

# Perancangan Perangkat Deteksi Anomali Pada Kipas Saluran (*Design of Anomaly Detection Devices On Duct Fan*)

1<sup>st</sup> Banar Bagas Darujati  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
banarbagas@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> Desri Kristina Silalahi  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
desrikristina@telkomuniversit  
y.ac.id

3<sup>rd</sup> Azam Zamhuri Fuadi  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
azamzamhurifuadi@telkomuni  
versity.ac.id

**Abstrak**—Apabila peralatan industri manufaktur mengalami kerusakan atau kegagalan yang tidak terduga dalam waktu yang cukup lama, maka hal ini mengakibatkan banyak kerugian waktu dan biaya. Pemeliharaan prediktif mesin dan alat industri manufaktur dapat dibantu dengan penggunaan teknologi *modern sensing* dan analitik data yang canggih. Dengan teknologi tersebut dapat menghemat waktu dan biaya perawatan. Untuk meningkatkan daya saing industri manufaktur maka harus ada kombinasi antara penghematan biaya perawatan alat dan peningkatan produktifitas alat. Dalam tulisan ini, penulis membuat pemeliharaan kipas saluran (*duct fan*) berdasarkan deteksi anomali. Fokus utama adalah pada kipas saluran industri karena merupakan salah satu peralatan paling umum pada sebagian besar industri manufaktur. Pada penelitian ini, dibuat suatu sistem informasi anomali pada kipas saluran (*duct fan*) memanfaatkan teknologi IoT yang dapat menampilkan data informasi terkait anomali. Penelitian ini menggunakan sensor MPU6050 yang di letakkan pada kipas saluran (*duct fan*) untuk mengetahui terdapat anomali atau tidak. *Output* data dari pembacaan sensor akan dikirimkan ke platform IoT dan akan menampilkan apakah kipas saluran (*duct fan*) terdapat anomali atau tidak. Penulis menggunakan metode *fuzzy logic* dan rumus sum vektor untuk menentukan batas normal yang bernilai  $0,87 \text{ rad/s}^2$  dan menentukan batas error yang bernilai  $0,13 \text{ rad/s}^2$ .

**Istilah Kunci**—*predictive maintenance, anomaly detection, duct fan.*

**Abstract**—If manufacturing industry equipment is damaged or unexpected failure in a long time, then this result in a lot of time and cost losses. Predictive maintenance of industrial manufacturing machines can be aided by use of advance modern sensing and data analytics technologies. With this technology can save time and maintenance costs. To improve competitiveness of manufacturing industry, there must be a combination of saving tool maintenance costs and increasing tool productivity. In this paper, author makes maintenance of a duct fan based on anomaly detection. The main focus is on industrial duct fan as they are one of the most common pieces of equipment in most manufacturing industries. In this study, an anomaly information system was created on duct fan using IoT technology that can display information data related to anomalies. This study uses MPU6050 sensor which is placed on duct fan to determine whether there are anomalies or not. The data output from the sensor readings will be sent to IoT platform and will display whether duct fan has anomaly or not. Author uses fuzzy logic method and sum vector formula to determine the normal limit of  $0,87 \text{ rad/s}^2$  and determine the error limit of  $0,13 \text{ rad/s}^2$ .

**Keywords**—*predictive maintenance, anomaly detection, duct fan.*

## I. PENDAHULUAN

Pada saat ini hanya ada 18% peralatan manufaktur yang mengalami kerusakan karena usianya, sementara 82% kerusakan terjadi karena faktor yang tidak terduga (Group, 2014). Kerusakan tidak terduga ini merugikan pihak industri manufaktur diperkirakan sebesar \$ 50 miliar setiap tahunnya (Performance, 2017).

Pada sebagian besar pemeriksaan industri, sulit untuk mengidentifikasi anomali, karena prosesnya yang terlalu kompleks dan dinamis. Apabila tidak dirawat secara memadai, maka dapat mengurangi produktivitas alat sebesar lima hingga dua puluh

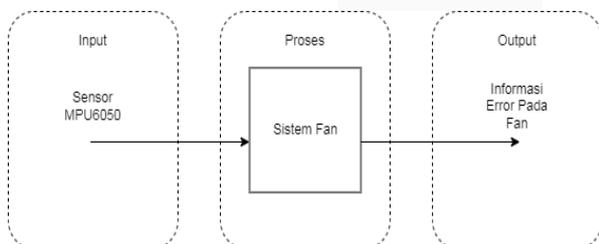
persen (Kamat & Sugandhi, 2020). Program-program *Preventative Maintenance* (PM) ini tidak mengakomodasi dengan revolusi industri terbaru (industri 4.0) (Mulders & Haarman, 2017), yang berarti kegagalan dalam memprediksi masa depan aset sebelum terjadi. *Predictive Maintenance* (PdM) menawarkan potensi untuk mengoptimalkan tugas pemeliharaan secara *real time*, mencegah kegagalan yang tak terduga, memaksimalkan masa kegunaan peralatan dengan tetap menghindari gangguan pada operasi. Selain itu, pemeliharaan ini menjanjikan penghematan biaya dibandingkan dengan program pemeliharaan preventif.

Pada saat ini perkembangan teknologi telah berkembang dengan sangat pesat dengan ditemukannya alat-alat digital dengan kemampuan yang sangat canggih. *Fuzzy logic* merupakan suatu proses pengambilan keputusan berbasis aturan yang bertujuan untuk memecahkan masalah, dimana sistem tersebut sulit untuk dimodelkan atau terdapat ambiguitas dan ketidakjelasan yang berlimpah. *Fuzzy logic* ditentukan oleh persamaan logika dan berasal dari pemikiran yang mengidentifikasi serta mengambil keuntungan dari ketidakjelasan antara dua masukan. Sistem logika *fuzzy* terdiri dari himpunan *fuzzy*, *fuzzy rule*, dan *defuzzifikasi*. Penggunaan *fuzzy logic* sangat mudah dimengerti dengan konsep matematis yang mendasar.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka penulis membuat teknik pemeliharaan atau perawatan berbasis pada kondisi tertentu untuk *duct fan*. Metode yang digunakan terdiri dari tiga fase yaitu, fase pengumpulan data, fase persiapan data, dan fase pelatihan dan prediksi. Fase prediksi terdiri dari membangun pengklasifikasian untuk memprediksi kelainan dan membangun model regresi untuk memprediksi sisa umur dari *duct fan* tersebut. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *fuzzy logic*.

## II. KAJIAN TEORI

### A. Prinsip Kerja



GAMBAR 2.1 Prinsip kerja alat

Pada Tugas Akhir ini akan dirancang sebuah sistem informasi kesalahan atau kerusakan pada *duct fan* berbasis *internet of things* pada industri manufaktur seperti gambar 2.1 prinsip kerja. Dengan dirancangnya sistem ini diharapkan dapat menghemat biaya dan waktu dalam proses pemeliharaan *duct fan* yang dapat diakses melalui *internet* atau *LAN (Local Area Network)*. Prinsip kerja dari sistem ini pertama dibutuhkan input dari sensor pada *duct fan*. Tahap selanjutnya sistem melakukan pengambilan data dari sensor yang terdapat pada *duct fan*. Kemudian data dikirimkan NodeMCU untuk menampilkan informasi yang sudah diperoleh dari sensor. Kemudian tahap terakhir yaitu *output* dari sistem ini adalah tampilan informasi kesalahan pada *duct fan* dan tampilan informasi apa penyebab kesalahan pada *duct fan*.

### B. Pengertian Fan

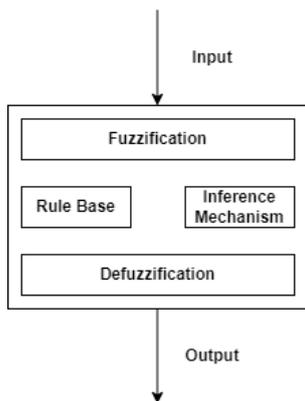
Pengertian fan adalah peralatan yang menyebabkan aliran suatu fluida gas dengan cara menciptakan sebuah beda tekan melalui pertukaran momentum dari bilah fan ke partikel-partikel fluida gas. Impeller fan mengubah energi mekanik rotasional menjadi energi kinetik maupun tekanan dalam fluida gas. Pembagian energi mekanik menjadi energi kinetik dan tekanan yang diciptakan serta efisiensi energi bergantung pada jenis impeller fan yang dirancang. Selain itu fan digunakan untuk memindahkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran (*duct*) dan juga bisa digunakan sebagai pendinginan serta sistem ventilasi ruangan (Handoko, Kardiman, & Santoso, 2022).

Kompresor juga sebagai alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida. Adapun pengertian kompresor adalah mesin atau alat untuk mengambil udara atau gas dari sekitar yang kemudian akan diberi tekanan di dalam tabung kompresor, lalu disalurkan kembali sebagai udara bertekanan. Secara umum kompresor berfungsi untuk menghisap udara dari atmosfer, yang secara fisika merupakan campuran beberapa gas dengan susunan Nitrogen, Oksigen, campuran Argon, Karbondioksida, uap air, minyak dan lainnya.

### C. Teori Fuzzy Logic

Mengenai logika *fuzzy* pada dasarnya tidak semua keputusan dijelaskan dengan 0 atau 1, namun ada kondisi di antara keduanya, daerah di antara keduanya inilah yang disebut dengan *fuzzy* atau tersamar. Secara umum ada beberapa konsep sistem logika *fuzzy* yaitu Himpunan tegas yang merupakan nilai keanggotaan suatu *item* dalam suatu himpunan tertentu, himpunan *fuzzy* yang merupakan suatu himpunan yang digunakan untuk mengatasi kekakuan dari himpunan tegas, fungsi keanggotaan yang memiliki interval 0 sampai 1, variabel *linguistic* yang merupakan suatu variabel yang memiliki nilai berupa kata-kata yang dinyatakan dalam bahasa alamiah dan bukan angka, operasi dasar himpunan *fuzzy* merupakan operasi untuk menggabungkan dan atau memodifikasi himpunan *fuzzy*, aturan (*rule*) *if-then fuzzy* merupakan suatu pernyataan *if-then*, dimana beberapa kata dalam pernyataan tersebut ditentukan oleh fungsi keanggotaan. (Fatahillah, 2017)

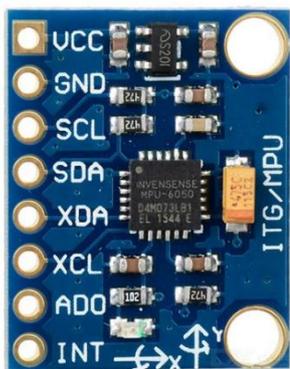
1. Struktur Dasar Logika Fuzzy



GAMBAR 2.2 Diagram Blok Dasar Sistem Logika Fuzzy

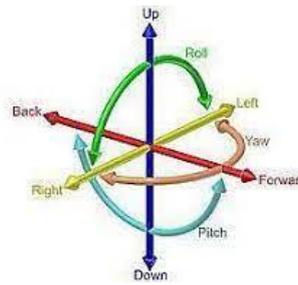
D. Sensor MPU-6050

Sensor yang terpasang merupakan hal yang paling penting dalam perancangan sistem, sensor yang terpasang akan memberikan data kesalahan atau kerusakan pada fan. Terdapat banyak sensor yang dapat digunakan dalam perancangan sistem perawatan fan dan salah satunya adalah sensor MPU6050 (Suprayogi, Fitriyah, & Tibyan, 2019).



GAMBAR 2.3 Sensor MPU6050

MPU-6050 adalah modul sensor yang terdapat dua fungsi didalamnya yaitu, accelerometer dengan mirco-electromechanical system (MEMS) dan gyroscope dengan micro-electromechanical system (MEMS) dalam sebuah chip. Terdapat 16 pin analog yang dilakukan pengkonversian terlebih dahulu untuk menentukan sumbu, sehingga sensor ini dapat bekerja dengan maksimal. Nilai dari sumbu x, y, dan z pada sensor ini dapat diambil secara bersamaan dalam satu waktu. Sensor ini menggunakan Inter Integrated Circuit (interface 12C-bus) sebagai koneksi antara sensor dan Arduino.



GAMBAR 2.4 Titik Kemiringan atau Putaran Pada MPU6050

Pada gambar 2.8 di atas merupakan letak putaran atau kemiringan dari sensor MPU6050. Roll, Pitch, dan Yaw merupakan titik acuan dari kemiringan pada sistem. Gerakan memutar ke samping merupakan istilah dari Roll (berguling). kemudian gerakan memutar ke bawah dan atas merupakan Pitch (mengangguk). Serta gerakan ke samping adalah Yaw (menggeleng).

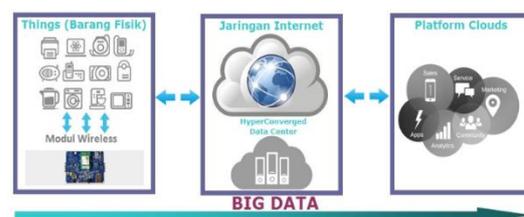
E. Platform Blynk

Blynk merupakan platform untuk IOS maupun ANDROID yang dapat digunakan untuk mengendalikan modul Arduino, Raspberry Pi, Wemos dan modul lainnya melalui internet. Blynk tidak terkait dengan modul tertentu. Aplikasi ini dapat mengontrol apapun dari jarak jauh dengan catatan harus terhubung dengan internet. Hal seperti inilah yang disebut dengan IoT (Internet of Things). (Artiyasa, Rostini, Edwinanto, & Junfithrana, 2020)

F. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah struktur dimana objek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer.

Internet of Things merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerjasama melalui jaringan internet (Burange & Harshal, 2015).



GAMBAR 2.5 Diagram Blok IoT

Dari penjelasan pada Gambar 2.5 Diagram Blok IoT secara sederhana konsep IoT adalah sebuah sensor atau perangkat keras yang mampu mendeteksi seperti deteksi cuaca, pergerakan, suhu, dan sebagainya dikirim melalui modul IoT dengan jaringan internet ataupun menggunakan gateway yang nantinya akan dikirim menuju cloud server IoT.

Dalam sistemnya, Internet of Things (IoT) terdiri dari beberapa layer, diantaranya:

1) Object layer

Layer ini berupa perangkat keras yang berfungsi untuk memperoleh dan mengumpulkan informasi, contohnya berupa sensor atau aktuator.

2) Object Abstraction Layer

Layer ini berfungsi mengirimkan data yang dihasilkan oleh objek layer ke service management layer, melalui media seperti GSM, WiFi, Bluetooth, Infrared, dan lain-lain.

3) Service Management Layer

Layer ini berfungsi sebagai pemrograman aplikasi Internet of Things (IoT) agar dapat bekerja sama dengan berbagai macam objek, selain itu layer ini juga dapat memproses data yang diterima dan membuat keputusan.

4) Application Layer

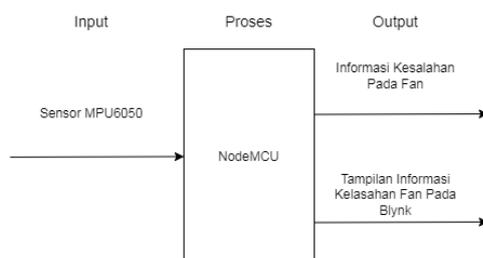
Layer ini menyediakan layanan untuk memenuhi kebutuhan pengguna contohnya melayani sistem smart home, automasi industri, dan layanan lainnya.

5) Business Layer

Layer ini berfungsi untuk mengelola keseluruhan aktivitas dari layanan Internet of Things (IoT), seperti contohnya membangun model grafik, diagram alir, dan lain-lain berdasarkan data yang diterima dari application layer, pada layer ini juga dapat merancang, menganalisa dan mengevaluasi sistem.

### III. METODE

#### A. Desain Sistem



GAMBAR 3.1 Desain Sistem Informasi Kesalahan Fan

Desain sistem yang dirancang pada tugas akhir ini seperti pada Gambar 3.1 Desain Sistem Informasi adalah sistem informasi kesalahan atau kerusakan pada fan berbasis IoT. Sehingga nantinya informasi tentang kesalahan atau kerusakan pada fan dan informasi penyebab kerusakan dapat di akses dari mana saja secara real time. Selanjutnya, untuk di aplikasi Blynk di rancang agar dapat menampilkan penyebab kerusakan pada fan.

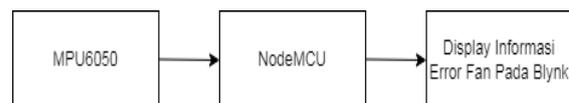
Sistem informasi kesalahan atau kerusakan pada fan yang dirancang memiliki spesifikasi sistem sebagai berikut:

a) Ketika sensor mendeteksi kesalahan pada fan maka sensor akan mengirimkan data jika terdapat kesalahan ataupun error.

b) Jika sensor tidak mendeteksi kesalahan atau error pada fan maka sensor akan mengirimkan data bahwa fan dalam kondisi normal.

c) Sistem akan mengumpulkan data yang didapat dari sensor yang berada di fan dan kemudian akan menampilkan informasi kesalahan yang terdapat pada fan ataupun tidak terdapat kesalahan kemudian mengirimkan data tersebut dan ditampilkan pada Blynk.

#### 1. Diagram Blok Sistem



GAMBAR 3.2 Diagram Blok Sistem Charge Controller

Pada proses perancangan sistem keseluruhan yang terdapat pada Gambar 3.2 Perancangan Sistem Keseluruhan dijelaskan bahwa masukkan dari sensor MPU6050 kemudian akan di proses oleh mikrokontroler untuk membaca data yang telah diterima dari sensor tersebut kemudian mikrokontroler akan mengirimkan data tersebut ke Blynk menggunakan NodeMCU kemudian data dari sensor tersebut akan ditampilkan Blynk.

Output yang dihasilkan nantinya akan menjadi data informasi kesalahan atau error pada fan. Informasi tersebut di proses oleh mikrokontroler dan data yang sudah di proses dikirimkan ke NodeMCU sebagai komunikasi serial pada platform IoT Blynk.

#### B. Desain Perangkat Keras

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai komponen apa saja yang akan digunakan untuk membuat sistem informasi kesalahan pada fan berbasis IoT pada penelitian tugas akhir ini Gambar 3.2 Diagram Perangkat Keras. Perangkat keras yang digunakan pada sistem tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

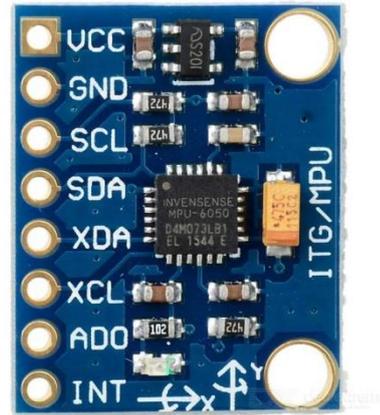
- Fan berukuran 6 inci
- NodeMCU ESP8266
- Sensor MPU 6050

#### 1. NodeMCU ESP8266

Pada sistem ini untuk wifi modul menggunakan NodeMCU ESP8266 pada versi 1.0 dengan ESP 12-E. Komponen ini digunakan untuk mengirim data yang dibaca sensor ke platform IoT yaitu Blynk, Gambar 3.3 NodeMCU ESP8266. Dapat dilihat pada Tabel 3.1 Spesifikasi NodeMCU ESP8266 berikut:

**TABEL 3.1** Spesifikasi NodeMCU ESP8266

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Nama	NodeMCU ESP8266
2	Ukuran Board	57mm x 30mm
3	Tegangan Input	3.3 ~ 5V
4	Banyak Pin	13 Pin
5	Kanal PWM	10 Kanal
6	10 bit ADC Pin	1 Pin
7	Flash Memory	4 MB
8	Clock Speed	40/26/24 MHz
9	WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
10	Frekuensi	2.4 GHz – 22.5GHz
11	USB Port	Micro USB
12	USB to Serial Converter	CH340G



**GAMBAR 3.4** MPU 6050

**C. Desain Perangkat Lunak**

Dalam tugas akhir ini membutuhkan beberapa perangkat lunak untuk mengontrol sistem informasi kesalahan pada fan berbasis IoT pada industri manufaktur, yaitu sebagai berikut:

**1. Flowchart**



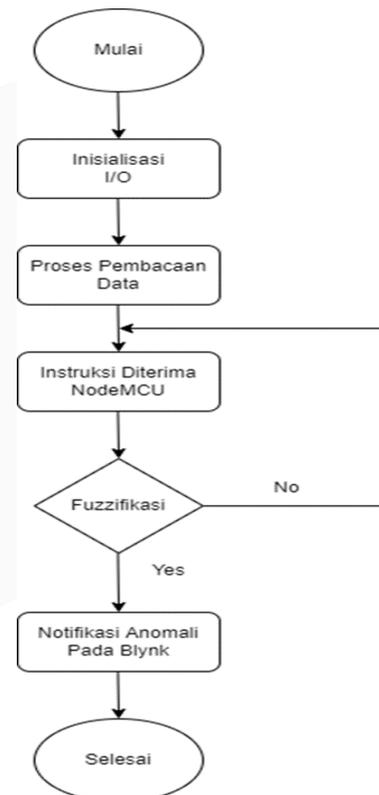
**GAMBAR 3.3** NodeMCU ESP8266

**2. Sensor MPU 6050**

Sensor MPU-6050 digunakan untuk membaca kemiringan sudut dalam satuan derajat dan dapat mengukur getaran dalam nilai akselerasi. Sensor ini memiliki delapan pin, yaitu pin vcc, ground, scl, sda, xda, ado, dan int. Vcc di sambungkan ke pin sda pada arduino dan pin ground dihubungkan ke pin ground arduino (Syahdan Mujahid, 2020). Dapat dilihat pada Tabel 3.2 Spesifikasi Sensor MPU 6050 berikut:

**TABEL 3.2** Spesifikasi Sensor MPU 6050

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Nama	MPU 6050
2	Ukuran	20.3mm x 15.6mm
3	Tegangan Input	3 ~ 5 VDC
4	Banyak Pin	16 Pin
5	Communication Standard	I2C
6	Chip Build In	16 bit AD Converter
7	Acceleration Range	± 2, ± 4, ± 8, ± 16 g
8	Gyroscope Range	± 250 500 1000 2000 <sup>0</sup> /s



**GAMBAR 3.5** Flowchart Sistem

Pada gambar di atas sebagai Flowchart sistem alat kerja:

- a. Start.
- b. Kerja sistem dimulai dari inisiasi input dan output.
- c. Sensor akan memulai pembacaan data getaran pada kipas.
- d. Kemudian data diterima oleh NodeMCU.
- e. Data diolah menggunakan fuzzifikasi untuk mengubah data non-fuzzy menjadi data fuzzy.
- f. Jika data tidak sesuai (No) dengan pembacaan rule atau fuzzifikasi, maka data akan kembali pada proses pembacaan data.
- g. Ketika data sesuai (Yes) dengan pembacaan rule atau fuzzifikasi, maka akan muncul notifikasi anomali pada Blynk.

**2. Blynk**

Blynk adalah platform aplikasi yang dapat diunduh secara gratis untuk IOS maupun ANDROID yang berfungsi untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui internet. Blynk dirancang untuk IoT (Internet of Things) dengan tujuan dapat mengontrol hardware dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya. Terdapat tiga komponen utama dalam platform Blynk yaitu Blynk App, Blynk Server dan Blynk Library. (Supegina & Setiawan, 2017)

**3. Software Arduino IDE**

Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Software Arduino IDE di gunakan untuk melakukan pemrograman untuk memasukkan fungsi-fungsi yang akan di benamkan di dalam arduino. Gambar 3.7 Software Arduino IDE adalah tampilan dari software arduino IDE Listing program Arduino dikenal dengan nama sketch (Yuliantara, 2022).

**D. Perancangan Fuzzy**

**1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy**

Fungsi keanggotaan fuzzy adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut juga dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi fuzzy dalam U, maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut. (Murtadlo, Imaduddin, Herlina, & Salim, 2020)

1. Representasi Linear

Representasi Linear Naik  
Fungsi Keanggotaan:

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

Representasi Linear Turun  
Fungsi Keanggotaan:

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

2. Representasi Kurva Segitiga  
Fungsi Keanggotaan:

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

3. Representasi Kurva Trapesium  
Fungsi Keanggotaan:

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

**2. Pembuatan Rule Fuzzy**

Rule merupakan bentuk implikasi if-then (jika-maka). Implikasi yaitu membentuk aturan yang berupa implikasi fuzzy untuk menyatakan relasi antara input dan output. Di metode Sugeno, aplikasi yang digunakan yaitu min. Pada pembuatan aturan/rule menggunakan IF dan AND yang akan menghasilkan perintah "THEN". Adanya aturan fuzzy yaitu digunakan sebagai penentu output yang berupa notifikasi LED dan pemberitahuan atau tidak adanya notifikasi melalui aplikasi blynk. Penjelasan aturan rule terdapat di tabel 3.3.

TABEL 3.3 Rule Logika Fuzzy

Sum Vektor		Notifikasi
1	2	
normal	normal	led hijau
normal	error	led kuning dan notifikasi
error	error	led merah dan notifikasi

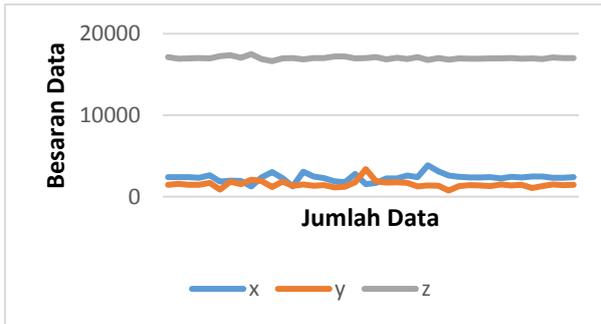
**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Accelerometer Pada Kipas.**

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji pembacaan sensor MPU6050 apakah dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian ini dimulai dari kipas duct fan dengan kondisi normal dan dengan beban isolasi.



GAMBAR 4.1 Grafik MPU6050 Dalam Kondisi Getaran Kipas Normal



GAMBAR 4.2 Grafik MPU6050 Dalam Kondisi Getaran Kipas Dengan Beban Isolasi

Pada gambar 4.1 dapat dilihat pembacaan kipas hidup dengan kondisi tanpa beban dan pada gambar 4.2 dapat di lihat terdapat peningkatan nilai pada grafik, ini menunjukan bahwa sensor membaca dengan baik.

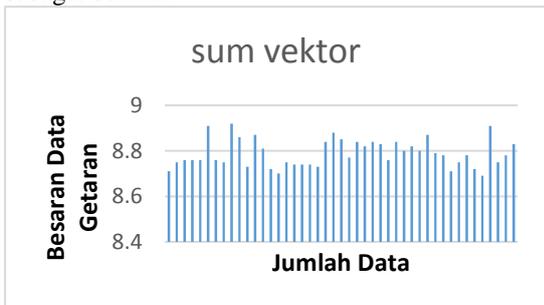
**4.2 Perhitungan Sum Vektor**

Data yang di hasilkan dari 2 pembacaan pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 dapat kita olah dengan mengubah data pembacaan menjadi data sum vektor, ini bertujuan untuk mengetahui penyederhanaan angka. Dengan rumus berikut:

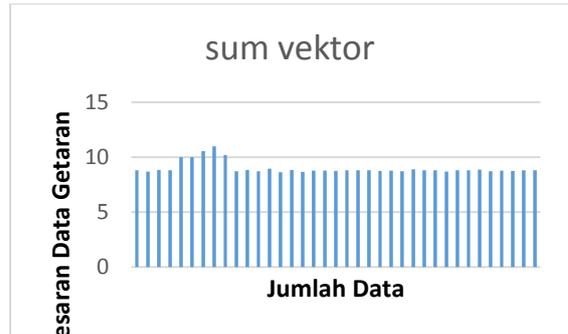
$$s = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

- Keterangan :
- S = hasil
- X = accelero x
- Y = accelero y
- Z = accelero z

Dari rumus di atas di hasilkan data grafik sebagai berikut:



GAMBAR 4.3 Grafik MPU6050 Dalam Kondisi Getaran Kipas Normal



GAMBAR 4.4 Grafik MPU6050 Dalam Kondisi Getaran Kipas Dengan Beban Isolasi

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa rata-rata pembacaan sensor MPU6050 8,78 yang menunjukkan kipas dengan kondisi normal dan pada gambar 4.4 dapat diperhatikan nilai yang mencapai 10 yang menunjukkan terdapat beban pada kipas.

**C. Pengujian Sistem Fuzzy**

**1. Fuzzifikasi**

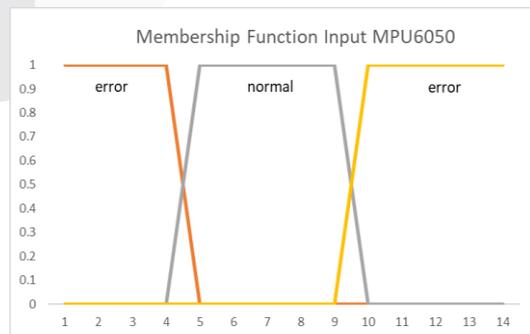
Dalam pengujian sistem fuzzy sensor accelerometer dengan melihat data nilai sum vektor pada serial yang terdapat di monitor Arduino IDE. Percobaan dilakukan dengan 3 kondisi, error, normal dan error dengan cara menonaktifkan LED pada blynk Arduino secara berulang-ulang sebanyak 5 kali.

Fungsi keanggotaannya dirumuskan sebagai berikut:

$$(normal) n = \begin{cases} \frac{x-4}{5-4}, & 1.5 < x \leq 9; \quad 4 < x \leq 5 \\ \frac{10-x}{10-9}, & 2.9 < x \leq 10; \quad 5,9 \geq 10 \end{cases}$$

$$(error) e = \begin{cases} \frac{0-x}{5-4}, & 1.1 < x \leq 4; \quad 4 < x \leq 5; \quad 7 < x \geq 10 \\ \frac{x-9}{10-9}, & 2.2 < x \leq 10; \quad 5,9 < x \end{cases}$$

Fungsi dalam keanggotaan himpunan fuzzy terjatuh dan berdiri dari variabel sum vektor direpresentasikan seperti Gambar 4.5



GAMBAR 4.5 Bentuk Membership Funtion Input

2. Pengujian Fuzzy

Tujuan melakukan pengujian pada proses fuzzy yaitu untuk mengetahui keberhasilan sistem agar dapat menentukan keputusan atau kesimpulan dari sistem yang akan dikirim ke aplikasi BLYNK.

Hasil dan Analisis Pada Tabel 4.1 menggunakan 20 sampel yang sudah didapatkan dengan input dan output yaitu error dan normal. Pengujian dilakukan dengan cara menganalisis dari rumus fuzzy yang telah diterapkan pada sistem yang kemudian memberikan keputusan atau kesimpulan pada output yang sesuai dengan perhitungan fuzzy. Berikut adalah pengujian yang menggunakan perhitungan manual berdasarkan perhitungan fuzzy. Sampel yang akan diambil yaitu pada percobaan pada tabel 4.1.

- Sum vektor : 9,13
- a. Fuzzifikasi
  - Sum Vektor
  - Normal :  $\frac{9,13-4}{5-4} = 5,13$
  - $\frac{10 - 9,13}{10 - 9} = 0,87$
  - Error :  $\frac{0-9,13}{5-4} = 9,13$
  - $\frac{9,13 - 9}{10 - 9} = 0,13$
- b. Defuzzifikasi
  - Output = max(rule0, rule1, rule2)
  - Output = max(0;0,91)
  - Output = max(rule3) = Kondisi ERROR

TABEL 4.1 Hasil Data Pengujian

No.	X	Y	Z	X2	Y2	Z2	SUM VECTOR
1	2420	1288	16884	0.02	0.07	0.91	8.71
2	2400	1668	16920	0.02	0.1	0.91	8.75
3	2360	1488	16936	0.02	0.09	0.91	8.76
4	2248	1480	16932	0.01	0.09	0.91	8.76
5	2440	1408	16936	0.02	0.08	0.91	8.76
6	2324	1452	17112	0.02	0.08	0.93	8.91
7	2316	1432	16932	0.02	0.08	0.91	8.76
8	2260	1444	16928	0.01	0.08	0.91	8.75
9	2336	1388	17116	0.02	0.08	0.93	8.92
10	2384	1352	17056	0.02	0.08	0.92	8.86
11	2440	1504	16896	0.02	0.09	9	10
12	2432	1488	17064	0.02	0.09	0.92	9
13	2364	1460	16992	0.02	0.08	0.92	9.13
14	2364	1408	16892	0.02	0.08	0.91	10
15	2376	1564	16868	0.02	0.09	0.91	9
16	2312	1512	16920	0.02	0.09	0.91	12
17	2380	1444	16908	0.02	0.08	0.91	9
18	2348	1472	16908	0.02	0.09	0.91	12
19	2296	1380	16916	0.02	0.08	0.91	10
20	2304	1540	16896	0.02	0.09	0.91	10
21	2352	1408	17032	0.02	0.08	0.92	9.2

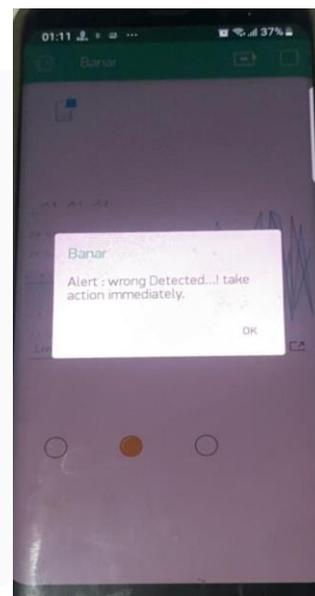
D. Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk menguji kinerja Perancangan Perangkat Deteksi Anomali Pada Kipas Saluran. Peneliti menguji coba sistem mulai dari kerja sensor MPU6050, dilakukan uji coba sistem agar peneliti dapat mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Dari hasil uji coba sistem

menggunakan sensor MPU6050 dapat diketahui bahwa sistem dapat bekerja dengan baik sesuai perintah pada program yang telah dibuat. Hasil uji coba sistem keseluruhan dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini:



GAMBAR 4.6 Notifikasi Pada Blynk Ketika Getaran Kipas Normal



GAMBAR 4.7 Notifikasi Pada Blynk Ketika Kipas Terdapat Anomali

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan ialah:

1. Sistem yang dibuat telah cocok untuk mendeteksi kesalahan pada fan berdasarkan data getaran dari sensor MPU6050.
2. Desain dan implementasi sistem pendeteksi dini anomali sebagai sistem peringatan dini telah dapat mencegah kesalahan atau error

pada fan berdasarkan fuzzifikasi dengan rumus Sum Vektor yang menentukan data untuk menilai batas normal sebesar 0,87 rad/s<sup>2</sup> dan nilai batas error sebesar 0,13 rad/s<sup>2</sup>.

## B. Saran

Setelah melakukan penelitian ini ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan penelitian ini. Beberapa saran sebagai berikut:

1. Butuh lebih banyak pemahaman pada vibrasi agar data yang dihasilkan lebih rapi.
2. Ditambahkan layar LCD untuk pemantauan secara offline.
3. Untuk daya lebih disarankan menggunakan baterai atau powerbank agar lebih fleksibel.
4. Mengganti rangkaian modular MPU6050 dengan rangkaian yang dirancang sendiri agar dapat digunakan untuk sistem yang lebih besar.

## REFERENSI

- Albaghdadi, A. F., & Ali, A. A. (2019). An Optimized Complementary Filter For An Inertial Measurement Unit Contain MPU6050 Sensor. *Iraqi Journal of Electrical and Electronic Engineering*, 72.
- Artiyasa, M., Rostini, A. N., Edwinanto, & Junfithrana, A. P. (2020). APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK. APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK, 3.
- Burange, A. W., & Harshal, D. M. (2015). Review of Internet of Things in development of smart cities with data management & privacy. *International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications*, 189-195.
- Design, P. (2019, March 23). Tipe dan Jenis Fan. Diambil kembali dari Pandawa Design.
- Fatahillah, M. R. (2017). Implementasi Fuzzy Logic Sugeno Untuk Sistem Pemberi Pakan Lele Otomatis Menggunakan Arduino Uno. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 127-134.
- Group, A. A. (2014, November 6). Enterprise Asset Management. Dipetik June 25, 2021, dari arcweb.com: <https://www.arcweb.com/market-studies/enterprise-asset-management>
- Handoko, R., Kardiman, & Santoso, D. T. (2022). Analisis Efisiensi Blower Mesin Pengering Padi dengan Daya Penggerak 1000 RPM dan. Analisis Efisiensi Blower Mesin Pengering Padi dengan Daya Penggerak 1000 RPM dan, 216.
- Kamat, P., & Sugandhi, R. (2020). Anomaly Detection for Predictive Maintenance in Industry 4.0- A survey. *Anomaly Detection for Predictive Maintenance in Industry 4.0- A survey*, 1.
- Mulders, M., & Haarman, M. (2017). *Predictive Maintenance 4.0 Predict the unpredictable*. London: pwc.
- Murtadlo, Z. I., Imaduddin, I. R., Herlina, A., & Salim, A. (2020). Perancangan Kontrol Fuzzy Mamdani Untuk Ketinggian Pusaran Air Pada Basin Silinder Gravitation Water Vortex Power Plant. *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, 1-7.
- Performance, E.-U. T. (2017, January 21). Paid Program: How Manufacturers Achieve Top. Dipetik June 25, 2021, dari partners.wsj.com: <https://partners.wsj.com/emerson/unlocking-performance/how-manufacturers-can-achieve-top-quartile-performance/>
- Rifajar, I., & Fadlil, A. (2021). The Path Direction Control System for Lanange Jagad Dance Robot Using the MPU6050 Gyroscope Sensor. *International Journal of Robotics and Control*, 30.
- Setiabudi, I. (2016). Pengertian Blower. Dalam I. Setiabudi, *Pengertian Blower* (hal. 11-12). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Supegina, F., & Setiawan, E. J. (2017). Rancang Bangun Iot Temperature Controller Untuk Enclosure Bts. *Rancang Bangun Iot Temperature Controller Untuk Enclosure Bts*, 147.
- Suprayogi, A., Fitriyah, H., & Tibyan. (2019). Sistem Pendeteksi Kecelakaan Pada Sepeda Motor Berdasarkan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3079-3085.
- Syahdan Mujahid, B. I. (2020). Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Internet Of Things. *e-Proceeding of Engineering : Vol 7, No.1 April*, 1654.
- Yuliantara, A. R. (2022). Sistem Informasi Lokasi Slot Parkir Kosong Berbasis Internet Of Things Pada Gedung Parkir Bertingkat. *Sistem Informasi Lokasi Slot Parkir Kosong Berbasis Internet Of Things Pada Gedung Parkir Bertingkat*, 35.