujian akan dibuat didalam tabel 3.4 seperti berikut.

Tabel 3.4 Tabel Rancangan Pengujian Mikrokontroler dengan Penghitungan Manual

Aturan	Input			Diharapkan	Kenyataan	Keterangan
	Asap	PM2,5	Suhu			

Keseluruhan alur eksperimen aturan ini ditampilkan dalam flowchart dibawah ini:



Gambar 3.9 Alur Eksperimen Aturan

Untuk pengujian dari sistem pembersih udara yang akan dikembangkan ini agar dapat menunjukkan bahwa sistem telah dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Cara uji coba yang akan dilakukan adalah dengan memakai *black-box*

testing. Tahapan pengujian ini dilakukan supaya mengetahui level tingkat akurasi dari sistem pembersih udara menggunakan metode *fuzzy mamdani* yang akan dibuat. Pada sistem ini, pengujian dilakukan dengan cara memberikan sejumlah asap dan partikel PM2,5 untuk mendapatkan nilai input. Selanjutnya menilai hasil pengujian dari sistem pembersih udara dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari data pakar. Data dapat diperoleh dengan cara melakukan sejumlah uji coba sesuai jumlah yang ditentukan. Rumus dari akurasi yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{Jumlahpercobaanyangbenar}{Totalpercobaan} \times 100\%$$

Dimana jumlah percobaan yang benar adalah hasil yang sesuai setelah dibandingkan dengan simulasi di matlab yang kemudian dijadikan pembilang, dan total banyaknya percobaan yang dilakukan digunakan sebagai pembagi lalu dikalikan dengan 100.

Setelah hasil penghitungan akurasi, selanjutnya adalah pemberian level tingkat akurasi. Berdasarkan (Gorunescu, 2011) standar level tingkat akurasi dari hasil percobaan adalah seperti ini:

1. Akurasi 90% - 100% = *Excellent classification*
2. Akurasi 80% - 90% = *Best classification*
3. Akurasi 70% - 80% = *Fair classification*
4. Akurasi 60% - 70% = *Poor classification*
5. Akurasi 50-60% = *Failure*

Pengujian selantjutnya dilakukan dengan membandingkan *output* dari mikrokontroler dengan hasil penghitungan matlab untuk mendapatkan error yang

dihasilkan dari sistem. Data pengujian ini akan ditampilkan pada tabel 3.5 seperti berikut.

Tabel 3.5 Rancangan Data Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab

Rule	Input			Mikrokontroler	Matlab	Error (%)
	asap	pm25	suhu			

Rumus penghitungan error adalah seperti berikut:

$$Error = \frac{Penghitungan\ Matlab - Output\ Mikrokontroler}{Output\ Mikrokontroler} \times 100\%$$

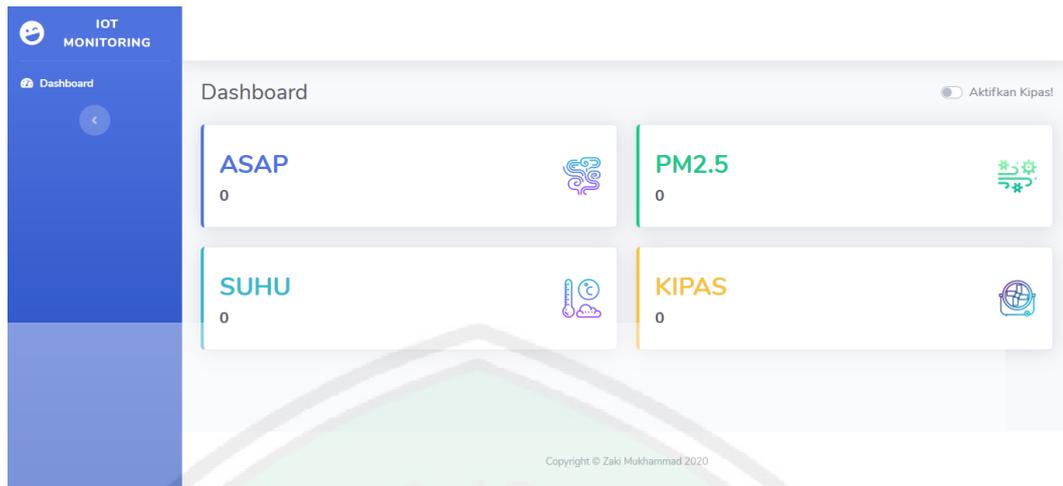
Kemudian rumus penghitungan rata-rata error adalah seperti berikut:

$$Rata - rata\ Error = \frac{\sum Error}{\sum Percobaan}$$

3.5 Rancangan Antarmuka Aplikasi Monitoring dan Database

3.5.1 Rancangan Antarmuka Aplikasi

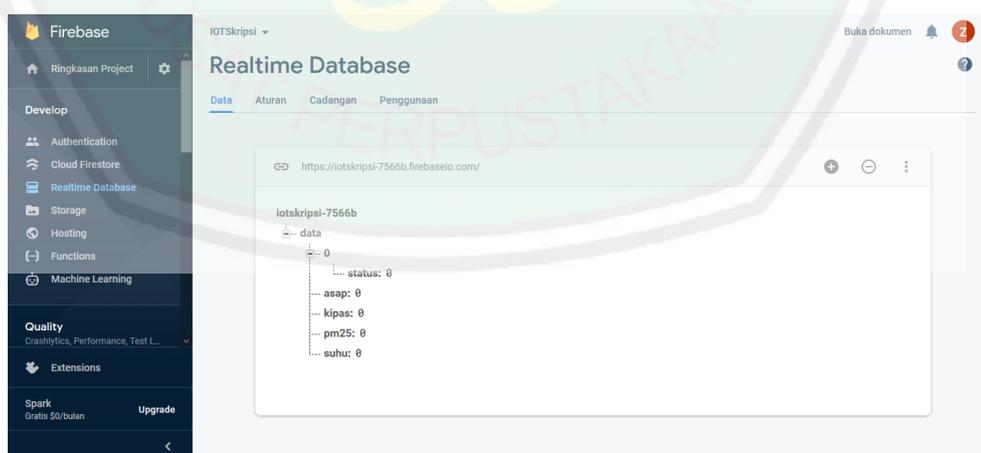
Pada tampilan antarmuka aplikasi ini akan dibangun menjadi *platform web*. Teknologi yang digunakan untuk membangun web ini adalah bahasa pemrograman JavaScript dan *Framework Bootstrap*. Pada tampilan antarmuka aplikasi ini terdapat 4 kolom yang menampilkan monitoring keadaan dari asap, PM 2,5, suhu, dan kecepatan kipas. Terdapat juga tombol *switch* untuk menyalakan dan mematikan kipas.



Gambar 3.10 Rancangan Tampilan Antarmuka Aplikasi IOT Monitoring

3.5.2 Rancangan Database

Database yang digunakan di penelitian ini untuk menyimpan data dari sistem ini menggunakan *Firebase Realtime Database* dari Google. Tipe *database* ini menggunakan model NoSQL, yaitu bentuk data tidak terbatas pada tabel, tapi berdasarkan *key-value*. Ada 5 data yang dibuat, yaitu asap untuk menyimpan data asap, kipas untuk menyimpan data kecepatan kipas, pm25 untuk menyimpan data PM 2,5, suhu untuk menyimpan data suhu, dan status untuk menyimpan data status dari kipas, sedang menyala atau mati.



Gambar 3.11 Rancangan Database

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dipaparkan tentang implementasi sistem, uji coba dan pembahasan dari sistem pembersih udara menggunakan metode *fuzzy* mamdani untuk kontrol kipas yang telah dibuat. Uji coba yang telah dilakukan adalah menguji sistem *hardware* dan sistem *software*. Pengujian sistem *hardware* dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah bisa menerapkan metode *Fuzzy Mamdani* dengan baik, dan pengujian *software* dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah dapat mengontrol dan memonitoring keadaan sistem yang berbasis Internet of Things.

4.1 Implementasi *Fuzzy* Pada Mikrokontroler

4.1.1 Implementasi Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses pertama dari metode *fuzzy*. Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan dengan mengubah input himpunan tegas ke himpunan *fuzzy*. Pada setiap himpunan *fuzzy* tersebut ditentukan domain dan fungsi keanggotaan yang berikutnya digunakan untuk menentukan nilai keanggotaan setiap himpunan *fuzzy* berdasarkan variabel inputnya yang merupakan bilangan real, dimana nilai keanggotaan tersebut berada pada interval $[0,1]$. Program untuk menghitung nilai keanggotaan setiap variabel *fuzzy* yang digunakan pada sistem ini seperti yang terlihat digambar 4.1, 4.2, dan 4.3 dibawah ini.

```

if (asap <= 25) {
    asapRenggang = 1;
    asapSedang = 0;
    asapPekat = 0;
} else if (asap >= 75) {
    asapRenggang = 0;
    asapSedang = 0;
    asapPekat = 1;
} else if (asap >= 25 && asap <= 50) {
    asapRenggang = (50 - asap) / 25;
    asapSedang = (asap - 25) / 25;
} else if (asap >= 50 && asap <= 75) {
    asapSedang = (75 - asap) / 25;
    asapPekat = (asap - 50) / 25;
}

```

Gambar 4.1 Source Code Fuzzifikasi Asap

```

if (pm25 <= 25) {
    pm25Sedikit = 1;
    pm25Sedang = 0;
    pm25Banyak = 0;
} else if (pm25 >= 75) {
    pm25Sedikit = 0;
    pm25Sedang = 0;
    pm25Banyak = 1;
} else if (pm25 >= 25 && pm25 <= 50) {
    pm25Sedikit = (50 - pm25) / 25;
    pm25Sedang = (pm25 - 25) / 25;
}

```

Gambar 4.2 Source Code Fuzzifikasi PM 2,5

```
if (suhu <= 15) {  
    suhuDingin = 1;  
    suhuSedang = 0;  
    suhuPanas = 0;  
} else if (suhu >= 35) {  
    suhuDingin = 0;  
    suhuSedang = 0;  
    suhuPanas = 1;  
} else if (suhu >= 15 && suhu <= 25) {  
    suhuDingin = (25 - suhu) / 10;  
    suhuSedang = (suhu - 15) / 10;  
}
```

Gambar 4.3 Source Code Fuzzifikasi Suhu

4.1.2 Implementasi Aplikasi Fungsi Implikasi

Aplikasi fungsi implikasi merupakan tahap kedua dari proses metode *Fuzzy* Mamdani. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan dari premis dan konklusinya. Nilai keanggotaan setiap aturan ditentukan dengan mencari nilai **MIN** atau terkecil dari nilai keanggotaan variabel *fuzzy* yang telah dihitung pada proses fuzzifikasi. Program untuk aplikasi fungsi implikasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut ini.

```

aturan[0] = getMin(asapRenggang, pm25Sedikit, suhuDingin);
aturan[1] = getMin(asapRenggang, pm25Sedikit, suhuSedang);
aturan[2] = getMin(asapRenggang, pm25Sedikit, suhuPanas);
aturan[3] = getMin(asapRenggang, pm25Sedang, suhuDingin);
aturan[4] = getMin(asapRenggang, pm25Sedang, suhuSedang);
aturan[5] = getMin(asapRenggang, pm25Sedang, suhuPanas);
aturan[6] = getMin(asapRenggang, pm25Banyak, suhuDingin);
aturan[7] = getMin(asapRenggang, pm25Banyak, suhuSedang);
aturan[8] = getMin(asapRenggang, pm25Banyak, suhuPanas);
aturan[9] = getMin(asapSedang, pm25Sedikit, suhuDingin);
aturan[10] = getMin(asapSedang, pm25Sedikit, suhuSedang);
aturan[11] = getMin(asapSedang, pm25Sedikit, suhuPanas);
aturan[12] = getMin(asapSedang, pm25Sedang, suhuDingin);
aturan[13] = getMin(asapSedang, pm25Sedang, suhuSedang);
aturan[14] = getMin(asapSedang, pm25Sedang, suhuPanas);
aturan[15] = getMin(asapSedang, pm25Banyak, suhuDingin);
aturan[16] = getMin(asapSedang, pm25Banyak, suhuSedang);
aturan[17] = getMin(asapSedang, pm25Banyak, suhuPanas);
aturan[18] = getMin(asapPekat, pm25Sedikit, suhuDingin);
aturan[19] = getMin(asapPekat, pm25Sedikit, suhuSedang);
aturan[20] = getMin(asapPekat, pm25Sedikit, suhuPanas);
aturan[21] = getMin(asapPekat, pm25Sedang, suhuDingin);
aturan[22] = getMin(asapPekat, pm25Sedang, suhuSedang);
aturan[23] = getMin(asapPekat, pm25Sedang, suhuPanas);
aturan[24] = getMin(asapPekat, pm25Banyak, suhuDingin);
aturan[25] = getMin(asapPekat, pm25Banyak, suhuSedang);
aturan[26] = getMin(asapPekat, pm25Banyak, suhuPanas);

```

Gambar 4.4 Source Code Aplikasi Fungsi Implikasi

4.1.3 Implementasi Komposisi Aturan

Komposisi aturan adalah tahap ketiga dari proses *Fuzzy Mamdani*. Pada tahap ini tujuannya adalah untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi dari setiap aturan menggunakan metode Max atau menggabungkan nilai keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi implikasi. Tahap ini mengambil nilai maksimum dari

nilai keanggotaan aplikasi fungsi implikasi yang telah dihitung sebelumnya. Kode program untuk tahap ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut ini.

```

float kipasPelan[4] = {aturan[1], aturan[3], aturan[6],
    aturan[9]};
float kipasSedang[9] = {aturan[2], aturan[4], aturan[7],
    aturan[10], aturan[12], aturan[15], aturan[18], aturan[21],
    aturan[24]};
float kipasCepat[8] = {aturan[5], aturan[8], aturan[11],
    aturan[13], aturan[16], aturan[19], aturan[22],
    aturan[25]};
float kipasSangatCepat[5] = {aturan[14], aturan[17], aturan[20],
    aturan[23], aturan[26]};
maxKipasMati = aturan[0];
maxKipasPelan = kipasPelan[0];
for (int i = 0; i < 4; i++) {
    if (kipasPelan[i] > maxKipasPelan) {
        maxKipasPelan = kipasPelan[i];
    }
}
maxKipasSedang = kipasSedang[0];
for (int i = 0; i < 9; i++) {
    if (kipasSedang[i] > maxKipasSedang) {
        maxKipasSedang = kipasSedang[i];
    }
}
maxKipasCepat = kipasCepat[0];
for (int i = 0; i < 8; i++) {
    if (kipasCepat[i] > maxKipasCepat) {
        maxKipasCepat = kipasCepat[i];
    }
}
maxKipasSangatCepat = kipasSangatCepat[0];
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    if (kipasSangatCepat[i] > maxKipasSangatCepat) {
        maxKipasSangatCepat = kipasSangatCepat[i];
    }
}
}

```

Gambar 4.5 Source Code Mencari Nilai Maksimal

Setelah diketahui nilai maksimal diatas, kemudian dicari komposisi aturannya setiap daerahnya. Program untuk mencari komposisi aturan seperti yang ditunjukkan gambar 4.6 berikut.

```

if (maxKipasMati > 0 && maxKipasPelan > 0 || maxKipasMati > 0) {
    z1 = maxKipasMati * (kipasMatiMax - kipasMatiMin) +
    kipasMatiMin;
    z2 = maxKipasPelan * (kipasPelanMax1 - kipasPelanMin1) +
    kipasPelanMin1;
} else if (maxKipasPelan > 0 && maxKipasSedang > 0 ||
maxKipasPelan > 0) {
    z1 = maxKipasPelan * (kipasPelanMax2 - kipasPelanMin2) +
    kipasPelanMin2;
    z2 = maxKipasSedang * (kipasSedangMax1 - kipasSedangMin1) +
    kipasSedangMin1;
} else if (maxKipasSedang > 0 && maxKipasCepat > 0 ||
maxKipasSedang > 0) {
    z1 = maxKipasSedang * (kipasSedangMax2 - kipasSedangMin2) +
    kipasSedangMin2;
    z2 = maxKipasCepat * (kipasCepatMax1 - kipasCepatMin1) +
    kipasCepatMin1;
} else if (maxKipasCepat > 0 || maxKipasSangatCepat > 0) {
    z1 = maxKipasCepat * (kipasCepatMax2 - kipasCepatMin2) +
    kipasCepatMin2;
    z2 = maxKipasSangatCepat * (kipasSangatCepatMax -
    kipasSangatCepatMin) + kipasSangatCepatMin;
}

```

Gambar 4.6 Source Code Mnghitung Komposisi Aturan

4.1.4 Implementasi Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan tahap keempat atau tahap terakhir dari metode *Fuzzy Mamdani*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menafsirkan nilai keanggotaan *fuzzy* menjadi keputusan tertentu atau bilangan real. Metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi ini adalah metode centroid. Metode centroid adalah metode

yang menggabungkan hasil komposisi aturan dengan tujuan untuk membentuk hasil yang optimal dan mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Tahapan metode centroid yaitu menentukan momentum (integral dari masing-masing fungsi keanggotaan dari komposisi aturan), menentukan luas area, dan menentukan titik pusat. Rumus untuk metode centroid adalah:

$$z = \frac{\int_z \mu(z)zdz}{\int_z \mu(z)dz}$$

Tahap pertama dari defuzzifikasi ini adalah dengan mencari momentum setiap bagian. Rumus $\int_z \mu(z)zdz$ menyatakan momentum untuk setiap daerah hasil komposisi aturan. Rumus integral ini disederhankan terlebih dahulu kemudian dituliskan kedalam program.

```

if (maxKipasMati > 0 && maxKipasPelan > 0 || maxKipasMati > 0) {
    m1 = maxKipasMati * (0.5 * pow(z1, 2) - 0.5 * pow(kipasMatiMin, 2));
    float m2_a = (pow(z2, 3) / 3) - (pow(z1, 3) / 3);
    float m2_b = kipasMatiMin * ((pow(z2, 2) / 2) - (pow(z1, 2) / 2));
    m2 = (m2_b - m2_a) / (kipasMatiMax - kipasMatiMin);
    m3 = maxKipasPelan * (0.5 * pow(kipasPelanMax1, 2) - 0.5 * pow(z2,
2));
} else if (maxKipasPelan > 0 && maxKipasSedang > 0 || maxKipasPelan >
0) {
    m1 = maxKipasPelan * (0.5 * pow(z1, 2) - 0.5 * pow(kipasPelanMin2,
2));
    float m2_a = (pow(z2, 3) / 3) - (pow(z1, 3) / 3);
    float m2_b = kipasPelanMin2 * ((pow(z2, 2) / 2) - (pow(z1, 2) / 2));
    m2 = (m2_a - m2_b) / (kipasPelanMax2 - kipasPelanMin2);
    m3 = maxKipasSedang * (0.5 * pow(kipasSedangMax1, 2) - 0.5 * pow(z2,
2));
} else if (maxKipasSedang > 0 && maxKipasCepat > 0 || maxKipasSedang >
0) {
    m1 = maxKipasSedang * (0.5 * pow(z1, 2) - 0.5 * pow(kipasSedangMin2,
2));
    float m2_a = (pow(z2, 3) / 3) - (pow(z1, 3) / 3);
    float m2_b = kipasSedangMin2 * ((pow(z2, 2) / 2) - (pow(z1, 2) /
2));
    m2 = (m2_a - m2_b) / (kipasSedangMax2 - kipasSedangMin2);
    m3 = maxKipasCepat * (0.5 * pow(kipasCepatMax1, 2) - 0.5 * pow(z2,
2));
} else if (maxKipasCepat > 0 || maxKipasSangatCepat > 0) {
    m1 = maxKipasCepat * (0.5 * pow(z1, 2) - 0.5 * pow(kipasCepatMin2,
2));
    float m2_a = (pow(z2, 3) / 3) - (pow(z1, 3) / 3);
    float m2_b = kipasCepatMin2 * ((pow(z2, 2) / 2) - (pow(z1, 2) / 2));
    m2 = (m2_a - m2_b) / (kipasCepatMax2 - kipasCepatMin2);
    m3 = maxKipasSangatCepat * (0.5 * pow(kipasSangatCepatMax, 2) - 0.5
* pow(z2, 2));
}

```

Gambar 4.7 Mencari Nilai Momentum

Tahap kedua Fuzzifikasi adalah mencari nilai luas setiap daerah. Luas setiap daerah dapat diperoleh dengan mencari luas berdasarkan bentuk dari masing-masing daerah hasil komposisi aturan. Kode program untuk mencari luas setiap daerah adalah seperti yang ada di gambar 4.8 berikut ini.

```

if (maxKipasMati > 0 && maxKipasPelan > 0 || maxKipasMati > 0) {
    a1 = (z1 - kipasMatiMin) * maxKipasMati;
    a2 = ((maxKipasMati + maxKipasPelan) * (z2 - z1)) / 2;
    a3 = (kipasPelanMax1 - z2) * maxKipasPelan;
} else if (maxKipasPelan > 0 && maxKipasSedang > 0 ||
maxKipasPelan > 0) {
    a1 = (z1 - kipasPelanMin2) * maxKipasPelan;
    a2 = ((maxKipasPelan + maxKipasSedang) * (z2 - z1)) / 2;
    a3 = (kipasSedangMax1 - z2) * maxKipasSedang;
} else if (maxKipasSedang > 0 && maxKipasCepat > 0 ||
maxKipasSedang > 0) {
    a1 = (z1 - kipasSedangMin2) * maxKipasSedang;
    a2 = ((maxKipasSedang + maxKipasCepat) * (z2 - z1)) / 2;
    a3 = (kipasCepatMax1 - z2) * maxKipasCepat;
} else if (maxKipasCepat > 0 || maxKipasSangatCepat > 0) {
    a1 = (z1 - kipasCepatMin2) * maxKipasCepat;
    a2 = ((maxKipasCepat + maxKipasSangatCepat) * (z2 - z1)) / 2;
    a3 = (kipasSangatCepatMax - z2) * maxKipasSangatCepat;
}

```

Gambar 4.8 Mencari Nilai Luas Area

Tahap terakhir untuk defuzzifikasi adalah membagi jumlah seluruh momentum dengan jumlah luas area.

```

kipas = (m1 + m2 + m3) / (a1 + a2 + a3);

```

Gambar 4.9 Mencari Nilai Akhir Defuzzifikasi

4.2 Pengujian Sistem *Fuzzy*

Pengujian pada sistem *Fuzzy* ini bertujuan untuk mengetahui komponen-komponen elektronik yang telah dirangkai sudah berjalan dengan baik dan benar pada rancangan sistem pembersih udara menggunakan metode *fuzzy* Mamdani untuk Kontrol kipas berbasis IOT, dan memastikan aturan-aturan yang dibuat di sistem *fuzzy* berjalan dengan baik pada rancangan sistem ini.

Pengujian ini berlangsung selama satu hari. Untuk mendapatkan data input sesuai dengan aturan yang diinginkan, maka peneliti menggunakan es batu untuk memanipulasi suhu dan membakar kertas untuk mendapatkan input asap dan pm 2,5. Data hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan *output* yang diharapkan dengan cara menghitung manual, seperti yang ada di subbab 3.3. Hasil pengujian jika sama diberi keterangan sesuai, jika tidak sama diberi keterangan tidak sesuai. Data hasil pengujian sistem *hardware* ini dapat dilihat di tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Mikrokontroler dengan Penghitungan Manual

Rule	Input			Diharapkan	Kenyataan	Keterangan
	asap	pm25	suhu			
1	23	30	15	Mati	Mati	Sesuai
2	22	27	26	Pelan	Pelan	Sesuai
3	22	26	32	Sedang	Sedang	Sesuai
4	23	54	15	Pelan	Pelan	Sesuai
5	22	53	27	Sedang	Sedang	Sesuai
6	21	54	34	Cepat	Cepat	Sesuai
7	20	60	16	Pelan	Pelan	Sesuai
8	23	73	27	Sedang	Sedang	Sesuai
9	22	65	33	Cepat	Cepat	Sesuai
10	52	30	16	Pelan	Pelan	Sesuai
11	51	24	25	Sedang	Sedang	Sesuai
12	50	27	36	Cepat	Cepat	Sesuai
13	55	52	16	Sedang	Sedang	Sesuai
14	53	50	28	Cepat	Cepat	Sesuai
15	52	54	33	Sangat cepat	Sangat cepat	Sesuai
16	52	73	16	Sedang	Sedang	Sesuai
17	57	70	27	Cepat	Cepat	Sesuai
18	55	75	34	Sangat cepat	Sangat cepat	Sesuai

19	75	25	17	Sedang	Sedang	Sesuai
20	80	23	26	Cepat	Cepat	Sesuai
21	77	27	34	Sangat cepat	Sangat cepat	Sesuai
22	73	50	15	Sedang	Sedang	Sesuai
23	70	53	28	Cepat	Cepat	Sesuai
24	65	53	36	Sangat cepat	Sangat cepat	Sesuai
25	68	70	16	Sedang	Sedang	Sesuai
26	70	75	26	Cepat	Cepat	Sesuai
27	70	65	33	Sangat cepat	Sangat cepat	Sesuai

Berdasarkan dari hasil data pengujian pada tabel 4.1 maka dapat diperoleh bahwa akurasi dari perancangan sistem pembersih udara menggunakan metode *fuzzy* Mamdani untuk kontrol kipas berbasis IOT, yaitu:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah percobaan yang benar}}{\text{Total percobaan}} * 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{27}{27} * 100\% = 100\%$$

Maka dengan hasil akurasi sistem sebesar 100% maka standar tingkat akurasi masuk ke klasifikasi *Excellent Classification*.

Selain melakukan pengujian dengan membandingkan hasil perhitungan manual, peneliti juga melakukan pengujian kedua dengan cara membandingkan hasil *output* mikrokontroler dengan hasil penghitungan matlab. Data hasil pengujian *output* dari mikrokontroler dengan penghitungan di matlab adalah tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Pengujian Mikrokontroler dengan Matlab

Rule	Input			Mikrokontroler	Matlab	Error (%)
	asap	pm25	suhu			
1	23	30	15	579	580	0.2
2	22	27	26	707	662	6.4
3	22	26	32	699	716	2.4
4	23	54	15	707	626	11.5

5	22	53	27	829	781	5.8
6	21	54	34	831	859	3.4
7	20	60	16	702	645	8.1
8	23	73	27	829	781	5.8
9	22	65	33	825	842	2.1
10	52	30	16	704	677	3.8
11	51	24	25	833	758	9.0
12	50	27	36	957	876	8.5
13	55	52	16	831	768	7.6
14	53	50	28	949	882	7.1
15	52	54	33	954	920	3.6
16	52	73	16	832	767	7.8
17	57	70	27	952	879	7.7
18	55	75	34	956	935	2.2
19	75	25	17	829	781	5.8
20	80	23	26	957	877	8.4
21	77	27	34	957	937	2.1
22	73	50	15	833	751	9.8
23	70	53	28	949	882	7.1
24	65	53	36	953	956	0.3
25	68	70	16	829	768	7.4
26	70	75	26	956	877	8.3
27	72	80	33	954	920	3.6
Jumlah Error						155.4
Rata - Rata Error						5.8

Rumus penghitungan error dari pengujian ini adalah sebagai berikut, misalkan pada pengujian aturan pertama asap 23ppm, PM 2,5 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan suhu

15° C menghasilkan *output* mikrokontroler sebesar 579, dan penghitungan matlab sebesar 580, maka hasil penghitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Error} &= \frac{\text{Penghitungan Matlab} - \text{Output Mikrokontroler}}{\text{Output Mikrokontroler}} \times 100\% \\ &= \frac{580 - 579}{579} \times 100\% \\ &= 0,2\% \end{aligned}$$

Rumus penghitungan rata-rata error dari pengujian ini, yaitu dengan cara menjumlah seluruh error dengan jumlah percobaan yang dilakukan. Penghitungan rata-rata errornya adalah seperti berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata Error} &= \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Percobaan}} \\ &= \frac{155,4}{27} \\ &= 5,8 \end{aligned}$$

Maka rata-rata error yang didapatkan dari pengujian ini adalah sebesar 5,8%, error yang diperoleh dapat dikatakan cukup rendah.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Sistem *Hardware*

Pada pembangunan sistem *hardware* pada sistem ini menggunakan Arduino dan NodeMCU. Arduino digunakan untuk membaca input dari sensor, kemudian input dari sensor tersebut diolah program *fuzzy* di dalam Arduino. Sistem Arduino ini kemudian mengirim data asap, PM25, suhu, dan kecepatan kipas ke NodeMCU. NodeMCU bertugas untuk menerima data input dari Arduino kemudian mengirim data yang diterima ke firebase. NodeMCU juga bertugas untuk mengatur kecepatan kipas berdasarkan *output* yang sudah dihasilkan sistem *fuzzy*.



Gambar 4.10 Keadaan Kipas Mati



Gambar 4.11 Keadaan Kipas Menyala

4.3.2 Sistem *Software*

4.3.2.1 Sistem Antarmuka

Sistem Antarmuka pada Perancangan sistem pembersih udara ini menggunakan bahasa pemrograman Javascript AJAX dan menggunakan *framework* CSS Bootstrap. Pada antarmuka sistem ini terdapat menu dashboard

untuk melihat dan memonitor tingkat asap, PM 2,5 dan suhu di ruangan. Data ini bersifat *realtime* artinya akan langsung dilakukan pembaharuan data ketika terdeteksi ada perubahan data di firebase, data dikirim dari NodeMCU ke firebase setiap 5 detik sekali. Pada antarmuka sistem ini juga terdapat tombol *switch* yang berguna untuk mengatur kipas menyala atau mati.

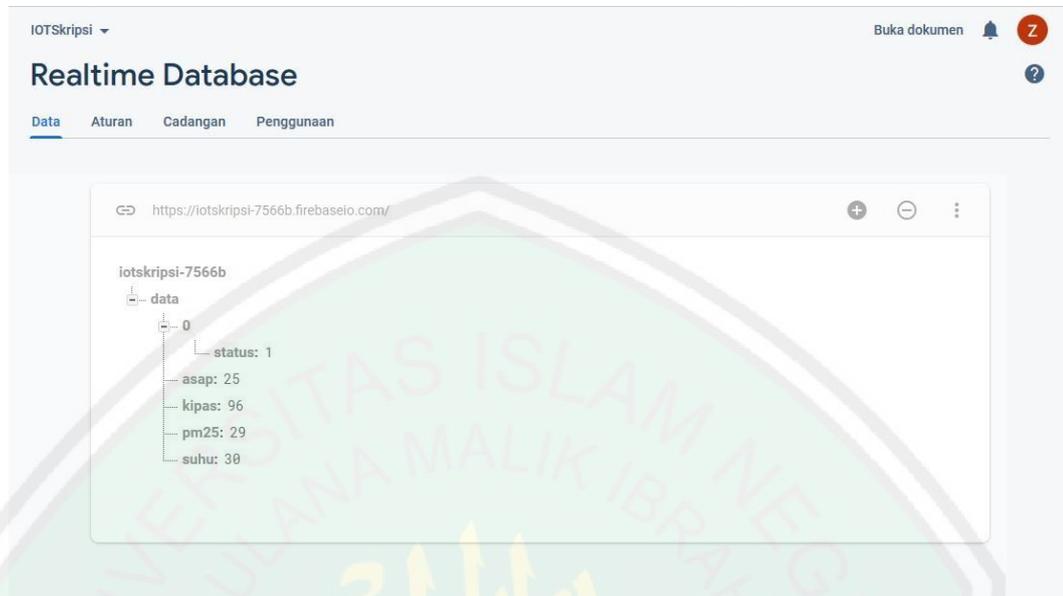


Gambar 4.12 Tampilan Antarmuka Sistem

4.3.2.2 Sistem Server dan Database

Sistem server dan *database* di sistem ini menggunakan layanan dari Google yaitu firebase. Pada firebase ini terdapat fitur yang bernama *Firestore Realtime Database* yang merupakan *database* yang di host di cloud milik Google. Data disimpan dalam bentuk JSON (*JavaScript Object Notation*) dan disinkronkan secara *realtime* ke setiap *platform* yang terhubung. Kelebihan dari sistem firebase ini adalah mudah diintegrasikan dengan berbagai *platform*. Pada sistem ini hanya menggunakan *platform* web yang dihubungkan menggunakan JavaScript SDK dari firebase. Pada *database* ini terdapat 5 data, yaitu status, asap, pm25, suhu, dan kipas. Data status menyimpan status dari kipas, 0 menunjukkan kipas mati dan 1

menunjukkan kipas menyala. Data asap menyimpan tingkatan asap, data pm25 menyimpan tingkatan PM 2,5 dan data suhu menyimpan tingkatan suhu di ruangan.



Gambar 4.4 Sistem *Database* dengan *Firestore Realtime Database*

4.4 Integrasi Islam

Penelitian ini memiliki tujuan untuk membuat rancangan sebuah alat yang dapat mendeteksi polutan seperti asap dan PM 2,5. Polutan yang disebutkan diatas merupakan polutan yang sangat berbahaya ketika masuk ke dalam tubuh manusia. Fungsi dari alat ini adalah untuk melakukan pembersihan di udara, agar udara yang dihirup terasa nyaman dan sehat, dimana Allah ﷻ sangat menyukai kebersihan sesuai dengan sabda Nabi Muhammad ﷺ :

إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكَرَمَ جَوَادٌ فَتَنظِّفُوا أَعْيُنَكُمْ

“*Sesungguhnya Allah itu baik dan menyukai kebaikan. Allah itu bersih dan menyukai kebersihan. Allah itu dermawan dan menyukai kedermawanan, maka bersihkanlah olehmu tempat-tempatmu.*” (HR. Tirmidzi).

Alat ini diharapkan dapat membantu membersihkan udara yang ada di suatu ruangan, agar udara yang bersih dapat diperoleh. Udara yang bersih berdampak ke

lingkungan yang nyaman dan membuat manusia menjadi produktif sehingga dapat menciptakan alat-alat yang berguna untuk menunjang kehidupan.

Allah ﷻ telah memerintahkan kepada umat manusia untuk menggunakan akalinya untuk menciptakan teknologi yang berguna untuk memudahkan hidup manusia. Menurut Quraish Shihab, di dalam Al-Quran banyak istilah yang mengacu maknanya kepada penciptaan dan kreasi baru yang lahir dari suatu ide dan untuk tujuan tertentu. Salah satu diantara istilah tersebut adalah *sakhhara* yang secara harfiah berarti menundukkan. Dalam QS. Al-Jatsiyah : 13 Allah ﷻ berfirman:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ

“Apa yang di langit dan di bumi semuanya ditundukkan Allah untuk manusia” (QS. Al-Jatsiyah:13).

Dengan potensi ilmu yang dianugerahkan Allah ﷻ bersama penundukan yang dilakukan-Nya, manusia mampu meraih dengan mudah segala sesuatu yang terbentang di alam raya melalui keahlian di bidang teknik atau dengan kata lain, teknologi dan alat-alat yang dihasilkannya (Shihab, 2014). Penundukan atas langit dan bumi dapat dimengerti dalam artian seluruh bagian-bagian dari alam semesta yang dapat dijangkau dan berjalan atas dasar satu sistem yang pasti, kait berkaitan dan dalam bentuk konsisten. Allah ﷻ menetapkan hal tersebut dan dari waktu ke waktu memberi ilham kepada manusia tentang pengetahuan dan ilmu fenomena alam yang dapat mereka gunakan untuk kebaikan dan kenyamanan manusia (Shihab, 2005).

Islam mendukung pengembangan ilmu dan teknologi, tetapi ada dua hal pokok yang digarisbawahinya. Pertama, harus selalu diingat bahwa yang “menundukkan” bukan manusia, tetapi Allah ﷻ. Manusia dan alam raya semuanya

di bawah kekuasaan-Nya dan Dia pula yang menghubungkan partikel-partikel kecil sampai dengan yang terbesar, satu dengan yang lain dari seluruh bagian jagat raya ini. Kedua, hasil yang diraih harus bermanfaat bukan yang membahayakan. Jangan sampai manusia menjadi seperti kepompong yang membahayakan dirinya sendiri karena “kepandaiannya terbang”. Ini diingatkan-Nya karena QS. Yunus ayat 24 melukiskan bahwa satu ketika hasil-hasil teknologi akan menjadikan manusia lengah dan merasa mampu melakukan segala sesuatu (Shihab, 2014).

Teungku Muhammad Hasby ash-Shiddieqy dalam tafsir An-Nur nya menjelaskan bahwa Allah ﷻ lah yang telah menundukan segala sesuatu yang ada di langit dan bumi untuk kemaslahatan manusia. Manusia dengan akal dan pikiran yang diberikan oleh Allah ﷻ dapatlah memanfaatkan alam untuk mencapai tujuan-tujuannya. Dia dapat menyelam seperti ikan, dapat terbang seperti burung, bahkan juga dapat berjalan di dasar laut. Sesungguhnya yang demikian itu terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah ﷻ bagi orang yang suka berpikir (Ash-Shiddieqy, 2000).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sistem pembersih udara menggunakan metode *fuzzy* mamdani berbasis IOT telah berhasil dibangun. Sistem ini dibangun dengan inputan asap, PM 2,5 dan suhu untuk menghasilkan kecepatan kipas. Pembangunan sistem ini menggunakan Arduino, NodeMCU, sensor-sensor untuk inputan dan beberapa *hardware* lainnya. Perangkat lunak yang digunakan adalah web *based* dengan *native* javascript dan menggunakan web server serta *database* dari Firebase.

Alati ini telah berjalan dengan baik, pada pengujian sistem *fuzzy* dengan cara membandingkan hasil *output* mikrokontroler dengan penghitungan manual seperti di subbab 3.3 menghasilkan akurasi sebesar 100%. Maka dengan menggunakan standar tingkat akurasi oleh Goronescu, akurasi sistem ini dapat digolongkan ke klasifikasi *Excellent Classification*. Pengujian selanjutnya dengan cara membandingkan *output* dari mikrokontroler dengan penghitungan matlab untuk mencari eror dari *output* sistem *fuzzy*. Pengujian ini menghasilkan rata-rata eror sebesar 5,8%, dapat dikatakan eror yang didapatkan cukup rendah. Pemilihan metode Fuzzy Mamdani ini dikarenakan menurut dokumentasi di website mathworks, metode ini merupakan metode yang intuitif, sangat cocok untuk inputan manusia, *rule base* yang lebih mudah diinterpretasikan, dan memiliki penerimaan yang luas.

5.2 Saran

Penelitian ini masih menghasilkan banyak kekurangan. Sehingga Penulis memiliki beberapa saran yang bisa digunakan untuk memperbaiki penelitian ini kedepannya.

1. Penelitian ini menggunakan parameter asap, yang sebenarnya kurang spesifik dan tidak memenuhi standar yang diterapkan di KLHK untuk menghitung indeks pencemaran udara. Peneliti memiliki saran untuk mengganti parameter ini dengan parameter yang digunakan KLHK untuk menghitung indeks pencemaran udara misalkan dengan mendeteksi gas CO, NO, Sulfur dan lain-lain.
2. Sistem *database* pada penelitian ini menggunakan Firebase Realtime *Database* yang hanya menampilkan data sensor secara Realtime dan tidak menyimpan data sebelumnya. Peneliti memiliki saran untuk dicoba menggunakan RDBMS seperti MySQL agar monitoring bisa dilakukan lebih baik dan dapat memonitoring perubahan data per satuan waktu.
3. Peneliti memiliki saran untuk dicoba menggunakan metode yang lain seperti *neural network* agar sistem bisa lebih cerdas dan bisa mengurangi eror.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2018. *MQ-135 – Gas Sensor for Air Quality*. <https://components101.com/sensors/mq135-gas-sensor-for-air-quality>.
- Budiharto, Widodo dan Suhartono, Derwin. 2014. *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Cholianawati, N. 2019. *Partikulat Halus (Pm_{2.5}) Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Manusia (Fine Particulate (Pm_{2.5}) And It's Impact On Human Health)*. Berita Dirgantara, 20(1).
- Goronescu, F. 2011. *Data Mining the Concept and Techniques*. Romania: Springer.
- Hanwei Electronics. *Technical Data MQ-2 Gas Sensor*. www.mouser.com/datasheet/2/321/605-00008-MQ-2-Datasheet-370464.pdf.
- Hardika, D., & Nurfiana, N. 2019. *Sistem Monitoring Asap Rokok Menggunakan Smartphone Berbasis Internet Of Things (Iot)*. Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika, 10(1). doi:10.36448/jsit.v10i1.1221
- Hasan, A. M. 2017. *Partikel yang Membunuh dalam Senyap itu bernama PM 2,5*. www.tirto.id/partikel-yang-membunuh-dalam-senyap-itu-bernama-pm-25-cnr. Diunduh pada 4 Maret 2020.
- Hermawan, T. 2017. *Mengenal Sensor MQ-2 Sebagai Sensor Pendeteksi Asap*. <http://trianhermawan.blogspot.com/2017/10/mengenal-sensor-mq-2-sebagai-sensor.html>.
- Indahwati, E. dan Nurhayati. 2012. *Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler Dengan Menggunakan Serial USART*. Jurnal Teknik Elektro, 1(1).

- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. 1997. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Tentang Indeks Standar Pencemar Udara. Nomor : KEP-45/MENLH/10/1997*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kusumadewi, S. dan Purnowo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maharani, C., dkk. 2020. *Edukasi Dampak Kesehatan Dan Upaya Perlindungan Diri Dari Bencana Kabut Asap*. Jurnal Medic (Medical Dedication), 3(1), 22-26.
- Noviana, A. P. 2018. *Rancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Gedung dengan Menggunakan Metode Internet Of Things Berbasis NodeMCU*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- Platower. 2016. *PMS5003 series data manual. Datasheet*. www.aqmd.gov/docs/default-source/aq-spec/resources-page/plantower-pms5003-manualv2-3.pdf. Diunduh pada 4 maret 2020.
- Purbo, O.W. 2015. *Internet Of Things*. www.lms.onnocenter.or.id/wiki/index.php/Internet_of_Things. Diunduh pada 16 September 2019.
- Purnomo, R. dkk, M. H. 2018. *Implementasi Metode Fuzzy Sugeno Pada Embedded System Untuk Mendeteksi Kondisi Kebakaran Dalam Ruangan*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2(4), 1431.
- Rahmadini, A. D., & Haryanto, B. 2020. *Dampak Paparan Particulate Matter 2, 5 (PM2, 5) Terhadap Gejala Penyakit Paru Obstruktif (PPOK) Kronis*

- Eksaserbasi Akut pada Pekerja di Pelabuhan Tanjung Priok*. 2018. *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, 1(1).
- Sanusi, A. F. 2018. *Rancangan Sistem Pemantauan Ketinggian Level Air Sungai Jarak Jauh Berbasis Internet Of Things Dengan NodeMCU*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang.
- Saptadi, A. 2014. *Perbandingan Akurasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Antara Sensor DHT11 dan DHT22*. *JURNAL INFOTEL*, 6(2), 49-56. doi:10.20895 /infotel.v6i2.16.
- Saputro, T. T. 2017. *Belajar dan Mengenal NodeMCU: Pertemuan Pertama*. embeddednesia.com/v1/tutorial-nodemcu-pertemuan-pertama. Diunduh pada 6 November 2019.
- Shiddieqy, M. H. A. 2000. *Tafsir al-Qur'anul Majid an-Nuur: Surat 42-114 (Vol. 5)*. Semarang, Pustaka Rizki Putra.
- Shihab, Q. 2005. *Tafsir Al-Mishbah Jilid 1*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, Q. 2014. *Islam dan Teknologi*. <https://quraishshihab.com/uncategorized/islam-dan-teknologi/>.
- Sugiono. 2017. *Kontrol Jarak Jauh Sistem Irigasi Sawah Berbasis IOT*. *INTEGER: Journal of Information Technology*, 2(2): 41-48.
- Sutojo, T. dkk. 2011. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Utami, D. dkk. 2020. *PM2, 5 and Hypertension*. *JUMP Health (Journal of Ultimate Public Health)*, 4(1), 277-282.

Waworundeng, J. M. S., & Lengkong, O. 2018. *Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruangan dengan Platform IoT*. CogITo Smart Journal, 4(1), 94. doi:10.31154/cogito.v4i1.105.94-103.



LAMPIRAN

Lampiran data hasil pembacaan sensor dan kecepatan kipas yang dihasilkan

Rule	Input			Kecepatan
	asap	pm25	suhu	
1	23	30	15	579
2	22	27	26	707
3	22	26	32	699
4	23	54	15	707
5	22	53	27	829
6	21	54	34	831
7	20	60	16	702
8	23	73	27	829
9	22	65	33	825
10	52	30	16	704
11	51	24	25	833
12	50	27	36	957
13	55	52	16	831
14	53	50	28	949
15	52	54	33	954
16	52	73	16	832
17	57	70	27	952
18	55	75	34	956
19	75	25	17	829
20	80	23	26	957
21	77	27	34	957
22	73	50	15	833
23	70	53	28	949
24	65	53	36	953
25	68	70	16	829
26	70	75	26	956
27	70	65	33	950