

# Pencegahan Dini Kerusakan Mesin dengan Sistem Deteksi Suhu Radiator Mobil

Mahdinsyah<sup>1</sup>, Prasaja Wikanta<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

\*Email: antok@polibatam.ac.id

**Abstract**—Saat ini banyak kalangan yang memiliki kendaraan impian yang harganya terjangkau dengan kemampuan keuangan mereka. Namun banyak masyarakat yang tidak mengetahui cara mengantisipasi dan mencegah secara dini kerusakan dari mobil yang diakibatkan tidak berfungsinya *system radiator* pendingin mesin. Dibuat sistem yang memantau suhu air radiator normal yang sesuai dengan suhu kerja yang disyaratkan pabrikan dan mengatasi suhu air *overtemp* yang mendadak yang tidak dapat diatasi sistem pendingin mobil. Sistem ini akan mengaktifkan *control* supaya mesin mati otomatis. Untuk menghindari kerusakan yang fatal sehingga usia dari komponen mesin mobil dapat bertahan lebih lama. *Input system* yaitu sensor *Negative Thermal Coeficient* bersentuhan langsung dengan air radiator. Metode yang digunakan yaitu *fuzzy* untuk *monitoring*, menggunakan *device microcontroller* arduino untuk komputasi. *Output* melalui modul relay elektro mekanik menonaktifkan *fuel injection* dari mobil, sehingga mesin mobil mati otomatis. Saat suhu *cut-off* mencapai 100 °C, mesin mobil mati secara otomatis.

**Kata Kunci:** Suhu air radiator, Mesin mati otomatis, Fuzzy

## I. PENDAHULUAN

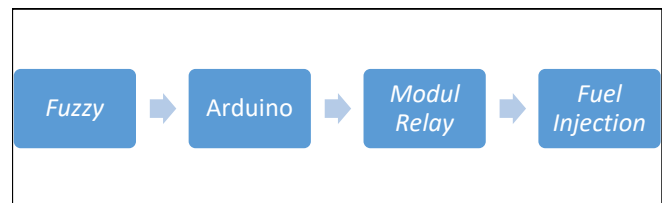
SAAT ini dari beberapa tipe mobil membutuhkan alat yang dapat mendeteksi suhu air radiator mendadak secara otomatis. Untuk itu kami membuat perangkat pencegahan dini kerusakan mesin dengan sistem deteksi suhu radiator mobil. Kepada pengguna mobil mencegah secara dini kerusakan mesin mobil khususnya yang mempengaruhi komponen yang tidak tahan suhu diatas 100°C. Dapat menghindari pengguna mobil mengeluarkan biaya tinggi akibat penggantian komponen rusak dari tidak tahan terhadap kelebihan panas yang disyaratkan untuk komponen tersebut.

Sensor NTC yang bisa kontak dengan air sangat efektif untuk mengukur suhu air radiator secara cepat dan tepat [1] [2] [3]. Logika *fuzzy* yang diaplikasikan pada mikrokontroler berhasil memilah suhu yang diinginkan [4] [5] [6]. Komputasi mikrokontroler juga mengatasi nilai tidak *linear* dengan rangkaian pembagi tegangan tertentu, *formula* dan persamaan tertentu menghasilkan ketelitian (*precise*) mencapai 0.1 C [7]. *Input Modul Relay* [8] dengan arus *input* 2 mA sangat sesuai dengan spesifikasi I/O dari mikrokontroler [9]. *Modul relay*

efektif sebagai jembatan penghubung antara mikrokontroler dengan *system fuel injection* mobil. *System fuel injection* [10] yang dinonaktifkan efektif untuk mematikan mesin mobil.

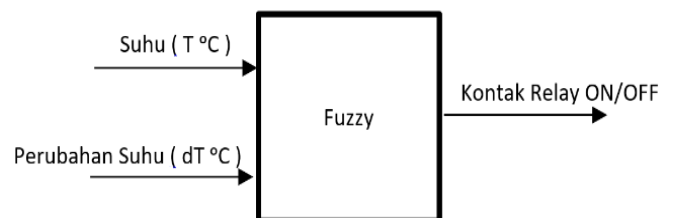
## II. METODE

Gambar 1 merupakan blok diagram sistem ini mulai dari metode *fuzzy* [4] [5] [6], *device controller* arduino [9], modul relay arduino kit 2 relay 5v DC – 250 Vac [8] dan *Fuel injection mobil* [10].



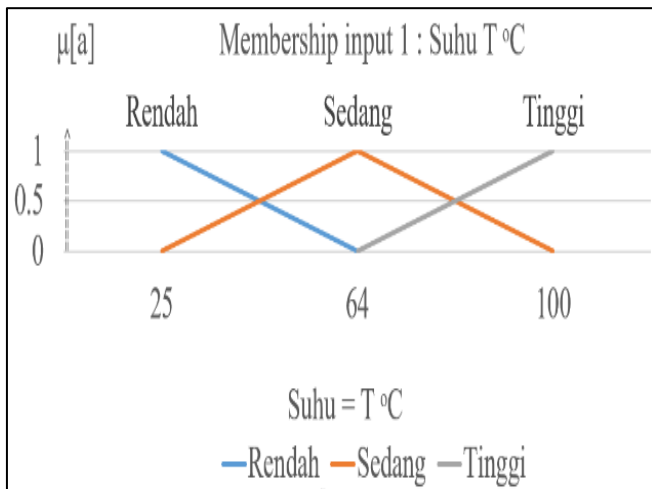
Gambar. 1. Blok diagram sistem

Perancangan *fuzzy* dari alat ini menggunakan dua masukan yaitu suhu dan perubahan suhu, seperti yang terlihat pada gambar 2. Keluarannya untuk trigger modul relay.



Gambar. 2. Dua *input* fuzzy dan satu *output* [3]

Gambar 3 adalah *membership input* suhu, dengan bahasa linguistik rendah, sedang dan tinggi. Nilai numerik nya 25°C, 64°C dan 100°C.



Gambar. 3. Membership input 1 : suhu T °C [3]

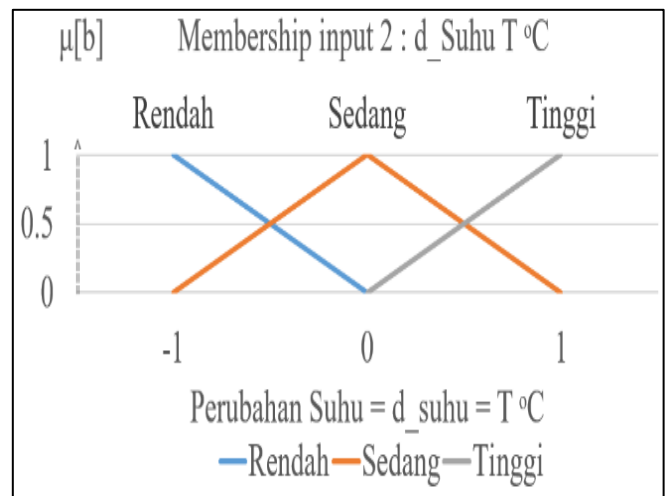
Tabel I adalah penjelasan nilai dan fungsi dari gambar 3.

TABEL I  
MEMBERSHIP INPUT 1 . [3]

Keanggotaan suhu	$\mu[a]$	Area
Rendah	1	$Suhu \leq 25$
Rendah	$\frac{64 - suhu}{64 - 25}$	$25 < suhu \leq 64$
Rendah	0	$suhu > 64$
Sedang	0	$Suhu \leq 25$
Sedang	$\frac{suhu - 25}{64 - 25}$	$25 < suhu \leq 64$
Sedang	$\frac{100 - suhu}{100 - 64}$	$64 < suhu \leq 100$
Sedang	0	$suhu > 100$
Tinggi	0	$suhu \leq 64$
Tinggi	$\frac{suhu - 64}{100 - 64}$	$64 < suhu \leq 100$
Tinggi	1	$suhu > 100$

Membership input 1 : suhu = a

Gambar 4 adalah membership input d\_suhu (perubahan suhu), dengan bahasa linguistik rendah, sedang dan tinggi. Nilai numerik nya  $-1$  °C,  $0$  °C dan  $1$  °C.



Gambar. 4. Membership input 2 : d\_suhu T °C [3]

Tabel II adalah penjelasan nilai dan fungsi dari gambar 4.

TABEL II  
MEMBERSHIP INPUT 2 . [3]

Keanggotaan d_suhu	$\mu[b]$	Area
Rendah	1	$d\_suhu \leq -1$
Rendah	$\frac{0 - d\_suhu}{0 - (-1)}$	$-1 < d\_suhu \leq 0$
Rendah	0	$d\_suhu > 0$
Sedang	0	$d\_suhu \leq -1$
Sedang	$\frac{d\_suhu - (-1)}{0 - (-1)}$	$-1 < d\_suhu \leq 0$
Sedang	$\frac{1 - d\_suhu}{1 - 0}$	$0 < d\_suhu \leq -1$
Sedang	0	$d\_suhu > 1$
Tinggi	0	$d\_suhu \leq 0$
Tinggi	$\frac{d\_suhu - 0}{1 - 0}$	$0 < d\_suhu \leq 1$
Tinggi	1	$d\_suhu > 1$

Membership input 2 : d\_suhu = b

Dari Tabel III Rules, terdapat hal yang perlu diperhatikan yaitu :

Pada saat suhu rendah dan perbedaan suhu rendah, sedang, dan tinggi, tetap membuat relay ON, sehingga output relay ada trigger LOW dan tetap contact.

Pada saat suhu sedang dan perbedaan suhu rendah, sedang, dan tinggi, hal ini tetap membuat relay ON, sehingga output relay ada trigger LOW dan tetap contact.

Pada saat suhu tinggi dan perbedaan suhu rendah, sedang, dan tinggi, hal ini membuat relay OFF, sehingga output relay

ada *trigger HIGH* menghasilkan *contact open*.

TABEL III  
RULES

Rule	Linguistik	0 Suhu rendah	1 Suhu sedang	2 Suhu tinggi
0	d_suhu rendah	ON	ON	OFF
1	d_suhu sedang	ON	ON	OFF
2	d_suhu tinggi	ON	ON	OFF

Dari Tabel IV Penerapan *Rule*, metode **MIN** digunakan dalam merancang aturan *fuzzy* kali ini. Sedangkan defuzifikasi dibuat *cog* (*center of gravity*). Pada proses defuzifikasi untuk metode *mamdani* digunakan metode *cog* (*center of gravity*), atau yang biasa disebut metode *centroid*. Metode ini menghitung nilai *crisp* menggunakan fungsi *sum*, rumus berikut :

$$z = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \tag{1}$$

$$\sum \alpha = rul00 + rul01 + rul02 + rul10 + rul11 + rul12 + rul20 + rul21 + rul22 \tag{2}$$

$$\sum \beta = rule[0][0] + rule[0][1] + rule[0][2] + rule[1][0] + rule[1][1] + rule[1][2] + rule[2][0] + rule[2][1] + rule[2][2] \tag{3}$$

$$cog = \frac{\sum \alpha}{\sum \beta} \tag{4}$$

Keterangan : *rule* [0][0]= *rule* [kolom][baris] = *rule* [suhu][d\_suhu]. Nilai min diambil di antara kolom dan baris.

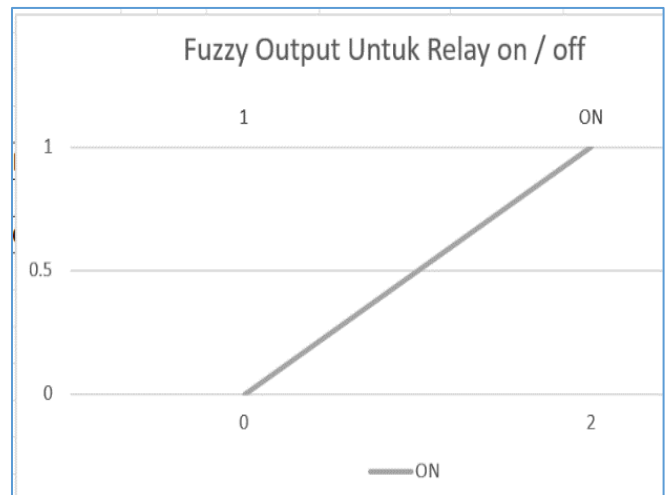
Pada *Rules* terdapat hal yang perlu diperhatikan, untuk T >

TABEL IV  
PENERAPAN *RULE*

Rulkolombaris	Rule[kolom][baris] x nilai table III
Rul00	Rule [0][0] * ON
Rul01	Rule [0][1] * ON
Rul02	Rule [0][2] * ON
Rul10	Rule [1][0] * ON
Rul11	Rule [1][1] * ON
Rul12	Rule [1][2] * ON
Rul20	Rule [2][0] * ON
Rul21	Rule [2][1] * ON
Rul22	Rule [2][2] * ON

Rulkolombaris = *Rule*[kolom][baris] x nilai table III

100 °C, maka Relay keadaan *OFF*, ( nilai *OFF* = 2, nilai *ON* = 0 ).



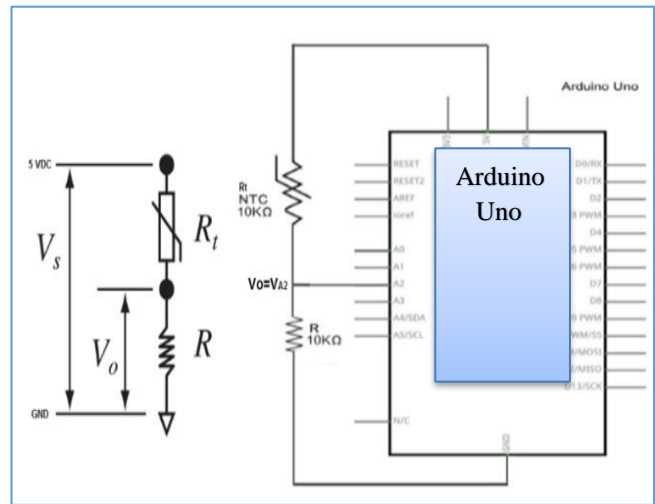
Gambar. 5. *Fuzzy Output*

Pada Gambar 5, *Fuzzy Output* irancang kondisi demikian sesuai intuisi dan dicari yang paling mudah dan nyaman dalam perancangan system ini.

Relay mati = *OFF* = Nilai *Output* 2 ( *trigger HIGH* ).

Relay hidup = *ON* = Nilai *Output* 0 ( *trigger LOW* ).

Gambar 6 adalah rangkaian paralel, sensor NTC10K dengan nilai berubah dan R 10K dengan nilai tetap.



Gambar. 6. Rangkaian sensor NTC10K dan R 10K [5]

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{R}{R+R_t} \implies R_t = R \left( \frac{V_s}{V_o} - 1 \right) \tag{5}$$

Dengan nilai *Vs* sesuai maksimum *integer* 10 bit, *Biner* 11 1111 1111 didapat desimal 1023, didapat persamaan.

$$R_t = R * \left( \frac{1023.0}{float(V_o)} - 1.0 \right) \tag{6}$$

Dalam menghitung nilai T dari *Rt* kita gunakan persamaan *Steinhart-Hart*, [5]

$$T = \frac{1}{c1+c2 \ln(R)+c3(\ln(R))^3} \tag{7}$$

Hasilnya dengan persamaan *Steinhart-Hart* [5]

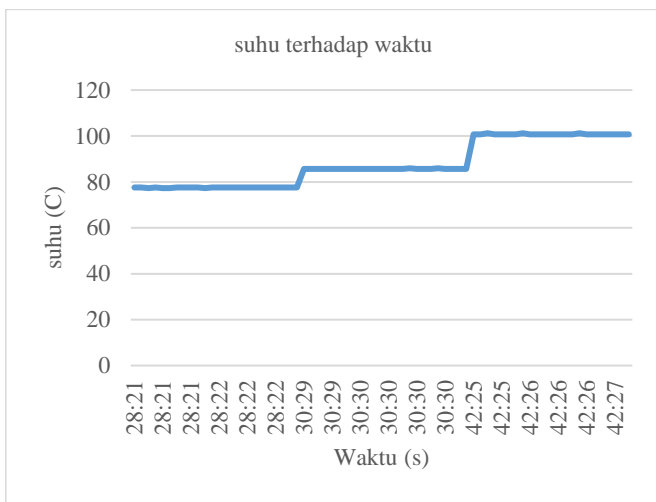
$$\log Rt = \log(Rt) \tag{8}$$

$$T = \left( \frac{1.0}{c_1 + c_2 \cdot \log Rt + c_3 \cdot \log Rt \cdot \log Rt} \right) - 273.15 \tag{9}$$

Kostanta  $c_1, c_2, c_3$  menggunakan formula Steinhart-Hart [5].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

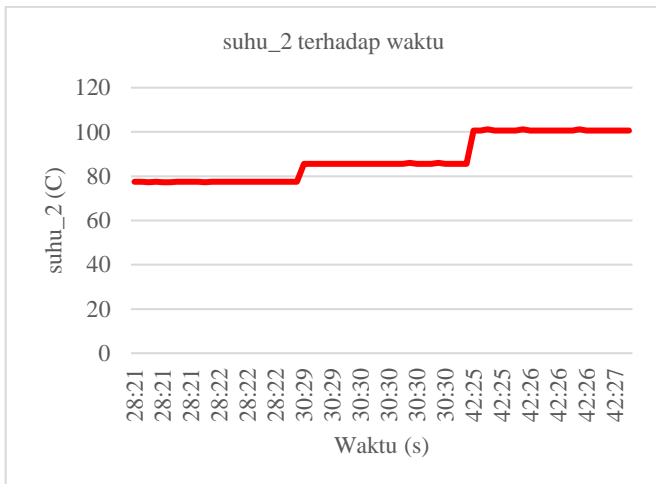
Gambar 7, 8, 9, 10, menunjukkan periode kurva normal antara 28:21 s hingga 28:22 s, periode kurva tinggi antara 30:29 s hingga 30:31 s, periode *relay off* antara 42:25 s hingga 42:27 s. Semua kurva ini memudahkan teknisi memeriksa system ataupun melakukan perbaikan. Apabila fluktuasi kemungkinan ada masalah misal sensor, alat ataupun mesin. Kurva tidak *linear* memudahkan info penggantian komponen, masalah *system radiator* misal karet *seal* bocor.



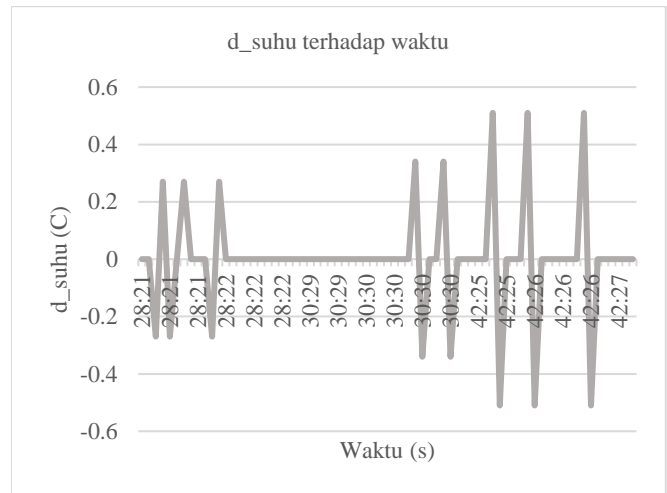
Gambar. 7. Data suhu terhadap waktu

Data suhu terhadap waktu yang terlihat pada gambar 7, memudahkan teknisi memeriksa *system* ataupun melakukan perbaikan. Apabila kurva fluktuasi kemungkinan ada masalah misal sensor, alat ataupun mesin.

Kurva data suhu<sub>2</sub> pada gambar 8 akan memudahkan teknisi memeriksa *system* ataupun melakukan perbaikan. Apabila naik turun tajam kemungkinan ada masalah.

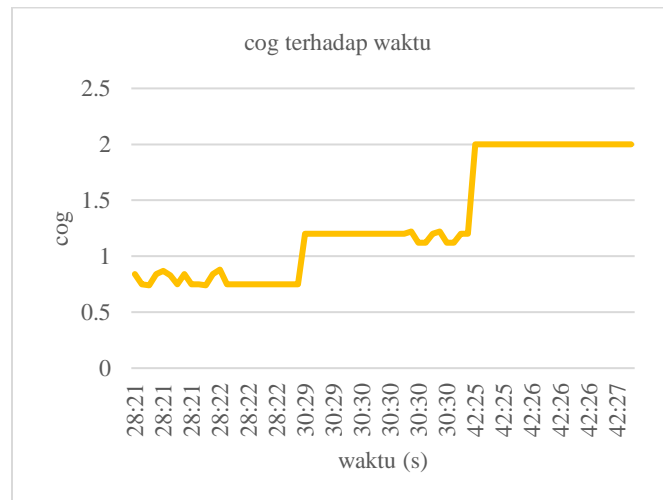


Gambar. 8. Data suhu<sub>2</sub> terhadap waktu



Gambar. 9. Data d\_suhu terhadap waktu

Kurva data d\_suhu pada gambar 9 juga memudahkan teknisi memeriksa *system* ataupun melakukan perbaikan. Apabila kurva tidak *linear* menunjukkan ada masalah yang mesti dipecahkan.



Gambar. 10. Data cog terhadap waktu

Kurva cog dapat dilihat pada gambar 10. Kurva ini memudahkan teknisi memeriksa *system* ataupun melakukan perbaikan. Apabila fluktuasi kemungkinan ada masalah misal sensor, alat ataupun mesin. Kurva tidak linier memudahkan info tindakan yang diambil oleh teknisi, masalah *system radiator* misal karet *seal* bocor.

Gambar 7, 8, 9 dan 10, menunjukkan bahwa alat ini memiliki parameter yang paling sesuai untuk hasil lebih teliti, karena data suhu diambil langsung dari sensor yang bersentuhan dengan air radiator yang bersirkulasi langsung dengan suhu dalam mesin, menangkap data dengan *fuzzy*, dan komputasi arduino, saat percobaan kami juga melihat dengan seksama *analog meter original* dari mesin, dan saat mesin dalam suhu kerja, *analog meter* menunjukkan posisi normal suhu kerja mesin mobil lihat.

Periode suhu *overtemp* saat *relay off* antara 42:25 s hingga 42:27 s. Untuk mencapai suhu *overtemp* tidak dapat dilakukan

saat kondisi normal, sehingga dibuat langkah luar biasa untuk mencapainya yaitu *bypassed* kipas pendingin *radiator*. Percobaan *overtemp* untuk mencapai relay *OFF* sehingga mesin mobil mati dilakukan *bypassed* kipas dengan panduan praktisi berpengalaman. Saat suhu mencapai 100 °C dan cog bernilai 2, mesin mobil harus mati, semua tim dalam kondisi siaga dalam monitor pembacaan suhu *analog dashboard*; *fitting* dan *hose* antara *inlet radiator* dan mesin. Tim juga siaga saat suhu mencapai 100 °C segera setelah dokumentasi data, mengaktifkan kembali kipas dan memastikan mesin mati hingga mencapai suhu kerja atau dibawah suhu 100 °C. Petunjuk (Indicator) bahwa mesin mati : *RPM meter* di *dashboard* bernilai nol rpm, semua tali kipas (*belt*) mesin tidak bergerak, kipas *radiator* tidak berputar, Pak Angga pimpinan bengkel sebagai pendamping penelitian ini juga menyatakan mesin mati. Saran pendamping yaitu mesin dibiarkan mati sehingga *system* mesin berhenti sampai suhu mesin yang ditunjukkan *analog temperature meter* mendekati nol. Pendamping juga menyarankan mengaktifkan kipas *radiator* secara *manual* untuk mempercepat pendinginan, saat itu beliau juga menunjukkan caranya kepada penulis. Karena suhu diatas *overtemp* sangat rentan merusakkan komponen karet *o-ring* dan *seal*. Pendamping memberi saran untuk pengujian berikutnya menunggu suhu mencapai suhu kerja. Dan memang untuk menghidupkan mesin beliau menunggu suhu mendekati nol, seperti yang terlihat di *analog temperature meter*.

Dengan parameter sensor bersentuhan dengan air radiator yang bersirkulasi langsung dengan suhu dalam mesin, menangkap data dengan *fuzzy*, dan komputasi arduino, kami yakin hasil pengukuran sesuai dengan yang direncanakan Dilihat dari pengujian pada alat kami, kombinasi antara *fuzzy*, sensor yang kontak langsung dengan air *radiator* dan komputasi arduino yang dapat mendeteksi perubahan suhu 0.1 °C.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian, alat yang kami rancang berhasil mematikan mesin mobil ketika suhu melewati ambang batas *overtemp*. Suhu tinggi diperoleh dari pengolahan *fuzzy* dari data sensor. Alat ini menggunakan sensor suhu NTC anti air (*waterproof*) yang langsung kontak dengan air *radiator* sehingga pembacaan lebih cepat dan tepat. Perpaduan antara sensor yang kontak dengan air, *fuzzy* untuk monitor suhu, arduino, *fuel injector* yang terhubung modul relay, berjalan sesuai yang direncanakan. Suhu *cut-off* untuk mematikan mesin sistem ini dibatasi sebesar 100 °C.

Untuk diaplikasikan pada merek kendaraan yang berbeda, bisa didiskusikan dengan pabrikan mobil untuk permohonan permintaan *schematic fuel injection system* kelistrikan kendaraan tersebut kemudian diubahsuaikan sambung dengan penelitian ini. Hal ini disarankan untuk penelitian baru berikutnya.

Jika ada mitra yang berminat mengembangkan alat ini, *fuzzy* yang ada di dalam *device controller unit*. Bila ada masalah dengan *fuzzy*, disarankan siapkan satu unit baru sebagai *spare part* yang *plug and play*, unit baru ini akan langsung diganti dengan *unit* yang mengalami masalah sehingga *system* bisa langsung digunakan. Untuk penelitian selanjutnya disarankan membuat metode perbaikan terhadap *fuzzy* yang digunakan.

#### REFERENSI

- [1] M. D. Ananda and H. H. Rachmat, "Evaluasi Karakteristik Resistansi Sensor NTC W1209 10K," 2021: *Prosiding Diseminasi FTI Genap*, pp. 1-10, 2021.
- [2] F. Lumbanbatu, "Analisis Pipa-Pipa Radiator Yang Memakai Pendingin Air Beralih Ke Coolant Pada Mobil Toyota Avanza," *Jurnal Teknik Mesin UPMI*, vol. 1, no. 1, pp. 12-20, 2020.
- [3] S. Harahap, "Analisis Variasi Jumlah Sudu Dan Cairan Pendingin (Coolant) Pada Kinerja Mesin Terhadap Efisiensi Bahan Bakar Dan Pencegahan Terjadinya Overheating," *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1-9, 2018.
- [4] S. F. R. Rullah and N. F. Prebianto, "Lampu Cerdas Multimode Menggunakan Arduino dengan Kontrol Fuzzy Berbasis Android," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 10-15, 2020.
- [5] F. Atabiq, M. A. Wildan and M. R. Alfianto, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Luaran Pico Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sumbu Vertikal menggunakan Arduino UNO," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 43-49, 2021.
- [6] A. M. Harahap, "Analisa Teknik Fuzzy Logic Mamdani Untuk Menentukan Perkiraan Cuaca," *Tesis Prodi S2 Teknik Informatika Univ Sumatera Utara*, pp. 1-68, 2020.
- [7] G. Recktenwald, "Temperature Measurement with a Thermistor and an Arduino," *Class EAS 199B Thermistor Measurement Pdx Edu*, pp. 1-17, 2013.
- [8] Handson Technology, "Handson Technology User Guide 2 Channel 5V Optical Isolated Relay Module," *Datasheet User Guide*, pp. 1-7, 2022.
- [9] Atmel Mega, "ATmega328P Datasheet 7810D AVR 01/15 Automotive Microcontrollers; 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash DataSheet," pp. 1-294, 2015.
- [10] Daihatsu, "Daihatsu Terios 2021 sparepart catalog," *Catalog*, pp. 1-401, 2021.