

RANCANG BANGUN ALAT OTOMATISASI Pengereman KENDARAAN BERMOTOR BERBASIS FUZZY LOGIC

Patriot Teguh Santoso¹⁾, Denny Irawan²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatra No.101, Gresik 61121, Jawa Timur, Indonesia
E-mail : ¹⁾patriotteguhsantoso@gmail.com, ²⁾den2mas@umg.ac.id

ABSTRAK

Keselamatan di jalan adalah hak dan kewajiban kita sebagai pengguna jalan, dimana kita harus menjaga diri kita sendiri dan orang lain. Pengguna jalan harus paham peraturan yang berlaku dan kondisi fisik kendaraannya sebelum di kemudikan. Pada kenyataannya hal tersebut sulit tercapai karena tingkat kecelakaan yang masih tinggi. Salah satu faktor penyebab kecelakaan adalah kendaraan yang tidak berkeselamatan dikarenakan ketidaktahuan pengemudi akan tata cara berkendara yang berkeselamatan dan teknologi kendaraan yang dikemudikannya. Masalah yang sering terjadi yaitu panas yang berlebihan (*overheating*) pada sistem pengereman sehingga terjadi kegagalan dalam memperlambat laju kendaraan (*fading*). Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas maka kami membuat prototipe alat otomatisasi pengereman kendaraan bermotor supaya dapat meminimalisir kegagalan dalam pengereman kendaraan bermotor sehingga dapat meminimalisasi kecelakaan. Metode yang digunakan alat ini adalah mengurangi kecepatan kendaraan berdasarkan suhu di tromol dan kecepatan kendaraan dengan menahan putaran *propeller shaft* menggunakan besaran medan magnet. Sistem controller ini dirancang menggunakan mikrocontroller *Arduino Uno*, Sensor Suhu *Non Contact MLX90614 GY-906*, *Sensor IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance* untuk speedometer yang akan bekerja dengan menggunakan analisa *Fuzzy Logic*. Rancang bangun ini bekerja berdasarkan analisa suhu dan kecepatan kendaraan, apabila suhu dan kecepatan tertentu tercapai maka akan mengalirkan arus listrik pada stator dengan menahan putaran rotor *propeller* sehingga putaran *propeller* kendaraan akan berputar lambat.

Kata Kunci : overheating, fading, Arduino Uno, Non Contact MLX90614 GY-906, IR Infrared Barrier 32 Obstacle Avoidance

ABSTRACT

Safety on the road is our rights and obligations as road users, where we must take care of ourselves and others. Road users must understand the applicable regulations and the physical condition of their vehicles before driving. In reality, this is difficult to achieve because the accident rate is still high. One of the factors causing accidents is vehicles that are not safe due to the driver's ignorance of safe driving procedures and the technology of the vehicle he is driving. The problem that often occurs is excessive heat (overheating) in the braking system resulting in failure to slow down the vehicle (fading). To overcome the problems mentioned above, we made a prototype of a motor vehicle braking automation tool so that it can minimize failures in motor vehicle braking so as to minimize accidents. The method used by this tool is to reduce the speed of the vehicle based on the temperature in the drum and the speed of the vehicle by holding the propeller shaft rotation using a magnetic field magnitude. This controller system is designed using the Arduini Uno microcontroller, MLX90614 GY-906 Non Contact Temperature Sensor, IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance Sensor for the speedometer which will work using Fuzzy Logic analysis. This design works based on an analysis of the temperature and speed of the vehicle, if a certain temperature and speed is reached then an electric current will flow to the stator by holding the rotation of the propeller rotor so that the propeller rotation of the vehicle will rotate slowly.

Keywords : overheating, fading, Arduino Uno, Non Contact MLX90614 GY-906, IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik bahwa kendaraan barang yang beredar di Indonesia dari tahun 2018 sampai 2020 secara signifikan meningkat. Untuk jumlah kendaraan di tahun 2020 berjumlah 5.083.405 unit kendaraan [3]. Dengan jumlah tersebut maka potensi untuk terjadinya kecelakaan semakin meningkat yang dikarenakan arus barang semakin meningkat dan jalan semakin padat. Dari data POLRI menunjukkan jumlah kecelakaan di Indonesia pada tahun 2022 sebanyak 6.707 kasus kecelakaan yang disebabkan karena rendahnya kesadaran berlalu lintas [6]. Meskipun tidak terlalu rinci menjelaskan tentang rincian mengenai jenis kendaraan yang terlibat kecelakaan, namun kebanyakan penyebab kecelakaan pada kendaraan barang adalah rem blong atau rem tidak berfungsi dengan optimal.

Sistem rem kendaraan adalah sekumpulan komponen yang di pasang pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk memperlambat laju kendaraan sampai berhenti. Berdasarkan hal tersebut, maka sistem rem harus dapat berkerja secara maksimal berdasarkan tingkat kecepatan, beban maupun medan jalan yang dilalui. Pada saat dilakukan pengereman, maka akan terjadi perubahan suhu pada komponen sistem rem yaitu kampas dan teromol atau piringan cakram yang bergesekan supaya laju kendaraan berkurang. Apabila komponen tersebut mengalami panas berlebihan maka pengereman tidak akan maksimal [17].

Komponen sistem rem yang sangat berpengaruh adalah kampas rem. Kampas rem yang terbuat dari bahan asbestos akan mengalami sifat licin apabila suhu kampas mencapai 200°C , ini disebabkan karena faktor kandungan resin pada kampas rem [12]. Pada kampas rem yang terbuat dari bahan non asbestos lebih tahan terhadap panas, hal ini dikarenakan bahan *friction additive* sehingga koefisien gesekannya semakin tinggi. Komponen lainnya juga yang berpengaruh adalah teromol. Apabila teromol mengalami panas berlebih akibat gesekan kampas rem, maka terjadi pemuaihan sehingga diameter teromol semakin membesar dan celah antara teromol dan kampas rem semakin lebar pula.

Dalam sistem pengereman kendaraan yang utama adalah sistem rem yang bekerja berdasarkan gesekan kampas rem dengan teromol atau piringan cakram. Maka penulis mencari alternatif lain supaya dapat memperlambat laju kendaraan, alternatif itu adalah mengurangi putaran propeller shaft yang berfungsi sebagai penerus daya dari putaran mesin ke roda kendaraan. Dengan hal tersebut dapat

diharapkan memperlambat laju kendaraan atau sebagai rem pembantu dari sistem pengereman yang utama. Alat alternatif ini dilengkapi dengan sensor suhu, dan kecepatan yang dikontrol dan dikendalikan oleh mikrokontroler.

Untuk memudahkan pembuatan alat ini juga menggunakan logika *fuzzy*. Konsep dari logika *fuzzy* mempunyai kemampuan dapat mentoleransi terhadap data yang tidak tepat, dan mampu memodelkan fungsi-fungsi yang tidak linier dan didasarkan pada bahasa alami yang mudah dipahami [8].

2. DASAR TEORI

2.1 Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906

Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906 adalah sensor untuk membaca suhu objek yang diukur tanpa menyentuh objek yang diukur. Sensor ini menggunakan sinar infrared yang memancarkan panjang gelombang sebesar 0,7-14 mikron untuk mengukur suhu objek. Akurasi yang tinggi dan dari sensor MLX90614 ini dapat dicapai karena memiliki *low noise amplifier*, ADC 17 bit dan unit DSP MLX90302 yang sangat bagus [7].



Gambar 1. Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906

Adapun Spesifikasi Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906 adalah sebagai berikut :

Tegangan input	: 5 VDC
Suhu pengukuran	: -70° s.d 380° C untuk suhu objek
Akurasi	: $0,5^{\circ}$ C
Resolusi	: $0,02^{\circ}$ C
Antarmuka	: I2C
Field of View (FoV)	: 35° C
Jarak deteksi	: 20-50 cm
Output	: PWM

2.2 Sensor Kecepatan IR Infrared Barrier Obstacle

Avoidance

Sensor IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi halangan atau obyek di depannya ketika sinar infrared terhalang obyek yang terdiri dari komponen *IR Receiver*, *IR Emitter* dan *Op-Amp LM 363* yang berfungsi sebagai komparator.



Gambar 2. Sensor Kecepatan *IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance*

2.3 Logika Fuzzy

Sistem *fuzzy* yang dimaksud adalah sebuah sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output [8]. Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain yaitu konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, logika *fuzzy* sangat fleksibel, logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.

Metode *fuzzy* yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan adalah metode Sugeno. Metode *fuzzy* sugeno merupakan metode inferensi *fuzzy* untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF – THEN* dan, dimana *output* (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear.

Tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam implementasi metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

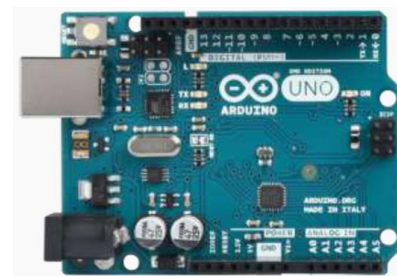
1. Fuzzifikasi
2. Aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN (minimum)
3. Defuzzifikasi menggunakan metode perhitungan rata-rata terbobot (Weight Average).

2.4 Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip berupa IC (*Integrated Circuit*) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu seperti menerima sinyal input, mengolahnnya, kemudian memberikan sinyal output sesuai dengan program yang telah diisikan ke mikrokontroler tersebut.

Arduino adalah sebuah komputer kecil yang dapat diprogram sebagai input dan output dengan bantuan alat sebagai hasilnya. Arduino pertama kali ditemukan pada tahun 2005 oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles yang mencoba membuat sebuah proyek untuk membuat perangkat untuk mengendalikan dari proyek yang dibuat oleh mahasiswa pada waktu itu dengan harga yang lebih murah dari harga perangkat yang tersedia pada saat itu. Arduino mempunyai banyak seri. Dalam sistem ini penulis menggunakan salah satunya, yaitu Arduino Uno.

Arduino Uno merupakan salah satu mikrokontroler yang menggunakan IC Atmega328 yang memiliki 14 pin digital input atau output dimana 6 pin input digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog serta memiliki 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header dan tombol reset. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm.



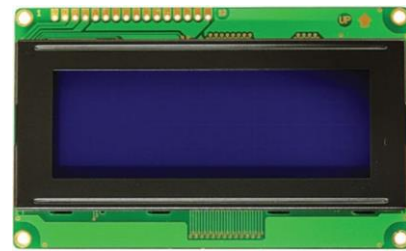
Gambar 3. Mikrokontroler Arduino Uno

Adapun spesifikasi Mikrokontroler Arduino Uno adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan pengoperasian	5 V

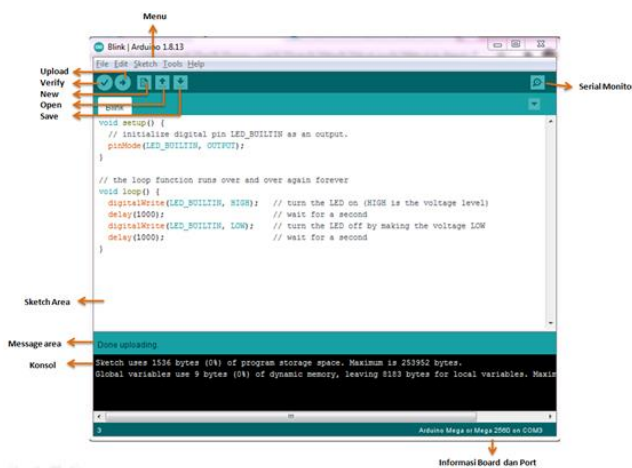
Tegangan input yang disarankan	7 – 12 V
Batas tegangan input	6 – 20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin digital
Jumlah pin Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB
EPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz



Gambar 5. LCD 20x4

2.5 IDE Arduino

IDE adalah *integrated development environment*, secara bahasa merupakan software yang terintegrasi untuk melaksanakan pengembangan. Arduino menggunakan bahasa C. Bahasa pemrograman arduino sudah beberapa kali dilakukan perubahan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Pada arduino sudah ditanamkan program bernama *Bootlader* yang berfungsi untuk penengah antara *compiler* arduino dengan mikrokontroler.



Gambar 4. IDE Arduino

2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

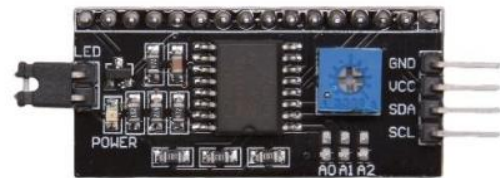
Liquid Crystal Display (LCD) adalah salah satu jenis media display yang menggunakan kristal cair untuk menampilkan gambar, karakter dan data. LCD sendiri merupakan teknologi tampilan digital yang memiliki struktur molekul polar dan membentuk gambar pada permukaan datar dengan menyinari Kristal Liquid dan filter warna yang diapit diantara dua elektroda transparan. Teknologi LCD ini lebih hemat energi, dengan konsumsi daya yang rendah maka bisa membuat baterai juga lebih tahan lama.

Adapun spesifikasi LCD 20x4 adalah sebagai berikut :

- Blue backlight : I2C
- Display Forma : 20 characters x 4 lines
- Supply voltage: 5V
- Back lit: blue with white char color
- Pcb size : 98mm x 60mm x 14mm
- Contrast adjust: potentiometer

2.7 I2C

I2C adalah standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran yang dapat mengirim maupun menerima data yang terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dan pengontrolnya.



Gambar 6. I2C

Adapun spesifikasi dari I2C sebagai berikut :

- Tegangan : 2.5V – 6V
- Device address: 0x27 atau 0x3F
- Ukuran : 41.5mm x 19mm x15.3mm
- Pengendalian : 4 pin (SDA, SCL, VCC dan GND)

2.8 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektro-mekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang

bertegangan lebih tinggi.



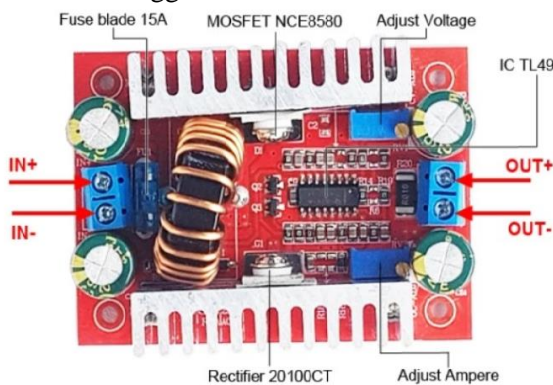
Gambar 7. Relay 4 Channel

Adapun spesifikasi Relay 4 Channel adalah :

1. Jumlah Channel 4
2. Tegangan coil 5V
3. Tegangan kontak : 250VAC/10A dan 30VDC/10A
4. LED : Hijau (Power) dan Merah (Status Relay)

2.9 DC-DC Step Up Converter

Boost Converter merupakan sebuah alat yang digunakan untuk meningkatkan tegangan DC. DC-DC converter ini memiliki parameter yang harus ditentukan, yaitu daya yang akan disuplai oleh converter, tegangan masuk dan keluar, frequency switching, voltage ripple, dan arus induktor yang diperkenankan. Fungsi dari modul ini adalah untuk meningkatkan tegangan yang dihasilkan menjadi tegangan keluaran tinggi.



Gambar 8. DC-DC Step Up Converter 400W

Adapun Spesifikasi :

1. Tegangan Input : DC 8.5-50V
2. Max. Arus Input : 15A (bila melebihi 8A, silahkan tambah lagi pendingin)
3. Arus Statis : 10 mA (Ketika Input 12V-20V, maka tegangan output dan arus statis semakin tinggi)
4. Tegangan Output : DC 10-60V (Adjustable), default (setting dari pabrik): 19volt.
5. Max. Arus Output : 12A

6. Range Arus konstan : 0.2-12A

2.10 Medan Magnet

Yang dimaksud medan magnet ialah suatu daerah yang masih dipengaruhi oleh magnet. Semakin jauh kita berada dari magnet, semakin cepat gaya magnet tersebut menghilang. Dengan kata lain berbanding terbalik dengan kuadrat dari jaraknya. Untuk menyatakan adanya medan magnet selalu bergantung pada garis gaya. Semakin rapat garis gaya ini berarti semakin besar medan magnetnya [4].

Adanya medan magnet di dalam ruang dapat ditunjukkan dengan mengamati pengaruh yang ditimbulkan yaitu:

1. Bila di dalam ruang tersebut ditempatkan benda magnetik maka benda tersebut mengalami gaya.
2. Bila di ruang tersebut terdapat partikel bermuatan, maka partikel tersebut mengalami gaya.

Medan magnet merupakan besaran vektor, adapun kuat atau lemahnya medan magnet tersebut dipengaruhi oleh intensitas magnetik (H^{\rightarrow}) dan induksi magnetik (B^{\rightarrow}), hubungan antara intensitas magnetik dan induksi magnetik adalah sebagai berikut :

$$B^{\rightarrow} = \mu_0 H^{\rightarrow}$$

Di mana:

B^{\rightarrow} = induksi magnetik, satuan dalam SI = Weber/m² atau Tesla

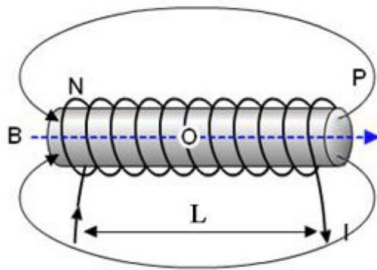
H^{\rightarrow} = intensitas magnetik (Watt/m²)

μ_0 = permeabilitas = $4\pi \times 10^{-7}$ Wb/A.m (udara)

2.11 Solenoida

Solenoida merupakan lilitan kawat yang dibentuk secara spiral sehingga berbentuk silinder. Dalam ilmu fisika dijelaskan bahwa setiap kawat konduktor yang dialiri oleh arus listrik maka akan menimbulkan medan magnet di sekitar kawat tersebut. Sama halnya yang terjadi ketika sebuah solenoida dialiri arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet. Arah medan magnet yang ditimbulkan tergantung pada arah arus yang di alirkan. Arah medan magnet dapat ditentukan melalui kaidah tangan kanan. Medan magnet yang terdapat di dalam solenoida merupakan penjumlahan vektor. Semakin banyak jumlah lilitan maka semakin banyak medan magnet yang ditimbulkan. Arah arus listrik yang dialirkan pada kawat solenoida menentukan arah medan magnetnya, cara menentukan arah medan magnet pada solenoida

dapat menggunakan kaidah tangan kanan.



Gambar 9. Arah medan magnet pada solenoida

Besarnya medan magnet pada titik O solenoida dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$B_o = \frac{\mu_o I N}{L}$$

Di mana :

B_o = medan magnet pada pusat solenoida (Tesla)

μ_o = permeabilitas ruang udara = $4 \pi \times 10^{-7}$

Wb/A.m

I = kuat arus listrik (Ampere)

N = jumlah lilitan dalam solenoida

L = panjang solenoida (Meter)

Sedangkan besarnya medan magnet pada titik P solenoida dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$B_p = \frac{\mu_o I N}{2L}$$

Di mana :

B_p = medan magnet pada ujung solenoida (Tesla)

μ_o = permeabilitas ruang udara = $4 \pi \times 10^{-7}$

Wb/A.m

I = kuat arus listrik (Ampere)

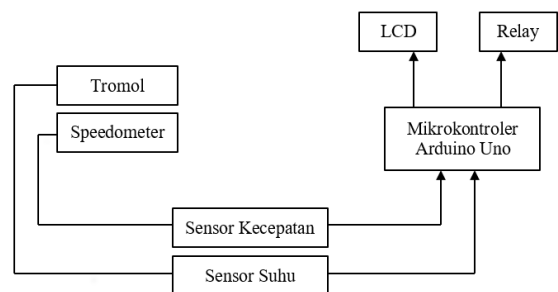
N = jumlah lilitan dalam solenoida

L = panjang solenoida (Meter)

dan kecepatan

Gambar 10. Flowchart Sistem

Prinsip kerja sistem yang dilakukan pada arduino uno yaitu pembuatan program/coding untuk pembacaan sensor suhu dan kecepatan, menampilkan hasil data sensor suhu dan kecepatan pada LCD 20x4.



Gambar 11. Diagram Blok Sistem

Dari Gambar 11 secara garis besar prinsip kerja sistem ini berdasarkan blok diagram dapat dijelaskan yaitu sensor suhu dan kecepatan memberi masukan ke Arduino Uno yang menghasilkan data, Arduino mengolah data yang diterima dari sensor-sensor tersebut dan kemudian data yang sudah diolah ditampilkan ke layar LCD.

3.2 Perancangan Alat

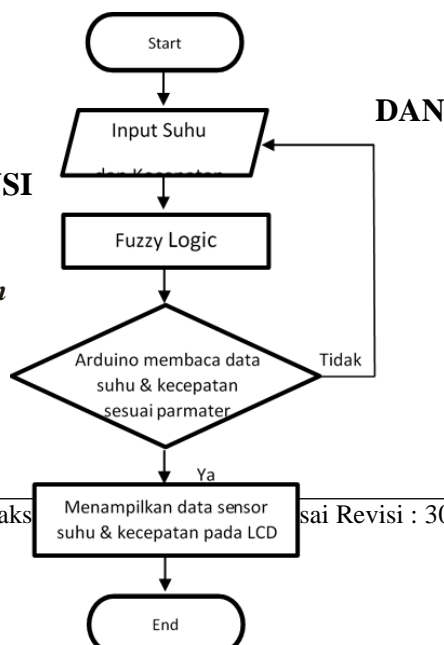
Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan alat otomatis pengereman kendaraan bermotor dengan menyambungkan sensor MLX90614 GY-906 dan sensor IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance pada pin input digital mikrokontroler Arduino Uno.

3. HASIL

DISKUSI

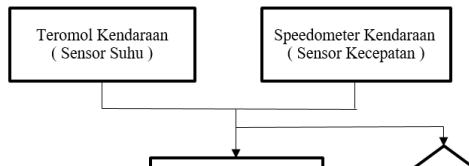
3.1

Perancangan Sistem



Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian alat otomatisasi pengereman kendaraan bermotor berbasis *fuzzylogic* adalah sebagai berikut : Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906, Sensor Kecepatan *IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance*, Logika *Fuzzy*, Mikrokontroler Arduino Uno, IDE Arduino, LCD 20x4, I2c, Relay, DC-DC Step Up Converter 400W, Medan magnet, Solenoida.

Diagram blok perancangan alat dapat digambarkan pada Gambar 12.

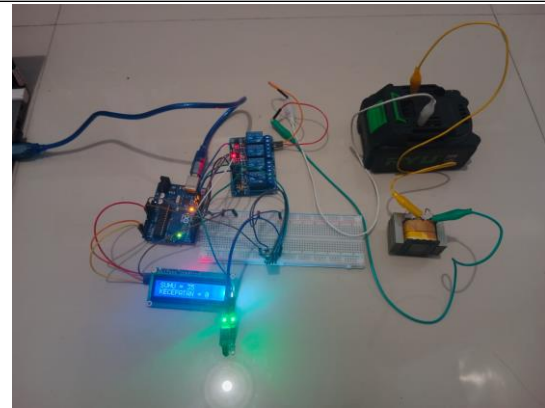


Gambar 12. Diagram Blok Alat

No	Besar Medan Magnet (Tesla)	Gaya Medan Magnet (Newton)	Konversi Newton ke Kilogram
1.	0,017	0,8	0,08
2.	0,034	1,6	0,16
3.	0,068	3,3	0,33

3.3 Operasional Alat

Tujuan dari pengujian adalah untuk memonitoring otomatisasi alat pengereman yang dilengkapi dengan Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906 dan Sensor Kecepatan IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance serta Besaran medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida dengan tenaga baterai. Berdasarkan hasil pengujian alat, dapat diimplementasikan untuk menginformasikan hasil pembacaan dari pengukuran gauss meter, berikut Gambar 13 merupakan hasil dari pengujian alat.



Gambar 13. Hasil Pengujian Alat

Pada alat rancang bangun otomatisasi pengereman membutuhkan input data berupa suhu dan kecepatan, maka untuk mendapatkan data suhu dengan menggunakan sensor MLX90614 GY-906 serta sensor IR Infrared Barrier Obstacle Avoidance untuk data kecepatan. Sensor-sensor tersebut dihubungkan pada mikrokontroler Arduino sebagai penghimpun dan pengolah data. Hasil pembacaan dari sensor-sensor tersebut ditampilkan pada LCD sebagai kontrol dari sensor tersebut. Dalam mengolah data dan menentukan output, menggunakan metode *fuzzy logic* Sugeno sehingga mendapatkan hasil yang kita inginkan. Hasil tersebut berupa jumlah solenoida yang diaktifkan sesuai perhitungan *fuzzy logic* dengan menggunakan relay dan arus dari baterai yang disambungkan pada solenoida. Besaran gaya medan magnet tergantung dari jumlah lilitan dan arus yang mengalir pada solenoida.

3.4 Pengujian Alat

Pada pusat kontrol alat ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali dan pengolah data. Sistem kerja dari alat pengereman ini dengan sensor-sensor memberi masukan data ke mikrokontroler. Arduino Uno akan mengolah data hasil masukan. Kemudian hasil masukan akan ditampilkan pada layar LCD, terus diolah sesuai aturan dan parameter yang telah ditentukan dengan output aktifnya relay. Relay disambungkan dengan baterai dan solenoida sehingga menghasilkan besaran magnet. Hasil dari output perhitungan besar medan magnet dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan hasil konversi gaya magnet dapat disimpulkan di Tabel 3.

Tabel 2. Hasil dari Pengujian Alat

Tabel 3. Hasil Konversi Gaya Magnet

4. KESIMPULAN

Sistem rancang bangun alat otomatisasi pengereman ini masih terdapat kekurangan untuk pembacaan hasil data menggunakan sensor masih belum stabil dan butuh sensor yang lebih akurat untuk keandalan alatnya. Serta pemilihan jenis sensor yang tepat untuk bisa diaplikasikan pada kendaraan terkait kekuatan dan ketahanan.

Dan juga harus ada media yang dibutuhkan sebagai yang ditarik oleh gaya tarik magnet serta jumlah solenoida yang tepat agar bisa menahan putaran pada propeller shaft. Jumlah lilitan dan arus listrik pada solenoida juga mempengaruhi kekuatan gaya tarik magnet. Alat ini hanya sebagai rancang bangun, apabila akan diaplikasikan pada kendaraan masih butuh penelitian lebih lanjut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ardhi, Setya dan Tjwanda Putera Gunawan. 2002. Permodelan Konverter DC to DC Tipe Boost Converter dengan Pengendali Proporsional Integral (PI). *Jurnal Teknik Industri*. Vol 25(2) : 3. <http://univ45sby.ac.id/ejournal/index.php/industri/index>
- [2] Arduino® UNO R3. (2023). Diakses pada 1 Januari 2024, dari <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [3] BPS. (2019). Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit) 2019-2021. Diakses pada 19 Mei 2023, dari <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>.
- [4] Daryanto. 2004. *Pengetahuan Teknik Elektronika*. Jakarta : Bumi Aksara.
- [5] Daihatsu. (2022). Bahaya Bila Suhu Rem Cakram Mobil Terlalu Panas. Diakses pada 15 Mei 2023, dari <https://daihatsu.co.id/tips-and-event/tips-sahabat/detail-content/bahaya-bila-suhu-rem-cakram-mobil-terlalu-panas/>
- [6] DetikNews. (2022). Polri Catat 6.707 Kasus Kecelakaan Sepanjang 2022, 452 Orang Tewas. Diakses pada 20 Mei 2023, dari <https://news.detik.com/berita/d-6325521/polri-catat-6707-kasus-kecelakaan-sepanjang-2022-452-orang-tewas>
- [7] Elga Aris Prastyo. 2020. Sensor Suhu Non Contact MLX90614 GY-906. Diakses pada 21 Mei 2023, dari <https://www.edukasi-elektronika.com/2020/09/sensor-suhu-non-contact-mlx90614-gy-906.html>
- [8] Fitriah, A., & Abadi, A. M.. 2011. Aplikasi Model Neuro Fuzzy Untuk Prediksi Tingkat Inflasi Di Indonesia.
- [9] Ganawati Dewi, dkk. 2008. *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Terpadu Dan Kontekstual IX*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- [10] Kusumadewi, S dan Purnomo, H. 2004. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [11] Kusumadewi, S dan Hartati, S. 2016. *Neuro Fuzzy Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] Melexis. (2019). *Technical Background Specifications for Melexis' single and dual zone - Infrared Thermometer in TO-39*. Diakses pada 1 Juni 2023, dari <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>.
- [13] Royen, Abi. "Pengertian, Tujuan Pemakaian dan Jenis Relay". Diakses pada 2 Februari 2024, dari <http://www.abi-blog.com/2014/04/pengertian-tujuan-pemakaian-dan-jenis-relay.html>.
- [14] Salikin, F. 2011. *Aplikasi Logika Fuzzy dalam Optimisasi Produksi Barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno*. Skripsi tidak dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [15] Santoso, Hari. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula (ebook)*. Trenggalek: ebook gratis. Diakses pada 25 Januari 2024, dari <http://www.elangsakti.com>
- [16] Setiadji. 2009. *Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [17] Teknik-Otomotif. (2017). Cara Kerja Rem Tromol dan Tipe-Tipe Rem Tromol. Diakses pada 28 Mei 2023, dari <https://www.teknik-otomotif.com/2017/05/cara-kerja-rem-tromol-dan-tipe-tipe-rem.html>.
- [18] Turban. E, dkk. 2005. *Decision Support System and Intelligent Systems, 7th Edition, Jilid 1*. Yogyakarta: Andi.