

Sistem Monitoring dan Kendali Proteksi Motor 3 Fase Berbasis IoT Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno

Ridho Prananda¹; Lukman Medriavin Silalahi^{1*}

1. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No.1, RT.4/RW.1, Joglo, Kembangan, Jakarta Barat, DKI Jakarta 11650 Indonesia

^{*}Email: lukman.medriavin@mercubuana.ac.id

Received: 06 Februari 2024 | Accepted: 13 Desember 2024 | Published: 10 Januari 2025

ABSTRACT

The problem of this research is the lack of supervision and control of 3-phase motor as vital components in mechanical and electrical systems so that every operating process becomes safe and efficient. Therefore, this research proposes the development of a 3-phase motor system using the Sugeno Fuzzy method and controlled remotely to control motor speed, vibration, temperature, current and voltage control and displayed to the website. Through this system, users can monitor 3-phase motor performance accurately and take necessary actions in case of interference or abnormal conditions. The system also allows optimization of energy use by adjusting the motor speed according to application requirements. This research is expected to contribute to improving the efficiency, reliability, and safety of 3-phase motor operation. By implementing this system, users can reduce unexpected production downtime and optimize preventive maintenance based on data obtained from real-time motor monitoring.

Keywords: Internet of Things (IoT), 3 phase motor, website, motor, monitoring, motor control

ABSTRAK

Masalah riset ini adalah minim pengawasan dan pengendalian motor 3 fase sebagai komponen vital dalam sistem mekanik dan kelistrikan agar setiap proses operasi menjadi aman dan efisien. Oleh sebab itu, riset ini mengusulkan pengembangan sistem motor 3 fase menggunakan metode Fuzzy Sugeno dan dikendalikan secara jarak jauh untuk mengendalikan kecepatan motor, getaran, suhu, kendali arus dan tegangan dan ditampilkan ke website. Melalui sistem ini, pengguna dapat memantau kinerja motor 3 fase secara akurat dan mengambil tindakan yang diperlukan jika terjadi gangguan atau kondisi abnormal. Sistem ini juga memungkinkan optimalisasi penggunaan energi dengan mengatur kecepatan motor sesuai kebutuhan aplikasi. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan operasi motor 3 fase. Dengan menerapkan sistem ini, pengguna dapat mengurangi waktu henti produksi yang tidak terduga dan mengoptimalkan pemeliharaan preventif berdasarkan data yang diperoleh dari pemantauan motor secara real-time.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), motor 3 fase, website, motor, monitoring, motor control

1. PENDAHULUAN

Dalam industri modern, teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membawa inovasi baru dalam pemantauan dan kendali peralatan. Upaya integrasi sensor cerdas dan konektivitas internet berkecepatan tinggi sehingga setiap pengguna dapat memantau dan mengendalikan perangkat dari jarak jauh. Riset ini fokus di motor 3 fase yang merupakan komponen penting industri dikarenakan kemampuan fleksibilitas dan kemudahan akses dalam mengelola sistem industri untuk menjaga produktivitas dan mencegah kerusakan yang dapat menyebabkan waktu henti produksi [1].

Namun, implementasi sistem *monitoring* dan kendali motor 3 fase berbasis IoT masih terbatas. Atas dasar hal itu hipotesis pada riset ini mengusulkan pemantauan parameter penting seperti kecepatan, vibrasi, suhu, arus, dan tegangan motor secara *real-time* sehingga memberikan informasi penting mengenai kinerja motor dan potensi masalah yang mungkin timbul [2].

Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat dengan mudah melacak kinerja motor secara *real-time* dan mendeteksi potensi masalah yang diprediksi dalam upaya pencegahan dan upaya perawatan. Selain itu, pengguna juga dapat mengontrol kecepatan motor sesuai kebutuhan dan mengatur parameter proteksi untuk melindungi motor dari kerusakan lebih lanjut [3].

Beberapa parameter penting yang dipantau dalam operasional motor 3 fase di antaranya adalah proteksi, kontrol kecepatan, vibrasi, temperatur, arus, dan tegangan. Ketidakstabilan pada salah satu parameter tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada motor, berkurangnya efisiensi, hingga berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja [4].

Dengan perkembangan teknologi IoT, terdapat potensi untuk mengintegrasikan semua instrumen pemantauan dalam satu platform yang terpusat. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan, tetapi juga memungkinkan intervensi yang lebih cepat saat terdeteksi adanya masalah. Selain itu, dengan penerapan metode Fuzzy Sugeno, keputusan kendali dapat diambil dengan lebih akurat berdasarkan data-data yang diperoleh [5]. Mengingat pentingnya hal ini, maka dibutuhkan sebuah sistem monitoring dan kendali yang berbasis IoT dengan tampilan melalui *website*, serta mengadopsi metode Fuzzy Sugeno sebagai pendekatan dalam pengambilan keputusan [6], [7].

Tujuan riset ini adalah mengembangkan sistem *monitoring* yang dapat memantau kecepatan, vibrasi, suhu, arus, dan tegangan motor 3 fase secara *real-time* menggunakan teknologi IoT dan mengevaluasi efektivitas integrasi IoT dan menggunakan metode Fuzzy Sugeno dalam meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam pengendalian dan monitoring motor 3 fase.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Kajian literatur

Menurut [8]–[10] konsep *Internet of Things* (IoT) mencakup 3 elemen utama yaitu: benda fisik atau nyata yang telah diintegrasikan pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada *server*. Dalam instalasi kelistrikan, sistem proteksi merupakan bagian terpenting untuk mengamankan peralatan apabila terjadi gangguan pada suatu alat. Sistem proteksi harus mengamankan bagian wilayah yang sedang terganggu dan memisahkan wilayah yang terganggu sehingga tidak memperluas gangguan dan dapat meminimalisasi kerugian yang diakibatkan oleh gangguan yang terjadi.

Motor induksi 3 fase yaitu jenis motor listrik yang berfungsi sebagai penggerak mesin-mesin produksi mempunyai peran penting dalam dunia industri. Sistem kontrol dan sistem proteksi motor listrik selalu dikembangkan, walaupun kerap sesekali terjadi gangguan pada kinerja motor listrik.

Berdasarkan peraturan dan rekomendasi dari *National Electrical Manufacture Association* (NEMA), rated kapasitas dari sebuah motor untuk bekerja dalam keadaan normal adalah memiliki nilai unbalance voltage yang tidak lebih dari satu persen (<1%). Sehingga motor akan dikatakan

normal apabila beroperasi dengan nilai unbalance voltage dibawah 1%. Berdasarkan referensi dari NEMA pula apabila motor memiliki nilai unbalance voltage sebesar 1% maka motor tersebut memiliki nilai unbalance current sebesar 6% – 10% karena satu nilai tegangan yang tidak seimbang setara dengan enam sampai sepuluh kali nilai arus yang tidak seimbang. Selanjutnya pada node controller terdiri dari mikrokontroler NodeMCU ESP-32 sebagai pemroses utama dan relay yang digunakan sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan kendali [11], [12]. Tabel 1 merupakan hasil kajian studi literatur.

Tabel 1. Studi literatur jurnal

No	Judul	Bahasan
1.	Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Arduino [13].	. Menjelaskan tentang implementasi sensor DS18B20 pada alat atau teknologi. . Menjelaskan penunjang pengujian suhu.
2.	Desain dan Simulasi Kontrol Kecepatan Motor dengan Metode Fuzzy [14].	. Pengaturan kecepatan motor dengan metode Fuzzy agar memperoleh hasil yang dinamis. . Desain pengaturan kendali kecepatan motor.
3.	Kontrol Suhu dan Kelembaban dengan Metode Fuzzy Sugeno dan IoT [15].	. Sistem kendali fuzzy untuk mengatur suhu dan kelembaban . Menampilkan suhu dengan aplikasi android.
4	Monitoring Akselerasi Getaran dan Suhu Motor Induksi [16].	. Implementasi dan perancangan Monitoring akselerasi dan suhu motor induksi . Pengambilan data perbandingan antara sensor yang digunakan dengan alat manual.
5	Monitoring dan Controlling Daya Berbasis Arduino dengan Sensor PZEM-004T [17].	. Sistem pengukuran dan Pengontrolan daya listrik yang dirancang dan direalisasikan dengan Sistematis . Memantau dan mengontrol catu daya sistem jika tegangan dan arus lebih besar dari pada nominalnya
6	Simulasi Smart Penggunaan Monitoring Daya Reaktif pada Pabrik dan Mekanisme Overload Shedding pada Motor Induksi dengan IoT [18].	. Dapat mengetahui bahwa pemakaian energi reaktif dapat menyebabkan penalti bagi pelanggan industri . Mengetahui dan mensimulasikan overload sheeding sebagai proteksi pada motor induksi
7	Rancang Bangun Monitoring Motor Brushless DC Berbasis IoT dengan Fuzzy Logic [7].	. Sistem perancangan <i>monitoring</i> motor dengan pengukuran monitoring dan alat ukur . Analisa metode pengujian tanpa menggunakan fuzzy dan dengan menggunakan fuzzy.
8	Monitoring System Motor Induksi 3 Phasa Berbasis IoT [19].	3 . Merancang sistem <i>monitoring</i> dan gangguan pada motor listrik berdasarkan parameter sensor dengan berbasis IoT. . Monitoring untuk mengetahui arus, tegangan dan proteksi yang bekerja jika terjadi gangguan.
9	Smart Control dan Monitoring Sistem Motor Induksi 3 Phasa [20].	. Perancangan sebuah alat sistem kontrol dan monitoring motor induksi 3 fase menggunakan

No	Judul	Bahasan
		ATV12 yang dapat dikendalikan dengan local control ataupun remote
		. Sistem kontrol dan monitoring cerdas motor induksi 3 fase untuk mengatur kecepatan motor berbasis IoT.

2.2 Perancangan

Gambar 1 merupakan blok diagram perancangan untuk monitoring dan kendali motor 3 fase yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Input

Komponen yang digunakan pada input yaitu sensor yang mana dapat mendeteksi atau mengukur perubahan dilingkungan fisik.

2. Proses

Pada kolom proses ada modul ESP-32 difungsikan sebagai proses pengumpulan, pengiriman, atau pengolahan data dalam aplikasi IoT.

3. Output

Pada kolom output ada tampilan website yang mana dapat berfungsi sebagai pengumpulan data dan informasi yang diperoleh dari proses pada modul IoT.

4. Kontrol Daya

Rangkaian kontrol daya pada motor yaitu susunan atau konfigurasi komponen listrik yang memberikan daya atau energi ke motor listrik agar dapat beroperasi.

Adapun fungsi sensor yang digunakan adalah

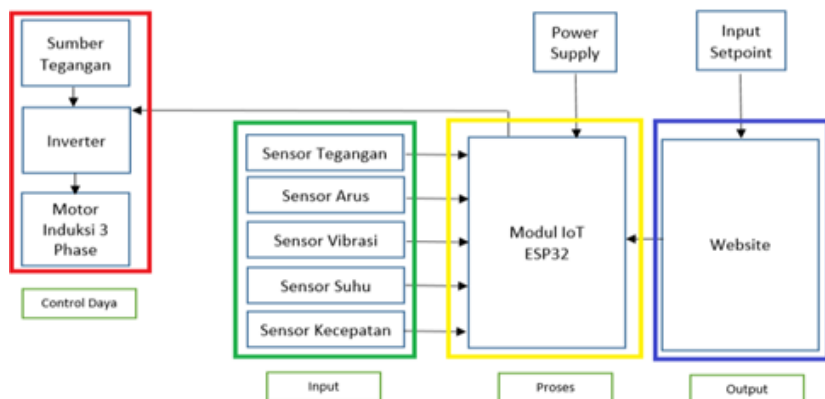
1. Sensor kecepatan merupakan sensor yang mengendalikan kecepatan motor 3 fase.

2. Sensor vibrasi merupakan sebuah sensor yang mendeteksi dan memantau getaran pada motor serta memperoleh informasi tentang kinerja dan kondisi mekanikal motor.

3. Sensor suhu merupakan sebuah sensor yang memantau suhu motor dan memberikan informasi tentang kondisi termal.

4. Sensor arus merupakan sebuah sensor yang memantau arus yang mengalir melalui motor dan memberikan informasi tentang beban arus yang sedang dialami.

5.



Gambar 1. Blok diagram perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Fuzzifikasi

Definisi fuzzifikasi adalah proses untuk mengubah variabel non fuzzy (variabel numerik) menjadi variabel fuzzy (variabel linguistik). Untuk proses fuzzifikasi sugeno baik variabel *crisp input* atau *crisp output* dibagi menjadi satu atau himpunan fuzzy yang lebih. Tingkat keanggotaan yang akan digunakan pada penelitian ini, diantaranya:

1. Fungsi Keanggotaan Variabel Input Tegangan

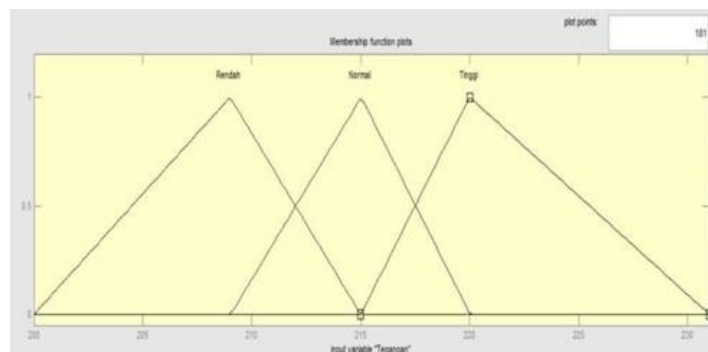
Pada variabel *input* sensor tegangan, terbagi menjadi 3 himpunan keanggotaan, yakni rendah, normal, dan tinggi yang ditunjukkan pada gambar 2.

2. Fungsi Keanggotaan Variabel Input Arus

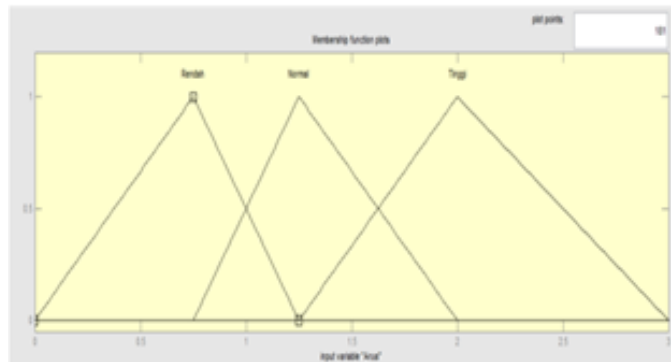
Pada variabel *input* sensor arus, terbagi menjadi 3 himpunan keanggotaan, yakni rendah, normal, dan tinggi yang ditunjukkan pada gambar 3.

3. Fungsi Keanggotaan Variabel Input Vibrasi

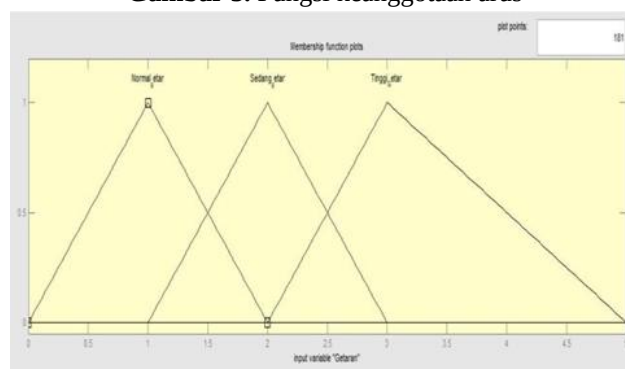
Pada variabel *input* sensor vibrasi, terbagi menjadi 3 himpunan keanggotaan, yakni normal getar, sedang getar, dan tinggi getar yang ditunjukkan pada gambar 4.



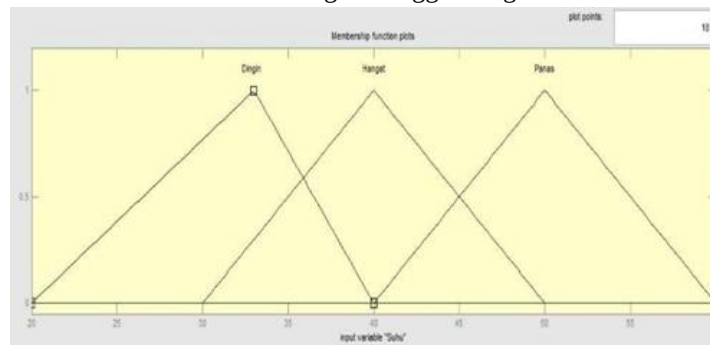
Gambar 2. Fungsi keanggotaan tegangan



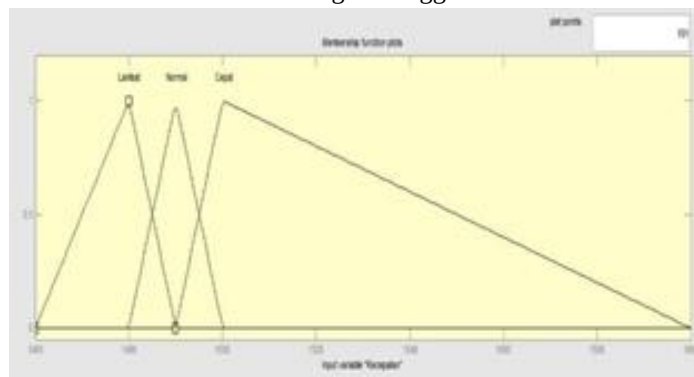
Gambar 3. Fungsi keanggotaan arus



Gambar 4. Fungsi keanggotaan getaran



Gambar 5. Fungsi keanggotaan suhu



Gambar 6. Fungsi keanggotaan kecepatan

4. Fungsi Keanggotaan Variabel Input Suhu

Pada variabel *input* sensor suhu, terbagi menjadi 3 himpunan keanggotaan, yakni dingin, hangat, dan panas yang ditunjukkan pada gambar 5.

5. Fungsi Keanggotaan Variabel Input Kecepatan

Pada variabel *input* sensor kecepatan, terbagi menjadi 3 himpunan keanggotaan, yakni lambat, normal, dan cepat yang ditunjukkan pada gambar 6.

3.2. Inferensi

Inferensi adalah suatu implikasi yang merupakan proses penarikan kesimpulan dari If - And - Then, dalam metode sugeno penarikan kesimpulan menggunakan fungsi implikasi MIN - MAX. Tabel 2 menunjukkan *rule* sistem fuzzy yang telah dirancang dari himpunan fungsi keanggotaan.

Tabel 2. Aturan rule Fuzzy

Tegangan	Arus	Vibrasi	Suhu	Kecepatan	Output
Normal	Normal	Normal	Dingin	Normal	Normal
Normal	Normal	Sedang	Dingin	Normal	Normal
Normal	Normal	Sedang	Hangat	Normal	Normal
Normal	Normal	Sedang	Hangat	Normal	Normal
Rendah	Rendah	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal
Normal	Rendah	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal
Tinggi	Rendah	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal
Rendah	Normal	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal

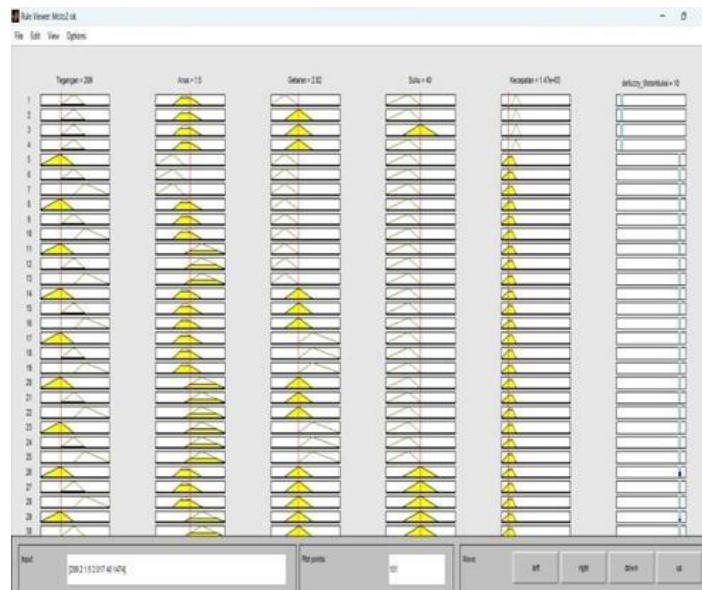
Tegangan	Arus	Vibrasi	Suhu	Kecepatan	Output
Normal	Normal	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal
Tinggi	Normal	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal
Rendah	Tinggi	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal
Normal	Tinggi	Normal	Dingin	Lambat	Abnormal

Untuk perancangan sistem yang terakhir sangat diperlukan demi pemantauan dari keseluruhan operasional sistem yang bekerja dalam monitoring dan proteksi motor 3 fase. Maka, sistem pemantauan yang dapat dibangun adalah perancangan penampil data berbasis IoT pada motor 3 fase dengan monitoring dan proteksi. IoT itu sendiri yang artinya menggunakan media internet dengan komunikasi dua arah (bidirectional) untuk mengirim dan menerima data ke suatu tempat ke tempat yang lain. Maka, alat yang akan digunakan, diantaranya Mikroprosesor ESP 32, PC Server, Media Internet serta aplikasi pendukung untuk membuat webserver, database, dan website dari penggunaan perangkat lunak.

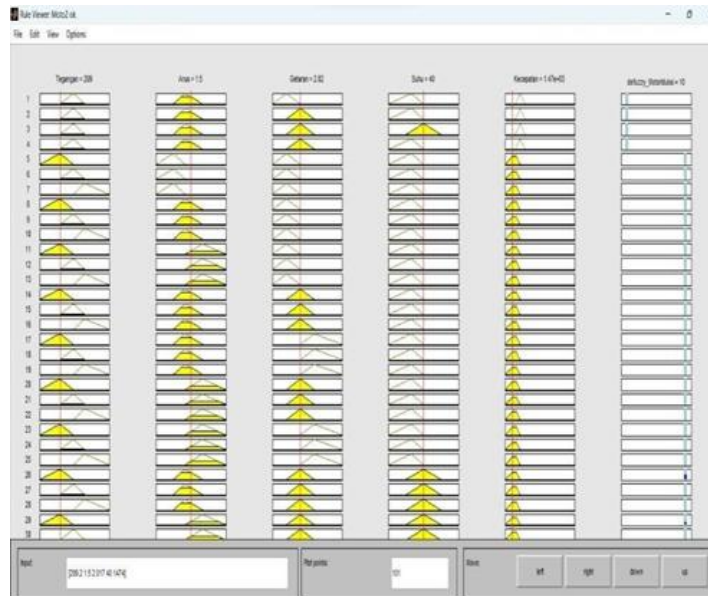
3.2. Analisis Fuzzy

Analisis yang didapatkan dari penggunaan metode inference fuzzy sugeno di aplikasi Matlab terdapat 5 kontrol inputan dan 2 kontrol output pada keanggotaan variabel. Dalam kombinasi rule ini percobaan dengan inputan jika terdapat kondisi nilai tegangan yang tidak normal maka outputnya akan abnormal dan jika nilai tegangan normal output akan tetap normal. Program ini memang dirancang sebagai salah satu yang merupakan kondisi keadaan sensor hal ini ditunjukkan pada gambar 7.

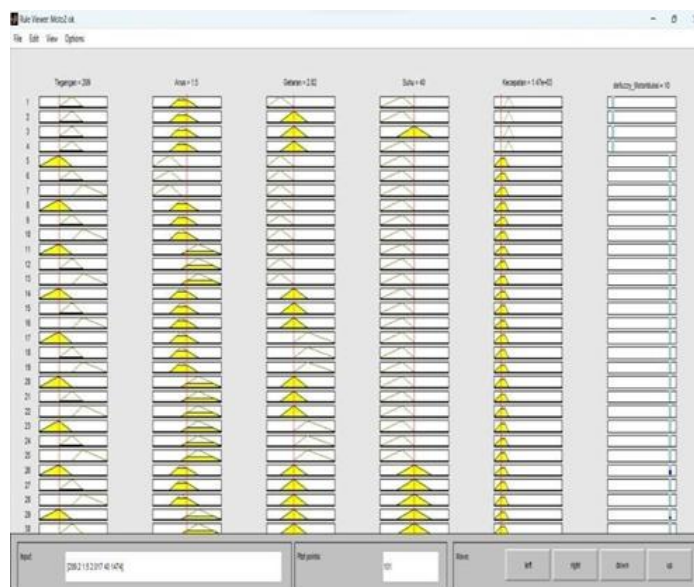
Dalam kombinasi rule ini percobaan dengan inputan jika terdapat kondisi nilai arus yang tidak normal maka outputnya akan abnormal dan jika nilai arus normal output akan tetap normal. Program ini memang dirancang sebagai salah satu yang merupakan kondisi keadaan sensor yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 7. Analisis matlab kontrol tegangan



Gambar 8. Analisis matlab kontrol arus



Gambar 9. Analisis matlab kontrol vibrasi

Gambar 9 menunjukkan hasil kombinasi *rule*, yakni jika terdapat kondisi nilai vibrasi yang tidak normal maka *output* akan abnormal, dan jika nilai vibrasi normal dan sedang, maka *output* tetap normal. Program ini merupakan kondisi keadaan yang ditetapkan pada persamaan yang di tabel 3.

Tabel 3. Aturan fungsi keanggotaan sensor vibrasi

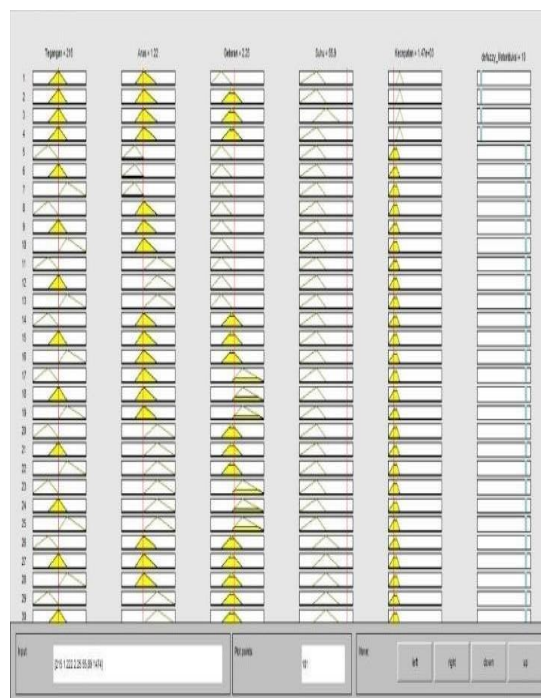
Normal	Sedang	Tinggi
$\mu(0.5) \text{ Normal } 1 =$	$\mu(1.5) \text{ Sedang } 1$	$\mu(2.5) \text{ Tinggi } 1 = a \leq x \leq b$
$= a \leq x \leq b$	$= a \leq x \leq b$	$= (x - a)/(b - a)$
$= (x - a)/(b - a)$	$= (x - a)/(b - a)$	$= (2.5 - 2)/(3 - 2)$
$= (0.5 - 0)/(1 - 0)$	$= (1.5 - 1)/(2 - 1)$	$= 0.5$
$= 0.5$	$= 0.5$	

Normal	Sedang	Tinggi
$\mu(1.5) \text{ Normal } 2 =$	$\mu(2.5) \text{ Sedang } 2 =$	$\mu(3.5) \text{ Tinggi } 2 =$
$b \leq x \leq c$	$b \leq x \leq c$	$= b \leq x \leq c$
$= (x - c)/(c - b)$	$= (x - c)/(c - b)$	$= (x - c)/(c - b)$
$= (1.5 - 2)/(2 - 1)$	$= (2.5 - 3)/(3 - 2)$	$= (3.5 - 5)/(5 - 3)$
$= 0.5$	$= 0.5$	$= 0.7$

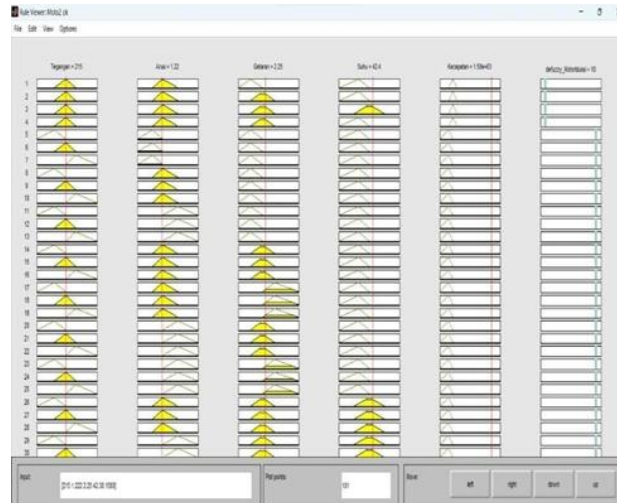
Gambar 10 menunjukkan hasil kombinasi *rule*, yakni jika terdapat kondisi nilai suhu yang high suhu maka outputnya akan abnormal dan jika nilai suhu dingin dan hangat output akan tetap normal. Program ini memang dirancang sebagai salah satu yang merupakan kondisi keadaan sensor yang telah ditetapkan pada persamaan yang dituliskan pada tabel 4.

Tabel 4. Aturan fungsi keanggotaan sensor suhu

Dingin	Hangat	Panas
$\mu(30) \text{ Dingin } 1 =$	$\mu(37) \text{ Hangat } 1 =$	$\mu(45) \text{ Panas } 1 =$
$= a \leq x \leq b$	$= a \leq x \leq b$	$= a \leq x \leq b$
$= (x - a)/(b - a)$	$= (x - a)/(b - a)$	$= (x - a)/(b - a)$
$= (30 - 20)/(33 - 20)$	$= (37 - 30)/(40 - 30)$	$= (45 - 40)/(50 - 40)$
$= 1.4$	$= 0.7$	$= 0.5$
$\mu(37) \text{ Dingin } 2 =$	$\mu(45) \text{ Hangat } 2 =$	$\mu(55) \text{ Panas } 2 =$
$= b \leq x \leq c$	$= b \leq x \leq c$	$= b \leq x \leq c$
$= (x - c)/(c - b)$	$= (x - c)/(c - b)$	$= (x - c)/(c - b)$
$= (37 - 40)/(40 - 33)$	$= (45 - 50)/(50 - 40)$	$= (55 - 60)/(60 - 50)$
$= 0.4$	$= 0.5$	$= 0.5$



Gambar 10. Analisis matlab kontrol suhu



Gambar 11. Analisis matlab kontrol kecepatan

Gambar 11 menunjukkan hasil kombinasi *rule*, yakni jika terdapat kondisi nilai kecepatan *high*, *normal* dan *low*. Kondisi sensor telah ditetapkan pada persamaan yang dituliskan pada tabel 5.

Tabel 5. Aturan fungsi keanggotaan sensor kecepatan

Normal	Sedang	Tinggi
$\mu(1470) \text{ Lambat } 1 =$ $= a \leq x \leq b$ $= (x - a)/(b - a)$ $= (1470 - 1460)/(1480 - 1460)$ $= 0.5$	$\mu(1485) \text{ Normal } 1 =$ $= a \leq x \leq b$ $= (x - a)/(b - a)$ $= (1485 - 1480)/(1490 - 1480)$ $= 0.5$	$\mu(1495) \text{ Cepat } 1 =$ $= a \leq x \leq b$ $= (x - a)/(b - a)$ $= (1495 - 1490)/(1500 - 1490)$ $= 0.5$
$\mu(1485) \text{ Lambat } 2 =$ $= b \leq x \leq c$ $= (x - c)/(c - b)$ $= (1485 - 1490)/(1490 - 1480)$ $= 0.5$	$\mu(1495) \text{ Normal } 2 =$ $= b \leq x \leq c$ $= (x - c)/(c - b)$ $= (1495 - 1500)/(1500 - 1490)$ $= 0.5$	$\mu(1520) \text{ Cepat } 2 =$ $= b \leq x \leq c$ $= (x - c)/(c - b)$ $= (1520 - 1600)/(1600 - 1500)$ $= 0.8$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada hasil kondisi motor dengan keadaan normal sesnor-sensor bekerja dengan baik ini dapat dibuktikan dengan deviasi sensor rata-rata tegangan (0.04%), Arus (0.05%), Suhu (0.07%), Vibrasi (0.06%) dan Kecepatan (0.07%). Sehingga kondisi sensor dikategorikan dalam kondisi baik. Metode Fuzzy Sugeno dalam sistem proteksi memberikan kemampuan deteksi dini terhadap kondisi abnormal, terlihat pada matlab dan rumus bahwaproteksi akan aktif pada nilai 0.5 dari semua sensor yang digunakan. Pada proteksi yang digunakan di dalam motor 3 fase itu dapat berjalan dengan baik dan dapat dibuktikan ketika sensor tegangan over voltage (225 Volt), Over current (2 A), High vibrasi (3), High suhu (500c) dan Overspeed (1500 rpm). Hasil yang ditampilkan pada website dapat memberikan informasi garfik dantabel secara real time. Kemudian pada tabel juga dapat dilihat

proteksi apa yang terlebih dahulu aktif sehingga bisa mengetahui apa gangguan motor 3 fase. Pada kontrol kecepatan motor 3 fase kita dapat mengatur sesuai yang kita inginkan dan butuhkan sehingga efisiensi terhadap kecepatan motor dapat dilakukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada Universitas Mercu Buana atas kesempatan yang diberikan untuk menjalankan penelitian ini. Penghargaan juga teruntuk pihak perusahaan yang telah memberikan wawasan, berkontribusi penting dalam kelancaran dan kesuksesan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Abidin and M. Baha, "Monitoring Dan Proteksi Tegangan Panel 3 Fasa Dengan Menggunakan Sensor Tegangan ZMPT101B," *J. Fak. Tek. Progr. Stud. Tek. Elektro ISSN*, vol. 2502, p. 986, 2017.
- [2] I. Anugrah, "Pengukuran Daya Listrik Menggunakan Sensor ACS712-05A dan Sensor Tegangan ZMPT101B," *Proy. Akhir. Yogyakarta PPs Jur. Pendidik. Tek. Elektro Univ. Negeri Yogyakarta*, 2017.
- [3] H. Iskandar, I. Prasetya, I. Arifin, and A. Triaji, "a Prototipe Kendali Lampu Jarak Jauh untuk Home Automation Systems Berbasis Arduino Mega dan Android Application," *SNIA (Seminar Nas. Inform. dan Apl.*, vol. 3, pp. F1--7, 2018, [Online]. Available: <https://snia.unjani.ac.id/web/index.php/snia/article/view/37>
- [4] H. R. Iskandar, E. Juniarto, and N. Heryana, "Sistem Monitoring dan Data Logging Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Blynk Cloud Server," *J. Tek.*, vol. 17, no. 2, pp. 94–101, 2018.
- [5] A. Muchtar, U. Muhammad, and A. Mariyah, "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Motor Listrik 3 Fasa Berbasis Java Programing," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [6] S. Mushoffa, "Rancang Bangun Kontrol Motor Induksi 3 Fasa dan Sistem Monitoring Berbasis IoT," *Skripsi. Jakarta PPs Univ. Pendidik. Indones.*, 2018.
- [7] Y. A. NASUTION and S. I. HARYUDO, "RANCANG BANGUN MONITORING MOTOR BRUSHLESS DC BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN KONTROL FUZZY LOGIC," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 9, no. 2 SE-Articles, Jan. 2020, doi: 10.26740/jte.v9n2.p%p.
- [8] I. U. V. Simanjuntak, H. Heryanto, A. W. Dani, K. S. Salamah, L. M. Silalahi, and M. Marsuki, "Analysis Of Solar Power Public Street Lighting Optimization With Pvsyst Software In A Residential Complex Area," *Int. J. Electron. Telecommun.*, vol. 70, no. 3, pp. 743–749, 2024, [Online]. Available: <https://ijet.pl/index.php/ijet/article/view/10.24425-ijet.2024.149604>
- [9] S. Budiyanto, L. M. Silalahi, A. Adriansyah, U. Darusalam, S. Andryana, and A. D. Rochendi, "Development of Internet of Things Based Fertigation System for Improving Productivity of Patchouli Plantation," in *2021 3rd International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS)*, 2021, pp. 230–233.
- [10] F. A. Silaban, R. Elmianto, and L. M. Silalahi, "Build Smart Home Controls Using Wemos Microcontroller-Based Telegram App," *CCIT (Creative Commun. Innov. Technol. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 01–12, 2021, doi: <https://doi.org/10.33050/ccit.v14i1.802>.
- [11] S. Budiyanto, L. M. Silalahi, I. U. Vistalina Simanjuntak, F. A. Silaban, G. Osman, and A. D. Rochendi, "Smart Door Lock Prototype Design at Internet of Things-Based Airport," in *2022*

- 5th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, 2022, pp. 331–334. doi: 10.1109/IC2IE56416.2022.9970074.
- [12] L. M. Silalahi, A. D. Rochendi, I. Kampono, M. Husni, R. Sutiadi, and others, “Alat Bantu Training Elektronika Berbasis Internet Of Things dengan Logika Fuzzy Menggunakan NODEMCU,” *KILAT*, vol. 10, no. 2, pp. 287–300, 2021.
- [13] M. Huda and W. Kurniawan, “ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 02 SE-Articles, Jul. 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-rekayasa-mesin/article/view/47897>
- [14] A. T. Wahyudi, “Desain dan simulasi kontrol kecepatan motor bldc menggunakan metode fuzzy--pid controller untuk aplikasi sepeda motor listrik,” *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2018.
- [15] A. R. Sari, “SISTEM KONTROL SUHU DAN KELEMBABAN PADA PROTOTYPE RUANGAN DENGAN METODE FUZZY SUGENO MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER WEMOS D1 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” Universitas Diponegoro, 2021. [Online]. Available: <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/12824/>
- [16] D. K. Riyanto, P. Asri, and A. T. Nugraha, “Monitoring Akselerasi Getaran dan Suhu Motor Induksi ,” *Elektriese J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 11, no. 01 SE-, pp. 33–39, Jul. 2022, doi: 10.47709/elektriese.v11i01.1626.
- [17] A. Syhari and A. Bintoro, “Monitoring dan Controlling Daya Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor PZEM-004T,” *J. Energi Elektr.*, vol. 12, no. 1, pp. 43–51, 2023.
- [18] K. A. P. Wicaksana, “SIMULASI SMART MONITORING PENGGUNAAN DAYA REAKTIF PADA PABRIK DAN MEKANISME OVERLOAD SHEDDING PADA MOTOR INDUKSI YANG TERINTEGRASI DALAM IOT MENGGUNAKAN UBIDOTS,” Universitas Diponegoro, 2021. [Online]. Available: <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/13023/>
- [19] R. F. Aryo, B. Winarno, and S. A. Pambudi, “Monitoring System Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Internet of Things,” *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, vol. 6, no. 2 SE-Articles, pp. 47–50, Oct. 2021, [Online]. Available: <https://journal.pnm.ac.id/index.php/jeecae/article/view/329>
- [20] A. A. T. T. A. A. M. Yuhendri, “Smart Control and Monitoring System Motor Induksi 3 Fasa,” *J. Tek. Elektro Indones.*, no. Vol 4 No 1 (2023): JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, pp. 115–124, 2023, [Online]. Available: <http://jtein.ppj.unp.ac.id/index.php/JTEIN/article/view/374/159>