

# Simulasi Logika Fuzzy Percepatan Motor Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

<sup>1</sup>Idzar Rachmad Dhani

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo Madura, Bangkalan  
<sup>1</sup>idzarrachmaddhani@gmail.com

**Abstract** - Piezoelectricity is defined as an ability possessed by some crystals or certain other materials that can produce electrical stress when subjected to stress or strain treatment. Piezoelectricity is a reversible effect. A stepper motor is an electrical machine tool that converts electrical signals into discrete mechanical motion. The microcontroller is stored as the 'brain' that controls the input, process and output of an electronic circuit. Piezoelectric sensors are the main components that run the motor measurement system as a motor output command. The piezoelectric sensor processes the speed according to a predetermined program to control the output in the form of a motor, LCD, and LED. LCD is used as a sign that the motor is at what speed. Fuzzification is the first step in the fuzzy logic method. This stage is done by changing the value (numeric) into a fuzzy set using a membership function. Fuzzy rules are created based on the desired state. Defuzzification is the final stage in the design of fuzzy logic. Fuzzy logic will light up on the motor after receiving input data from the piezoelectric sensor. When the piezoelectric pressure sensor is on, the motor is moving slowly and the green LED is on. when the piezoelectric pressure sensor is on, the motor moves and the yellow LED lights up. When the piezoelectric sensor pressure is high, the motor moves quickly and the red LED lights up.

**Keywords** — Piezoelectric, Fuzzy Logic, Electronics, Microcontroller, Motion.

**Abstrak** — Piezoelektrik didefinisikan sebagai suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal maupun bahan-bahan tertentu lainnya yang dapat menghasilkan tegangan listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan atau regangan. Piezoelektrik adalah suatu efek yang reversibel. Motor Stepper adalah alat mesin listrik yang mengubah sinyal listrik ke dalam gerakan mekanis diskrit. mikrokontroler simpan sebagai 'otak' yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Sensor Piezoelektrik merupakan komponen utama yang menjalankan sistem pengukuran motor sebagai perintah output motor. Sensor piezoelektrik memproses kecepatan sesuai dengan program yang sudah ditentukan untuk mengendalikan output berupa motor, LCD, dan LED. LCD digunakan sebagai tanda bahwa motor dalam kecepatan berapa. Fuzzifikasi merupakan tahap awal yang dilakukan dalam metode logika fuzzy. Tahap ini dilakukan dengan proses mengubah nilai (numerik) menjadi himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan (membership function). Aturan fuzzy dibuat berdasarkan keadaan yang diinginkan. Defuzzifikasi merupakan tahap akhir dalam perancangan logika fuzzy. Logika fuzzy akan menyala pada motor setelah menerima input data dari sensor piezoelektrik. Ketika sensor tekanan piezoelektrik maka motor bergerak lambat dan dipimpin yang berwarna hijau. ketika

sensor tekanan piezoelektrik sedang maka motor bergerak dan led yang berwarna kuning akan menyala. Ketika tekanan sensor piezoelektrik tinggi maka motor bergerak cepat dan led yang berwarna merah akan menyala.

**Kata Kunci** — Piezoelektrik, Logika Fuzzy, Elektronik, Mikrokontroler, Gerakan.

## I. PENDAHULUAN

Tinjauan pustaka, pada peranan sistem kontrol dengan menggunakan logika fuzzy terdapat tiga proses, yaitu fuzzifikasi, logika pengambilan keputusan atau evaluasi rule dan defuzzifikasi. Masing-masing proses tersebut akan mempengaruhi respon sistem yang dikendalikan. Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam suatu sistem logika fuzzy dengan bertujuan mengkonversi setiap hasil dari inference engine yang diekspresikan dalam bentuk fuzzy set ke suatu bilangan real. Hasil konversi tersebut merupakan aksi yang diambil oleh sistem kendali logika fuzzy. Karena itu, pemilihan metode defuzzifikasi yang sesuai juga turut mempengaruhi sistem kendali logika fuzzy dalam menghasilkan respon yang optimum. Dalam penelitian ini menggunakan metode sugeno dan diperoleh hasil bahwa metode defuzzifikasi yang terbaik sangat tergantung pada perancangan fungsi keanggotaan dan basis aturan fuzzy yang digunakan [1].

Logika fuzzy merupakan suatu metode yang tepat untuk memetakan atau membuat suatu blok input kedalam suatu blok output. Titik awal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1965), dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki obyek-obyek dari himpunan fuzzy yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan fuzzy, dan bukan dalam bentuk logika benar (true) atau salah (false), tapi dinyatakan dalam derajat (degree). Konsep seperti ini disebut dengan Fuzziness dan teorinya dinamakan Fuzzy Set Theory. Fuzziness dapat diartikan sebagai logika kabur berkenaan dengan semantik dari suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri [2].

Berdasarkan teori efek piezoelektrik pertama, dirancang aktuator sensor piezoelektrik, dimana sensor piezoelektrik dirancang sesuai dengan prinsip efek piezoelektrik positif, dan aktuator piezoelektrik dirancang dengan efek piezoelektrik terbalik [3]. Dengan kemajuan studi tentang efek multipiezoelektrik, menjadi mungkin untuk

mengintegrasikan struktur dan fungsi sensor dengan aktuator ke dalam elemen piezoelektrik tunggal. Dalam makalah ini, objek pemodelan utama dalam kuarsa piezoelektrik dan motor, aktuator sensor terintegrasi dianalisis dan disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak elemen hingga di awal efek piezoelektrik positif, dan hasilnya menunjukkan bahwa piezoelektrik dan kuarsa keramik dapat mewujudkan untuk mengintegrasikan fungsi sensor dan aktuator sesuai dengan prinsip efek multi-piezoelektrik, sedangkan aktuator tidak lagi memerlukan daya penggerak khusus untuk keramik piezoelektrik dengan akurasi tinggi. Oleh karena itu, penelitian tentang fungsi sensor-aktuator terintegrasi berbasis efek multipiezoelektrik lebih penting dalam praktiknya. Piezoelektrisitas adalah sebuah fenomena saat sebuah gaya yang diterapkan pada suatu segment bahan menimbulkan muatan listrik pada permukaan segmen bahan tersebut yang disebabkan oleh adanya distribusi muatan listrik pada sel - sel kristal. Nilai koefisien muatan piezoelektrik berada pada rentang 1 – 100 pico coloumb/Newton [4].

Piezoelektrik didefinisikan sebagai suatu kemampuan yang dimiliki sebagian kristal maupun bahan-bahan tertentu lainnya yang dapat menghasilkan tegangan listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan atau regangan. Piezoelektrik adalah suatu efek yang reversibel, dimana terdapat efek piezoelektrik langsung (direct piezoelectric effect) yaitu produksi potensial listrik akibat adanya tekanan mekanik dan efek piezoelektrik balikan (converse piezoelectric effect) yaitu produksi tekanan akibat pemberian tegangan listrik yang menghasilkan perubahan dimensi [5].

Salah satu metode dalam mengendalikan kecepatan motor listrik adalah menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC). FLC terbukti efektif untuk proses yang kompleks, non-linear dan proses yang tidak mungkin diterapkan dengan sistem kontrol berbasis model biasa [6]. Namun, FLC tidak akan mendapatkan hasil yang optimal hanya dengan metode trial-and-error [6]. Beberapa upaya telah dilakukan untuk memecahkan masalah ini dengan menyederhanakan penalaan parameter fuzzy dan mengembangkan aturan-aturan baru dalam FLC sehingga FLC dapat optimal dan mampu diterapkan pada semua aplikasi bidang kontrol.

Aktuator adalah bagian yang berfungsi sebagai penggerak dari perintah yang diberikan oleh input. Salah satu jenis dari aktuator listrik adalah Motor Stepper. Dimana motor stepper dapat meningkatkan kecenderungan terhadap kendali digital dari mesin-mesin dan berfungsi menghasilkan suatu permintaan untuk peranti-peranti mekanis, serta mampu mengirimkan gerakan-gerakan yang inkremental dengan ketelitian yang dapat diprediksi. Motor Stepper adalah salah satu alat mesin listrik yang mengubah sinyal-sinyal listrik ke dalam gerakan-gerakan mekanis diskrit. Batang atau spindel dari suatu motor stepper berputar disebabkan kenaikan-kenaikan langkah diskrit ketika sinyal listrik berada di dalam urutan yang tepat. Urutan sinyal pulsa yang diterapkan secara langsung dihubungkan dengan arah rotasi spindle motor.

Kecepatan dari rotasi spindel motor dihubungkan dengan frekuensi dari sinyal masukan dan panjang rotasi secara langsung berhubungan dengan nomor sinyal masukan.

Motor DC memiliki jenis yang beragam mulai dari tipe magnet permanen, seri, shunt ataupun jenis magnet kompon. Tipe motor DC diimplementasikan berdasarkan jenis magnet yang digunakan. Kelebihan motor DC memiliki torsi yang tinggi, tidak memiliki kerugian daya reaktif dan tidak menimbulkan harmonisa pada sistem tenaga listrik yang mensuplainya. Selain torsi motor DC juga memiliki akurasi kontrol yang tinggi sehingga motor DC sering digunakan untuk aplikasi servo seperti pengendali kecepatan pemintal benang atau pengendali posisi antenna penerima satelit [7].

Arduino merupakan perangkat keras sekaligus perangkat lunak yang memungkinkan siapa saja melakukan pembuatan prototipe suatu rangkaian elektronika yang berbasis mikrokontroler dengan mudah dan cepat. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronika dapat membaca input, memproses input tersebut dan kemudian menghasilkan output sesuai yang diinginkan. Jadi mikrokontroler bertugas sebagai otak yang mengendalikan input, proses dan output sebuah rangkaian elektronika. Arduino uno mempunyai beberapa pin digital input dan output diantaranya sebagai penghubung USB, pengontrol sumber tegangan, serta sebuah tombol untuk melakukan reset. Kabel USB digunakan sebagai media penghubung antara Arduino dan PC sekaligus menjadi sumber catu daya yang diperoleh dari PC [8].

Pada simulasi kali ini kami akan mensimulasikan menggunakan software proteus dengan plot data pada matlab.

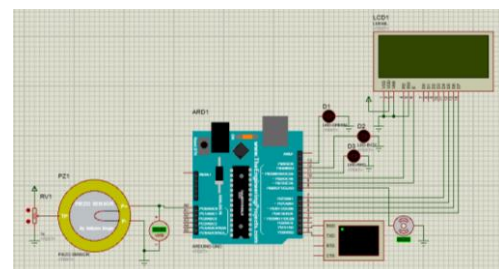
## II. METODE PENELITIAN

### A. Metode

Metode yang digunakan pada simulasi ini adalah mengetahui percepatan pada motor dengan menggunakan sensor piezoelektrik. Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software proteus. Menggunakan beberapa komponen yaitu sensor piezoelektrik, motor, LCD, LED.

### B. Gambar dan Tabel

Perancangan perangkat untuk perancangan mengukur kecepatan motor dengan sensor piezoelektrik dibuat dalam bentuk rangkaian pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Mengukur Kecepatan Motor Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno

Pada gambar 1, Sensor Piezoelektrik merupakan komponen utama yang menjalankan sistem pengukuran motor sebagai perintah output motor. Sensor piezoelektrik memproses kecepatan sesuai dengan program yang sudah ditentukan untuk mengendalikan output berupa motor, LCD, dan LED. LCD digunakan sebagai tanda bahwa motor dalam kecepatan berapa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

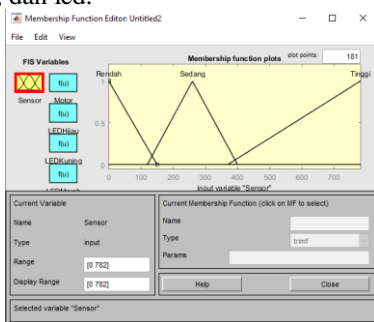
Pada Penggunaan sensor piezoelektrik pada simulasi ini sebagai suatu pengambil keputusan untuk menentukan berapa cepat dalam berputar pada motor. motor merupakan perangkat elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerakan berputar. Sensor piezoelektrik sebagai input yang dihubungkan dengan mikrokontroler arduino uno dan outputnya yang terdiri dari motor, LCD, LED, dan layar display. Kegunaan LED ini agar bisa mengetahui kecepatan pada motor. Untuk mempermudah mengetahui kondisi pada motor, maka dilakukan pergantian warna LED dari nilai sensor menjadi nilai motor. Pada rumus 1. merupakan rumus untuk konversi nilai sensor menjadi nilai motor. Sensor ini mempunyai kemampuan yang dimiliki sebagian kristal maupun bahan-bahan tertentu lainnya yang dapat menghasilkan tegangan listrik jika mendapatkan perlakuan tekanan atau regangan.

$$\text{Nilai Motor} = \frac{\text{Nilai Tinggi} - \text{Nilai Tengah}}{0,73} \quad (1)$$

Perancangan logika fuzzy pada Percepatan Motor Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno memiliki tiga tahapan sesuai dengan aturan yang berlaku, yaitu fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, dan defuzzifikasi. Tahapan-tahapan tersebut dijabarkan sebagai berikut.

A. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahap awal yang dilakukan dalam metode logika fuzzy. Tahap ini dilakukan dengan proses mengubah nilai crisp (numerik) menjadi himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan (membership function). Dalam perancangan sistem ini menggunakan satu input, yaitu sensor piezoelektrik. Output yang diinginkan adalah motor, dan led.

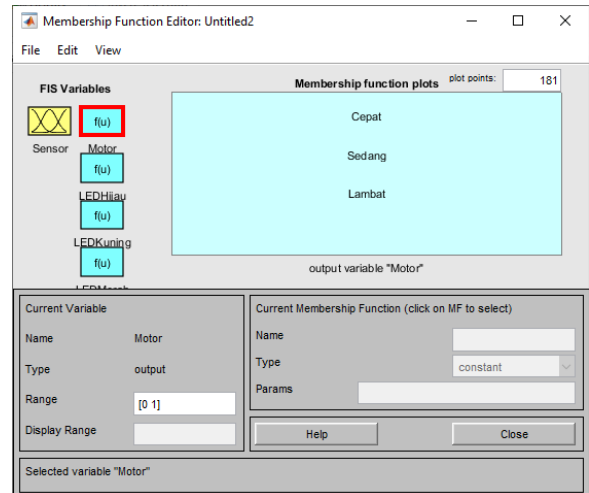


Gambar 2. Input Sensor Piezoelektrik

Tabel 1. Nilai Sensor Piezoelektrik

| Nilai     | Kondisi        |
|-----------|----------------|
| 0 – 150   | Tekanan Rendah |
| 120 – 400 | Tekanan Sedang |
| 370 - 782 | Tekanan Tinggi |

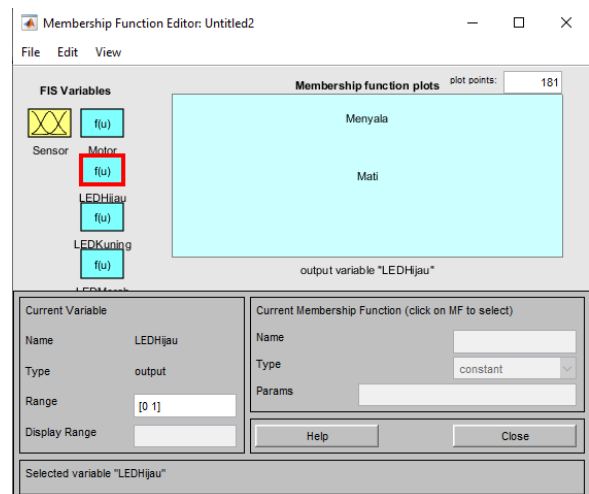
Untuk output pada fungsi keanggotaan, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.



Gambar 3. Output Motor

Tabel 2. Output Motor

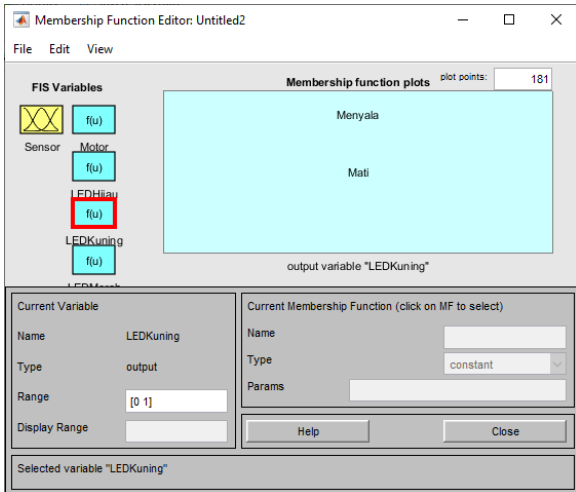
| Nilai | Kondisi      |
|-------|--------------|
| 85    | Motor Lambat |
| 170   | Motor Sedang |
| 225   | Motor Cepat  |



Gambar 4. Output LED Hijau

Tabel 3. Output LED Hijau

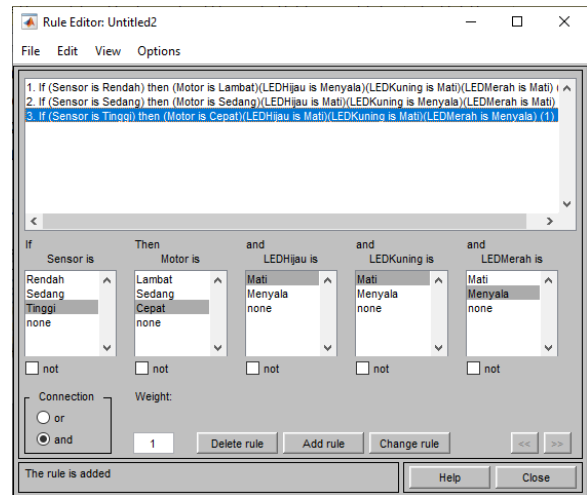
| Nilai | Kondisi |
|-------|---------|
| 0     | Mati    |
| 1     | Menyala |



Gambar 5. Output LED Kuning

Tabel 4. Output LED Kuning

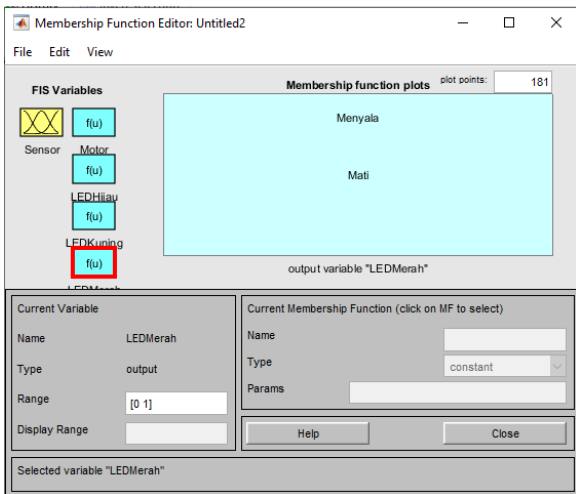
| Nilai | Kondisi |
|-------|---------|
| 0     | Mati    |
| 1     | Menyala |



Gambar 7. Rules Matlab

Tabel 6. Aturan Fuzzy

| No. | Input  | Output |           |            |           |
|-----|--------|--------|-----------|------------|-----------|
|     | Sensor | Motor  | LED Hijau | LED Kuning | LED Merah |
| 1.  | Rendah | Lambat | Menyala   | Mati       | Mati      |
| 2.  | Sedang | Sedang | Mati      | Menyala    | Mati      |
| 3.  | Tinggi | Cepat  | Mati      | Mati       | Menyala   |



Gambar 6. Output LED Merah

Tabel 5. Output LED Merah

| Nilai | Kondisi |
|-------|---------|
| 0     | Mati    |
| 1     | Menyala |

**B. Aturan Fuzzy (Fuzzy Rule)**

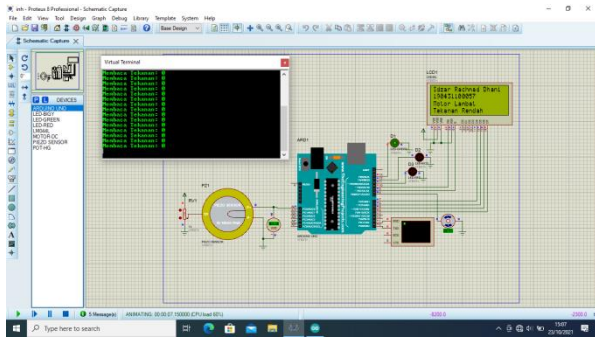
Aturan fuzzy dibuat berdasarkan keadaan yang diinginkan. Aturan fuzzy dibuat dalam bentuk tabel 6. dibawah ini. Untuk input sensor piezoelektrik ada tiga nilai linguistik yaitu tekanan rendah, sedang, dan tinggi. Sedangkan output motor ada tiga nilai linguistik, yaitu lambat, sedang, dan cepat. Output LED ada tiga warna, yaitu hijau, kuning, dan merah. Jadi ada 3 aturan fuzzy yang akan diperoleh. Aturan fuzzy dibuat dengan fungsi *IF – THEN*.

**C. Defuzifikasi**

Defuzifikasi merupakan tahap akhir dalam perancangan logika fuzzy. Tahap ini merupakan tahap penegasan input. Penegasan ini diperoleh dari aturan-aturan fuzzy, sedangkan outputnya adalah bilangan pada domain himpunan fuzzy. Metode yang digunakan dalam defuzifikasi adalah metode COG (Center of Gravity)

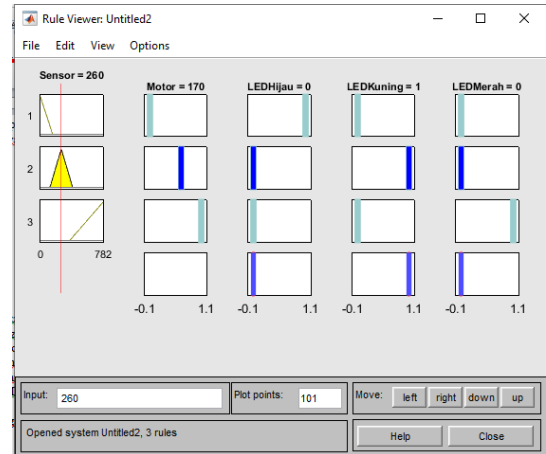
$$COG = \frac{\mu(1)*Output(1) + \mu(2)*Output(2) + \mu(3)*Output(3)}{\mu(1) + \mu(2) + \mu(3)} \quad (2)$$

Pada proses ini komponen diletakkan sesuai dengan fungsinya masing-masing sehingga sistem dapat bekerja dengan baik. Proses perakitan dilakukan sesuai dengan gambar 1. Rangkaian Perancangan Mengukur Kecepatan Motor Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. Logika fuzzy akan diproses pada motor setelah menerima input data dari sensor piezoelektrik. Sehingga motor dapat mengathui kecepatannya berputar dengan diberi tanda pada led. Berikut ini dilakukan pengujian logika fuzzy pada gambar 1. Rangkaian Perancangan Mengukur Kecepatan Motor Menggunakan Sensor Piezoelektrik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno menggunakan software Proteus serta juga simulasi logika fuzzy sugeno pada Matlab.



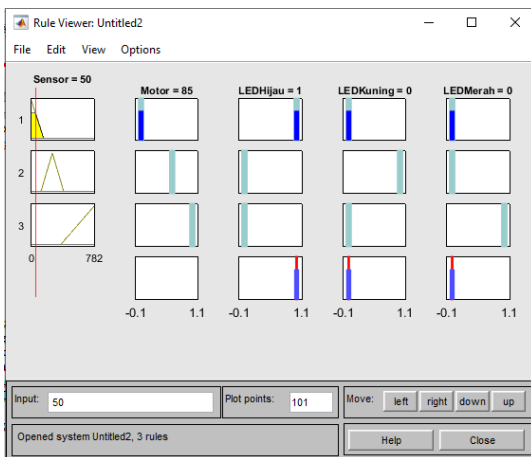
Gambar 8. Hasil Simulasi Proteus Rangkaian Mengukur Kecepatan Motor 1

Pada gambar 8. di atas Ketika tekanan sensor piezoelektrik rendah maka motor bergerak lambat dan led yang berwarna hijau akan menyala.



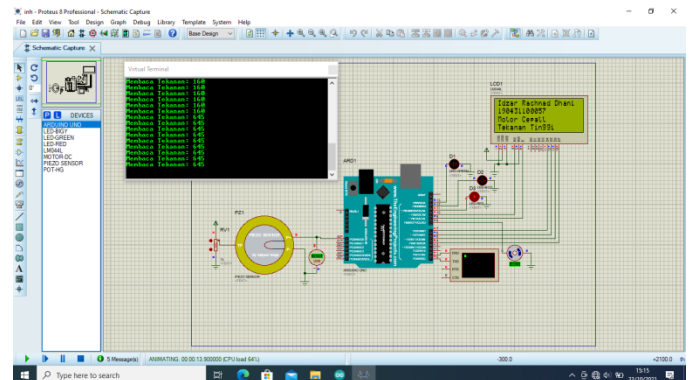
Gambar 11. Hasil Simulasi Logika Fuzzy Mengukur Kecepatan Motor Matlab 2

Pada gambar 11. didapati nilai pembacaan tekanan sensor piezoelektrik sebesar 260 dan nilai motor sebesar 170. Ditandai dengan LED Hijau mati, LED Kuning menyala, dan LED Merah mati.



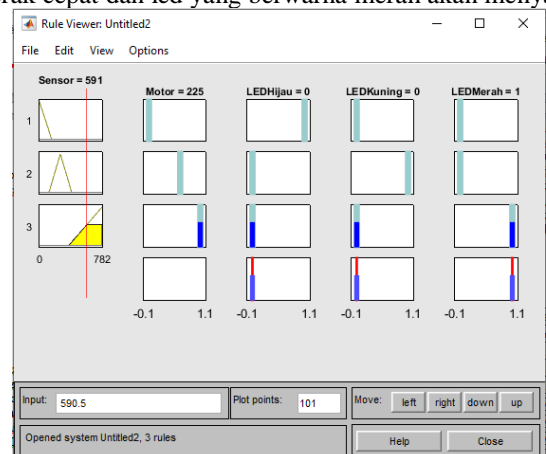
Gambar 9. Hasil Simulasi Logika Fuzzy Mengukur Kecepatan Motor Matlab 1

Pada gambar 9. didapati nilai pembacaan tekanan sensor piezoelektrik sebesar 50 dan nilai motor sebesar 85. Ditandai dengan LED Hijau menyala, LED Kuning mati, dan LED Merah mati.

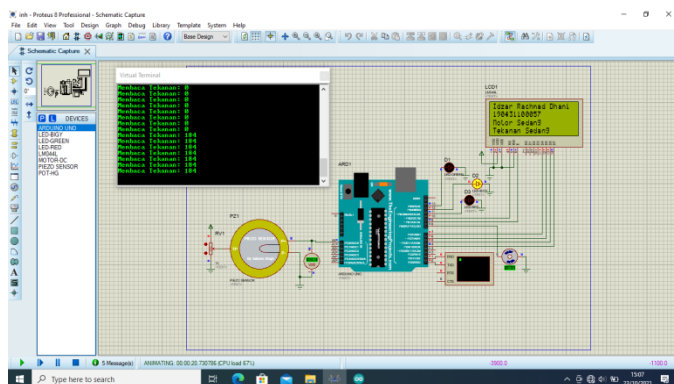


Gambar 12. Hasil Simulasi Proteus Rangkaian Mengukur Kecepatan Motor 3

Ketika tekanan sensor piezoelektrik tinggi maka motor bergerak cepat dan led yang berwarna merah akan menyala.



Gambar 13. Hasil Simulasi Logika Fuzzy Mengukur Kecepatan Motor Matlab 3



Gambar 10. Hasil Simulasi Proteus Rangkaian Mengukur Kecepatan Motor 2

Ketika tekanan sensor piezoelektrik sedang maka motor bergerak sedang dan led yang berwarna kuning akan menyala.

Pada gambar 11. didapati nilai pembacaan tekanan sensor piezoelektrik sebesar 591 dan nilai motor sebesar 225. Ditandai dengan LED Hijau mati, LED Kuning mati, dan LED Merah menyala.

Dari ketiga simulasi diatas jika dikaitkan dan dibuat kurva perbandingan antara nilai sensor piezoelektrik yang didapat yaitu 50, 260, dan 591 dengan nilai motor yang didapat 85, 170, dan 225 maka diperoleh grafik pada gambar 14. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa grafik tersebut semakin naik seiring bertambah besarnya nilai kedua variabel tersebut. Dapat dianalisa perbandingan antara sensor piezoelektrik dengan motor. Semakin besar nilai sensor piezoelektrik maka semakin besar percepatan dari motor.

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] Sutikno, Perbandingan Metode Defuzzifikasi Aturan Mamdani Pada Sistem Kendali Logika Fuzzy, 2005. Tugas akhir, Universitas Diponegoro. Semarang.

[2] Sartika Lina Mulani S. (2018), PENERAPAN FUZZY INFERENCE SYSTEM SUGENO UNTUK MENENTUKAN JUMLAH PEMBELIAN OBAT (STUDI KASUS: GARUDA SENTRA MEDIKA), JURNAL INFORMATIKA UNIVERSITAS PAMULANG 105 Vol. 3, No. 2, Juni 2018.

[3] B. Y. Sun, M. Qian, and J. Zhang, "Review and prospect on research for piezoelectric sensors and Dynamometers," Journal of Dalian University of Technology, Dalian, vol. 41, no. 2, 2001, pp. 127-133.

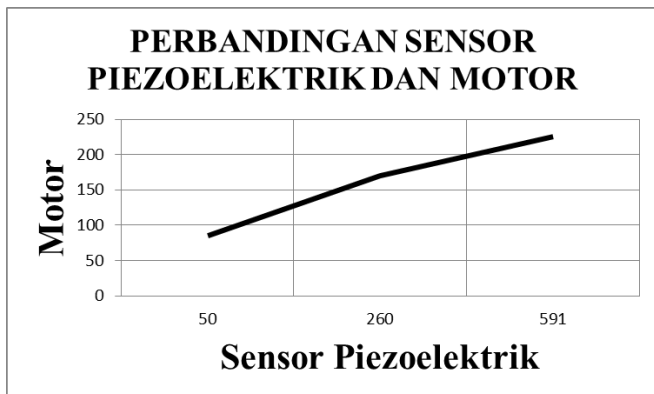
[4] Jr, William R Cook. 2010. Ferroelectric and piezoelectric materials. Ohio, Amerika Serikat.

[5] Triwahyuni, Dona., 2010, Sintesis dan Karakterisasi Bahan Piezoelektrik Bi0,5Na0,5TiO3 (BNT) dengan Metoda Molten Salt.

[6] Arulmozhiyal, R., dan Kandiban R., "Design of fuzzy PID controller for brushless DC motor", Computer Communication and Informatics (ICCCI), 2012 International Conference on, IEEE, 2012.

[7] Sukmadi, Tedjo. 2006. Estimasi Parameter adaptif Motor DC dengan Metode Algoritma genetika, Transmisi Vol.11 No. 1: 28-34. Semarang: Universitas Diponegoro.

[8] A. Kadir, From Zero to a Pro Arduino, 1st ed. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta, 2015.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Antara Sensor Piezoelektrik dan Motor

Dari ketiga simulasi tadi didapatkan tabel hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Pengujian

| No. | Sensor |         | Motor |         | LED Hijau | LED Kuning | LED Merah |
|-----|--------|---------|-------|---------|-----------|------------|-----------|
|     | Nilai  | Kondisi | Nilai | Kondisi |           |            |           |
| 1.  | 50     | Rendah  | 85    | Lambat  | Menyala   | Mati       | Mati      |
| 2.  | 260    | Sedang  | 170   | Sedang  | Mati      | Menyala    | Mati      |
| 3.  | 591    | Tinggi  | 225   | Cepat   | Mati      | Mati       | Menyala   |

IV. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, adapun kesimpulan yang didapatkan seperti berikut ini. penggunaan logika fuzzy pada sistem mengukur kecepatan motor menggunakan sensor piezoelektrik berbasis mikrokontroler arduino uno secara keseluruhan memiliki tingkat keberhasilan yang sangat baik. Sistem mengukur kecepatan motor menggunakan sensor piezoelektrik berbasis mikrokontroler arduino uno ini dirancang dengan sistem otomatis menggunakan logika fuzzy metode Sugeno. Metode Sugeno cocok diterapkan untuk sistem pengendalian karena memakai fungsi If-Then dalam mendapatkan hasil output logika fuzzy.