

PENGEREMAN OTOMATIS PADA SEPEDA MOTOR MENGUNAKAN METODE *FUZZYLOGIC*

Danang Sindhu Prasetyo¹⁾ Harianto²⁾ Weny Indah Kusumawati³⁾ Pauladie Susanto⁴⁾

Program Studi/Jurusan Teknik Komputer
Universitas Dinamika.

Jl. Raya Kedung Baru 98 Surabaya, 60298

Email: 1) 18410200020@dinamika.ac.id 2) hari@dinamika.ac.id 3) weny@dinamika.ac.id 4) pauladie@dinamika.ac.id

Abstrak: Ketika melakukan pengereman kebanyakan orang cenderung panik hingga asal menekan rem akibatnya sepeda motor sulit dikendalikan dan mengakibatkan pengemudi terjatuh. Selama berkendara pengemudi sepeda motor dituntut untuk selalu waspada dengan keadaan sekitar, karena banyak kejadian yang tidak terduga bisa terjadi, misalnya anak-anak sedang menyeberang jalan, saat mobil keluar dari tempat parkir atau keluar dari rumah, dan kondisi tidak terduga lainnya. Berdasarkan permasalahan diatas dibutuhkan sebuah alat yang dapat mendeteksi jarak atau suatu benda berada di depannya, lalu melakukan pengereman otomatis secara aman. Dengan adanya penelitian ini dapat mengurangi resiko kecelakaan kendaraan sepeda motor. Sensor JSN-SR04T terus bekerja pada saat mendeteksi suatu benda yang ada di depannya. Jika jarak terlalu dekat maka, sepeda motor melakukan sebuah keputusan dengan menekan rem secara otomatis dengan servo sebagai akuator. Pada penelitian ini penulis menggunakan sistem metode Fuzzy Logic Sugeno. Sistem ini memiliki input dari nilai jarak dan kecepatan masing-masing dari nilai memiliki berbagai kategori. Dari hasil input yang sudah dikategorikan nantinya diproses menjadi output servo sebagai akuator pegas rem pada sepeda motor. Hasil pengujian alat sistem kendali Fuzzy Logic dengan metode Fuzzy Sugeno memiliki error sebesar 2.72 %.

Kata Kunci: *Fuzzy Sugeno, Pengereman, Servo, Sensor JSN-SR04T.*

Ketika melakukan pengereman kebanyakan orang cenderung panik hingga asal menekan rem akibatnya sepeda motor sulit dikendalikan dan mengakibatkan pengemudi terjatuh. Selain fisik yang prima, konsentrasi dan kondisi motor yang maksimal, pengemudi wajib menguasai teknik pengereman yang baik (Suzuki, 2018). Berdasarkan permasalahan diatas dibutuhkan sebuah alat yang dapat mendeteksi jarak atau suatu benda yang berada di depannya, lalu melakukan pengereman otomatis secara aman. Sebelumnya ada penelitian mengenai sistem pengereman secara otomatis (Munandar & Aria, 2016) dengan judul Sistem Pengereman Otomatis Menggunakan Logika *Fuzzy* Berbasis Mikrokontroler. Sistem pengereman otomatis tersebut dapat bekerja ketika prototype mobil melaju dengan kecepatan tinggi maupun melaju dengan kecepatan rendah, dengan rata-rata tingkat keberhasilan melakukan pengereman hingga mobil berhenti melaju mencapai 100% dan jarak berhenti antara 5cm – 10cm, namun pada penelitian tersebut sistem diterapkan pada sebuah prototype mobil,

maka, pada penelitian ini penulis membuat sebuah sistem pengereman otomatis dengan metode *fuzzy* yang nantinya diterapkan pada sebuah sepeda motor. Dengan adanya alat ini dapat mengurangi resiko kecelakaan kendaraan sepeda motor. Ketika melakukan perjalanan, sensor ultrasonik terus bekerja pada saat mendeteksi suatu benda yang ada di depannya. Jika jarak terlalu dekat, maka sepeda motor melakukan sebuah keputusan dengan menekan rem secara otomatis dengan servo sebagai akuator.

LANDASAN TEORI

Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah suatu bentuk logika dimana nilai kebenaran variabel dapat berupa bilangan real dari 0 sampai dengan 1. Logika *fuzzy* ini digunakan untuk menangani konsep kebenaran sebagian, di mana nilai kebenaran berkisar antara sepenuhnya benar, sepenuhnya salah atau bahkan di antara keduanya. Dengan teori himpunan *fuzzy*, suatu objek dapat menjadi anggota dari banyak

himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda dalam masing-masing himpunan. Konsep ini berbeda dengan teori himpunan biner (*crisp*) (Galang Persada Nurani Hakim). Hubungan metode *fuzzy* pada sistem ini digunakan sebagai pengatur rem pada sepeda motor yang mempunyai kategori himpunan *fuzzy* pada *input* jarak yaitu, jauh, dekat dan sangat dekat. selain jarak metode *fuzzy* ini juga mendeteksi sebuah kecepatan dimana pengereman sangat berbahaya dengan kecepatan tinggi *fuzzy* pada *input* kecepatan terdapat 3 kategori himpunan yaitu cepat, normal, dan lambat. selain sebagai *input* metode *fuzzy* pada sistem juga berfungsi sebagai aktuator pengereman pada sepeda motor yang nantinya digerakan oleh servo.

Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah himpunan yang berisikan anggota atau rangkaian kesatuan nilai-nilai keanggotaan yang tumpang tindih antara 1 himpunan dengan himpunan yang lain (beririsan). Himpunan fuzzy memiliki ciri karakteristik yang memberikan setiap anggota himpunan suatu tingkat keanggotaan yang mempunyai nilai antara nol dan satu misal (0.1, 0.2 dan sebagainya).

Operator AND (DAN)

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (1)$$

Operator OR (ATAU)

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan α - predikat sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad (2)$$

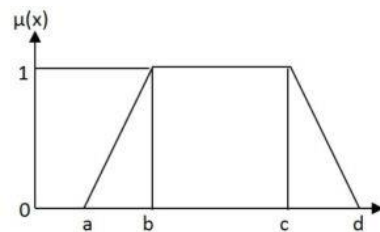
Operator NOT (KOMPLEMEN)

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x) \quad (3)$$

Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah sebuah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan ialah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan. Pada penelitian ini menggunakan fungsi representasi kurva trapesium. Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi Kurva Trapesium terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Representasi kurva trapesium

Fungsi keanggotaan :

$$\mu\{x\} = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c \leq x \leq d \\ 1 & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (4)$$

Metode Sugeno

Model Fuzzy Sugeno (*model fuzzy TSK*) diajukan oleh Takagi, Sugeno, dan Kang (Takagi dan Sugeno, 1985) dalam upaya untuk membangun pendekatan sistematis untuk membangkitkan aturan - aturan *fuzzy* dari himpunan data *input* - *output* yang diberikan. Suatu aturan *fuzzy* khas dalam model *fuzzy Sugeno* dibentuk: *if x is A and y is B then z = f(x,y)*, dimana A dan B himpunan *fuzzy* dalam anteseden dan $z = f(x,y)$ fungsi tegas dalam konsekuen. Jika $f(x, y)$ polinomial orde satu, FIS (*Fuzzy Inference System*) yang dihasilkan disebut model *fuzzy Sugeno* orde satu. Jika f konstan, dihasilkan model *fuzzy Sugeno* orde nol. FIS menggunakan metode Sugeno memiliki karakteristik, yaitu konsekuen tidak merupakan himpunan *fuzzy*, namun merupakan suatu persamaan linear dengan variabel - variabel sesuai dengan variabel - variabel *input*nya. Proses defuzzifikasi untuk metode Sugeno (Sitio, 2018).

Sensor JSN-SR04

JSN-SR04T merupakan sensor ultrasonik pengembangan dari sensor ultrasonic HC-SR04. JSN-SR04T mempunyai kelebihan tahan air, sehingga dapat dijalankan pada tempat yang basah ataupun lembab, dan sensor ini dapat membaca dengan jarak minimal 25-450 cm (Nyebarilmu, 2021). Sensor dilengkapi dengan kabel sepanjang 2,5 m yang terhubung ke papan breakout yang berfungsi mengontrol sensor dan melakukan pembacaan jarak. JSN-SR04T hanya sensor merupakan tahan air untuk papan breakout tidak, sehingga pada bagian papan breakout perlu ditempatkan yang tidak terkena air. Jika terkena air sensor tidak dapat membaca.



Gambar 2. JSN-SR04T

Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis chip ATmega2560 (datasheet). Ini memiliki 54 pin input/output digital (15 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC-ke-DC atau baterai untuk memulai (Arduino, n.d.). Pin tersebut dapat dijadikan *input* atau *output* untuk mengontrol atau menghubungkan antara komponen-komponen seperti LCD, sensor infrared, ultrasonik, bahkan untuk menggerakkan servo DC sebagai penggerak pegas rem.



Gambar 3. Arduino Mega 2560

Sensor Infrared LM393

Sensor Infrared adalah komponen elektronika yang dapat mendeteksi ketika cahaya

terhalangi oleh benda. Sensor infrared terdiri dari led sebagai pemancar dan photodiode sebagai penerima cahaya. Dari hasil cahaya yang dipantulkan oleh adanya hambatan di bagian depan modul. Modul ini memiliki potensiometer yang berguna untuk menyesuaikan jarak deteksi sensor.



Gambar 4. Infrared LM393

Sensor MPU 6050

Servo Motor adalah perangkat listrik yang digunakan pada mesin-mesin industri pintar yang berfungsi untuk mendorong atau memutar objek dengan kontrol yang dengan presisi tinggi dalam hal posisi sudut, akselerasi dan kecepatan, sebuah kemampuan yang tidak dimiliki oleh motor biasa (Schneider, 2019). Servo DS3235SG mempunyai torsi hingga 35kg/cm. Jika ingin memutar dan mengarahkan objek pada beberapa sudut atau jarak tertentu, maka harus menggunakan Servo Motor.



Gambar 5. Servo DS3235SG

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD (*Liquid Crystal Display*) dapat menampilkan suatu gambar/karakter dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel). Walaupun disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. LCD 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dan tiap baris mampu menampilkan 16 karakter.

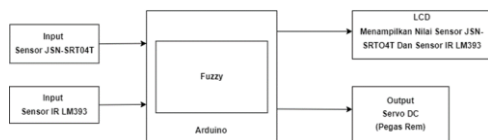


Gambar 6. LCD (*Liquid Crystal Display*)

METODE PENELITIAN

Blok Diagram

Gambar 7 dibawah merupakan perancangan hardware dengan *input* berasal dari nilai Sensor jarak JSN-SRT04T dan Sensor Kecepatan. *Input* tersebut ditampilkan melalui LCD (*Liquid Crystal Disk*) selanjutnya diproses oleh sistem mikrokontroler Arduino dengan menggunakan metode *Fuzzy logic* agar melakukan keputusan yang tepat saat pengereman dengan servo sebagai aktuator.



Gambar 7. Blok diagram

Pada gambar 7 blok diagram sistem diatas, masing-masing bagan yang terhubung pada Arduino Mega 2560 memiliki fungsi:

Input

Pada alat ini memiliki 2 input yaitu sensor Infrared dan sensor JSN-SRT04T masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Sensor Infrared: Sensor ini berfungsi mengukur kecepatan pada roda sepeda motor.
2. JSN-SR04T: Komponen ini berfungsi mengukur jarak yang terhalang didepan sepeda motor.

Proses

Pada bagian proses alat ini menggunakan 2 pengendali yaitu mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan Logika Fuzzy masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Arduino Mega 2560: Alat ini sebagai pengontrol input dan output pada sistem pengereman otomatis pada sepeda motor.
2. Logika Fuzzy: Pengendali Fuzzy digunakan untuk menghitung perbandingan nilai dari input yang diatur oleh aturan fuzzy sebagai pengendali pengereman.

Output

Bagian output yang dikendalikan pada alat ini yaitu servo dan LCD masing-masing memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Servo: berfungsi sebagai penggerak pegas rem sepeda motor.
2. LED 16x2: berfungsi untuk menampilkan kondisi nilai jarak, kecepatan dan posisi derajat gerak servo.

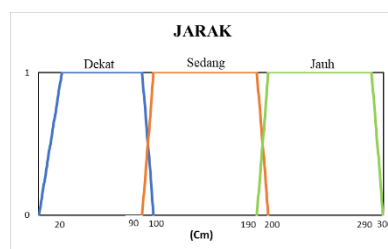
Sistem Fuzzy

Input Fuzzy Sugeno

Terdapat dua *input* yang pertama adalah kecepatan dan yang kedua jarak. Masing-masing *input* memiliki himpunan tersendiri yang berfungsi sebagai perbandingan untuk menentukan keluaran.

Himpunan fuzzy jarak

Pada fuzzifikasi *input* jarak memiliki 3 kategori himpunan yaitu dekat, sedang dan jauh. Pada pegas pengereman nantinya 3 kategori dari himpunan jarak sebagai syarat penentu sistem pengereman. Rentang jarak yang ditentukan oleh penulis adalah jarak 0-300 cm.

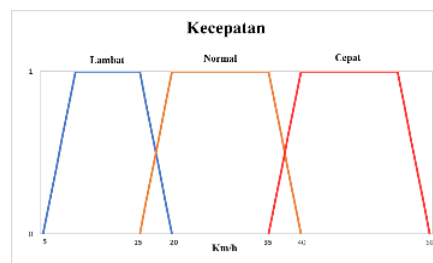


Gambar 8. Fuzzifikasi Jarak

Dekat	Trapezium	$a=0, b=20, c=90, d=100$
Sedang	Trapezium	$a=90, b=100, c=190, d=200$
Jauh	Trapezium	$a=190, b=200, c=290, d=300$

Himpunan Kecepatan

Pada fuzzifikasi *input* kecepatan memiliki 3 kategori himpunan yaitu lambat, normal, dan cepat. Dari *input* kecepatan masuk ke dalam proses perbandingan sebagai penentu sistem pengereman seperti halnya *input* jarak, sedangkan angka rentang pada *input* kecepatan adalah 0-60 km/h.



Gambar 9. Fuzzifikasi kecepatan

Lambat	Trapezium	$a=0, b=5, c=15, d=20$
Normal	Trapezium	$a=15, b=20, c=35, d=40$
Cepat	Trapezium	$a=35, b=40, c=55, d=60$

Output Fuzzy Sugeno

Pada *output fuzzy* ini memiliki *output* yaitu servo, fungsi dari derajat servo sedikit atau banyaknya digunakan sebagai penggerak pegas rem yang telah ditentukan pada *rule fuzzy Sugeno* sebagai berikut:

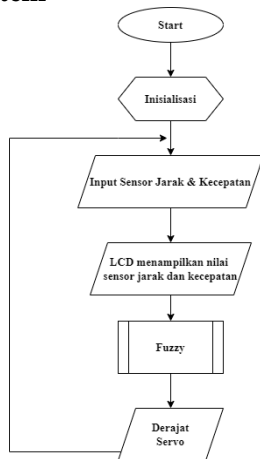
Kecepatan/Jarak	Lambat	Normal	Cepat
Dekat	1	1	2
Sedang	1	2	3
Jauh	2	3	3

1. IF Jarak Jauh and Kecepatan Lambat then Servo Level 1.
2. IF Jarak Jauh and Kecepatan Normal then Servo Level 1.
3. IF Jarak Jauh and Kecepatan Cepat then Servo Level 2.
4. IF Jarak Sedang and Kecepatan Lambat then Servo Level 1.
5. IF Jarak Sedang and Kecepatan Normal then Servo Level 2.
6. IF Jarak Sedang and Kecepatan Cepat then Servo Level 3.
7. IF Jarak Dekat and Kecepatan Lambat then Servo Level 2.
8. IF Jarak Dekat and Kecepatan Normal then Servo Level 3.
9. IF Jarak Dekat and Kecepatan Cepat then Servo Level 3.

Rule-rule diatas digunakan untuk mencari nilai *fuzzy output* yang didapatkan dari nilai *fuzzy input*, keluaran nilai dari *rule* sebagai besaran derajat servo sebagai berikut:

- Servo (40°): level 1
- Servo (50°): level 2
- Servo (60°): level 3

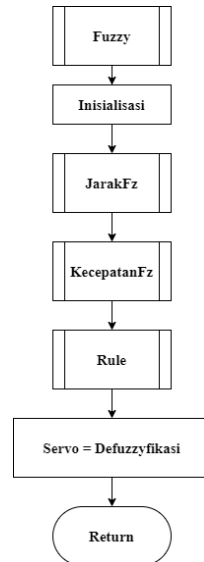
Flowchart Sistem Kontrol sistem



Gambar 10. Flowchart sistem

Flowchart gambar 10 pada sistem, dapat dijelaskan bahwa mempunyai 2 *input* yaitu nilai jarak dan kecepatan yang diambil dari sensor, lalu diproses dengan metode *fuzzy logic*. Di dalam *fuzzy* memiliki berbagai proses yaitu proses pertama memasukkan numerik ke dalam sistem *fuzzy* seperti 2 variabel yang diambil dari *inputan* yaitu jarak dan kecepatan, proses selanjutnya memetakan hasil *input* dari nilai jarak dan kecepatan untuk menentukan nilai kebenaran yang diinginkan. Proses terakhir sistem mengubah setiap hasil *rule* yang dikeluarkan dalam bentuk himpunan *fuzzy* kedalam suatu bilangan *real*. Hasil perubahan tersebut menghasilkan proses yang dapat diukur dalam logika *crisp* (tegas 0, atau 1) berfungsi untuk penekanan pegas rem yang digerakan oleh servo. Pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy sugeno* berdasarkan jurnal terdahulu yang ditulis (Widaningsih, 2017). Metode *sugeno* adaptif untuk menyesuaikan fungsi keanggotaan, sehingga sistem merupakan model *fuzzy* terbaik untuk pemodelan data.

Sistem Fuzzy



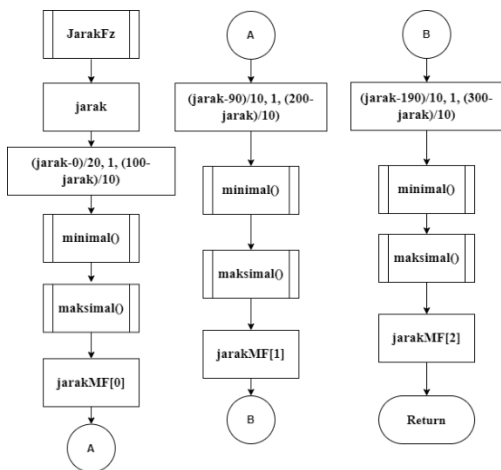
Gambar 11. Sistem fuzzy

Pada gambar 11 pada sistem *fuzzy* proses yang pertama melakukan inisialisasi pada mikrokontroler, selanjutnya nilai dari deteksi yang dihasilkan sensor jarak JSN-SR04T dan sensor IR LM393 sebagai sensor kecepatan diterima oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560. Setelah melakukan pembacaan nilai dimasukkan ke variabel yang disediakan, lalu diolah menggunakan sistem *Fuzzy Sugeno* dengan aturan-aturan yang ditentukan. Pada proses *fuzzyfikasi*, nilai dari masing-masing sensor diproses, sehingga

menghasilkan keluaran evaluasi *rule* dan *defuzzifikasi* sebagai penggerak derajat servo sebagai penekan pegas rem pada sepeda motor

Fuzzifikasi Jarak

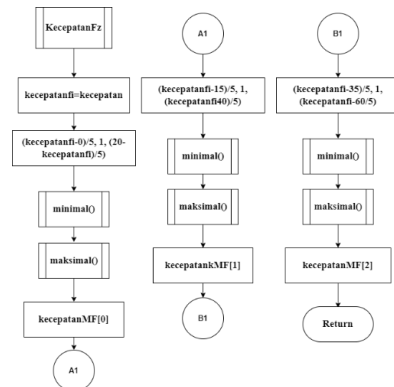
Dari proses data dari fuzzifikasi jarak didapatkan dari pembacaan sensor jarak JSN-SR04T berupa nilai untuk menentukan proses berdasarkan *rule* yang ditentukan. Pada fuzzifikasi jarak memiliki 3 himpunan antara lain seperti jarakMF [0] dengan rentang jarak 0-100 dapat dikatakan kategori dekat, jarakMF [1] dengan rentang jarak 100-200 dapat dikatakan kategori sedang dan jarakMF [2] dengan rentang jarak 200-300 dapat dikatakan kategori jauh. Berikut *flowchart* fuzzifikasi dari jarak:



Gambar 12. Fuzzifikasi jarak

Fuzzifikasi Kecepatan

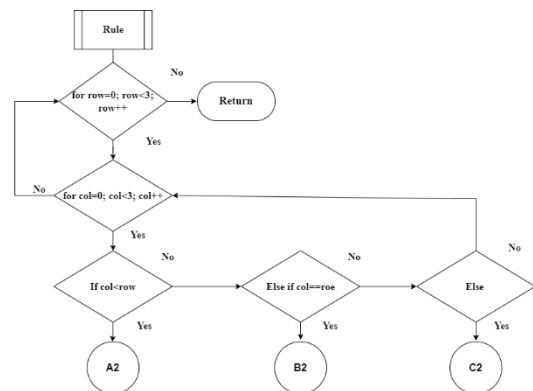
Dari proses data dari fuzzifikasi jarak didapatkan dari pembacaan sensor IR LM393 berupa nilai untuk menentukan proses berdasarkan *rule* yang ditentukan. Pada fuzzifikasi jarak memiliki 3 himpunan antara kecepatanMF [0] dengan rentang kecepatan 0-20 dapat dikatakan kategori dekat, kecepatanMF [1] dengan rentang kecepatan 20-40 dapat dikatakan kategori sedang dan kecepatanMF [2] dengan rentang kecepatan 40-60 dapat dikatakan kategori cepat. Berikut *flowchart* fuzzifikasi dari kecepatan:



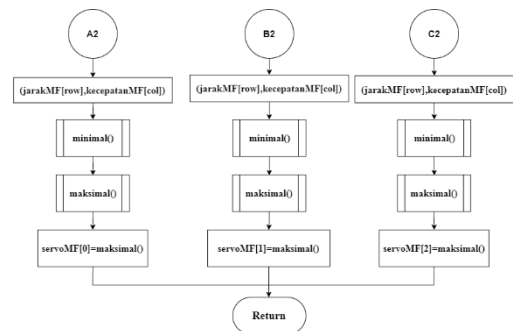
Gambar 13. Fuzzifikasi kecepatan

Evaluasi Rule

Evaluasi *rule* berfungsi untuk menentukan kondisi keluaran dari hasil nilai fuzzifikasi. Pada proses evaluasi *rule* sistem mengelompokkan dari hasil fuzzifikasi jarak dan kecepatan untuk mencari keluaran *fuzzy output*.



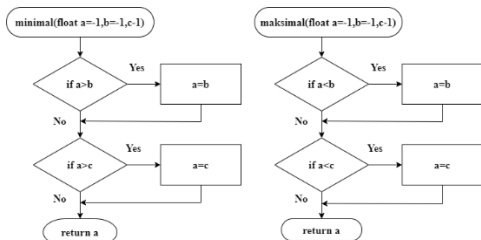
Gambar 14. Evaluasi rule



Gambar 15. Evaluasi rule

Flowchart Maksimal dan Minimal

Flowchart Maksimal dan minimal berfungsi untuk mengambil nilai dari keanggotaan yang terkecil dan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.



Gambar 16. Flowchart maksimal dan minimal

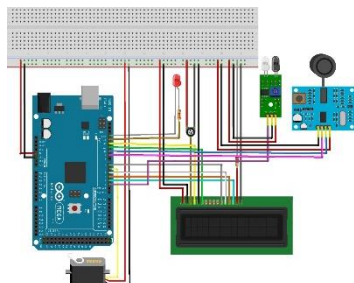
Defuzzyfikasi

Pada proses *defuzzyfikasi* menggunakan metode *Weight-Average* (rata-rata terbobot) dari hasil *output* semua aturan. Keluaran dari hasil *fuzzifikasi* merupakan nilai real dan dijadikan sebagai *output* derajat pada servo. Pada penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut:

```
rem =
(servoMF[0]*level1+servoMF[1]*level2+servo
MF[2]*level3) / (servoMF[0]+servoMF[1]+servo
MF[2]);
servo.write(rem);
```

Model Rancangan Elektronika

Rangkaian pada perangkat yang dibuat dapat dilihat pada gambar 15 Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler sebagai pengendali *input* maupun *output*.



Gambar 17. Perancangan elektronika

Keterangan pin pada gambar 17 terdapat pada tabel:

Tabel 1. Rangkaian sistem pada pin

No	Komponen	Pin Out
1	Sensor JSN-SR04T	TRIG (D10) & ECHO (9)
3	Sensor IR LM393	D2
4	Servo	D6
5	LED	D12
6	LCD 16x2	D12, D11, D4, D5, D6, D7

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sensor JSN-SR04T

Pengujian Sensor JSN-SR04T dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran jarak menggunakan sensor dengan pengukuran manual menggunakan alat ukur meteran.

Tabel 2. Pengujian sensor JSN-SR04T

No	Jarak		Error (%)
	Sensor (cm)	Meteran (cm)	
1	37	38	2.63
2	51	53	3.77
3	69	72	4.17
4	79	82	3.66
5	87	90	3.33
6	93	96	3.13
7	105	109	3.67
8	111	114	2.63
9	117	120	2.50
10	129	133	3.01
11	134	138	2.90
12	135	139	2.88
13	136	140	2.86
14	139	142	2.11
15	147	152	3.29
16	164	167	1.80
17	171	173	1.16
18	177	179	1.12
19	179	181	1.10
20	182	185	1.62
21	193	196	1.53
22	198	200	1.00
23	203	206	1.46
24	210	214	1.87
25	215	219	1.83
26	236	239	1.26
27	243	246	1.22
28	254	238	6.72
29	278	282	1.42
30	300	303	0.99
Rata - rata error			2.42

Dari hasil pengujian sensor JSN-SR04T dibandingkan dengan meteran dapat dilihat pada tabel 2 diatas antara sensor JSN-SR04T memiliki nilai lebih rendah dengan pengukuran secara manual dan memiliki selisih rata-rata 2.42 %.

Hasil Pengujian Sensor Kecepatan

Pengujian sensor kecepatan untuk mengambil data nilai kecepatan dari sepeda motor dan pengujian sensor dibandingkan dengan speedometer pada sepeda motor.

Tabel 3. Pengujian sensor kecepatan

No	Kecepatan		Error (%)
	Sensor (km/h)	Speedometer (km/h)	
1	2.15	2	7.50

No	Sensor (km/h)	Kecepatan Speedometer (km/h)	Error (%)
2	5.67	6	5.50
3	6.36	7	9.14
4	7.04	7	0.57
5	7.34	7	4.86
6	10.07	10	0.70
7	11.25	11	2.27
8	13.01	13	0.08
9	13.69	14	2.21
10	17.31	17	1.82
11	22.69	23	1.35
12	23.57	24	1.79
13	27.68	28	1.14
14	31.49	31	1.58
15	35.11	35	0.31
16	36.87	37	0.35
17	37.85	38	0.39
18	40.10	41	2.20
19	41.56	41	1.37
20	43.72	44	0.64
21	44.79	45	0.47
22	45.77	46	0.50
23	49.68	50	0.64
24	52.81	53	0.36
25	54.20	54	0.37
26	55.84	56	0.29
27	56.53	57	0.82
28	58.68	59	0.54
29	60.44	61	0.92
Rata - rata error			1.75

Berdasarkan hasil percobaan pada tabel 3 penujian sensor kecepatan, dilakukan dengan cara mengendarai sepeda motor dengan maksimal kecepatan 60 km/h. Dapat dilihat pada tabel 3 perbandingan nilai kecepatan sensor dengan speedometer memiliki error sebesar 1.75 %.

Hasil Pengujian Sistem Pengereman

Pengujian sistem berfungsi untuk menguji keseluruhan sistem, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seluruh komponen berjalan dengan baik. Pengujian keseluruhan sistem ini untuk mengatur pegas yang digerakan oleh servo atau akuator.

Tabel 4. Pengujian sistem pengereman

No	Jarak	Kecepatan	Derajat Servo	Hasil Manual	Error
1	186	15.38	20	21	3.66
2	176	15.74	21	21	2.23
3	186	15.92	21	22	3.85
4	188	15.65	21	21	1.41
5	187	15.47	20	21	4.49
6	205	15.38	20	20	0.00
7	187	14.75	20	20	0.00
8	187	15.74	21	21	2.23
9	225	16.47	20	20	0.00

No	Jarak	Kecepatan	Derajat Servo	Hasil Manual	Error
10	187	14.57	20	20	0.00
11	57	8.6	30	30	0.00
12	57	9.5	30	30	0.00
13	58	8.6	30	30	0.00
14	57	14.39	30	30	0.00
15	57	12.85	36	30	20.00
16	58	13.03	34	30	13.33
17	71	16.65	34	37	7.10
18	71	16.11	30	34	12.89
19	72	16.11	32	34	7.08
20	72	15.11	30	30	1.45
21	162	58.99	50	50	0.00
22	158	58.36	50	50	0.00
23	156	58.99	50	50	0.00
24	149	58.99	50	50	0.00
25	161	58.36	50	50	0.00
26	162	58.99	50	50	0.00
27	158	58.99	50	50	0.00
28	170	59.63	50	50	0.00
29	157	59.63	50	50	0.00
30	191	42.34	48	49	1.94
Rata-rata					2.72

Pada hasil pengujian keluaran nilai derajat servo dari sistem dengan perhitungan manual dapat dilihat pada tabel 4 memiliki perbedaan nilai error sebesar 2.72 %.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, terdapat beberapa tahapan dimulai dari perancangan, hasil dan pembahasan. Dari tahapan tersebut tentang penelitian pengereman otomatis pada sepeda motor menggunakan metode *Fuzzy Logic* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pembacaan nilai jarak pada alat ini menggunakan sensor JSN-SR04T, sedangkan untuk pembacaan nilai kecepatan menggunakan sensor infrared LM393.
2. Pada sistem otomasi alat yaitu jarak memiliki rata-rata error sebesar 2.42 %. kecepatan memiliki error 1.75 % dan hasil dari pengujian LCD juga benar.
3. Penerapan sistem kendali Fuzzy Logic dengan metode Fuzzy Sugeno memiliki error sebesar 2.72 %.
4. Pada rancangan mekanik alat ini servo menggunakan sistem pendorong, sehingga pegas rem pada sepeda motor tidak dapat menekan dengan sepenuhnya.

Saran

Adapun hasil dan pembahasan yang telah dilakukan oleh penulis, maka terdapat poin-poin yang memungkinkan melakukan pengembangan untuk lebih meningkatkan hasil yang lebih baik, diantaranya:

1. Menggunakan kamera untuk pengukuran jarak yang lebih akurat.
2. Menggunakan sensor pembacaan kecepatan yang akurat dan tahan terhadap air untuk mengetahui kecepatan sepeda motor.
3. Menggunakan Servo yang memiliki torsi lebih tinggi agar pegas rem bisa bekerja dengan baik.
4. Memodifikasi mekanik sistem pengereman dengan menarik pegas rem dengan kawat atau benang, sehingga servo dapat menggerakkan pegas rem pada sepeda moto secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. (t.thn.). *Arduino Mega 2560 /Genuino*. Diambil kembali dari <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560> >?msclkid=cc2a7933a5d711ecb0b6c123188fea03
- Galang Persada Nurani Hakim, S. M. (t.thn.). *SISTEM FUZZY Panduan lengkap Aplikatif*. Andi.
- kho, D. (2022). *Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD*. Diambil kembali dari <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>
- Kurniawan, M. D. (2019). *Jamur Tiram Menggunakan Metode Kontrol Logika Fuzzy*. Surabaya: STIKOM SURABAYA.
- Munandar, A., & Aria, M. (2016). Sistem Pengereman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler. *TELEKONTRAN*, 4(1), 1-17.
- Nyebartilmu. (2021). *Tutorial Mengakses Sensor Ultrasonic JSN-SR04T*. Dipetik April 28, 2021, dari <https://www.nyebartilmu.com/tutorial-mengakses-sensor-ultrasonic-jsn-sr04t/>
- Samudra, M. A. (2022). *Serem! Belasan Ribu Kecelakaan Lalu Lintas Terjadi di Awal 2022, Usia Segini Yang Paling Banyak Jadi Korban*. Dipetik Februari 18, 2022, dari <https://otomania.gridoto.com/read/243147836/serem-belasan-ribu-kecelakaan-lalu-lintas-terjadi-di-awal-2022-usia-segini-yang-paling-banyak-jadi-korban>
- Schneider. (2019). *Apa itu Servo Motor dan Kegunaannya ?* Dipetik Mei 2, 2019, dari <https://www.se.com/id/id/faqs/FA374507/?msclkid=d26d7b52a81b11eca232941200a8c91b>
- Sitio, S. L. (2018). Penerapan Fuzzy Inference System Sugeno untuk Menentukan Jumlah Pembelian Obat (Studi Kasus: Garuda Sentra Medika). *Jurnal Informatika Universitas Pamulang*, 104-109.
- Sutiono S.Kom., M. M. (2021). *Tutorial Menggunakan Sensor Infrared*. Diambil kembali dari [https://dosenit.com/machine-learning/arduino-12-tutorial-menggunakan-sensor-infrared#:~:text=Infrared %20IR%29detektor atau sensor infra merah adalah,satu modul dan dinamakan sebagai IR Detector Photomodules.](https://dosenit.com/machine-learning/arduino-12-tutorial-menggunakan-sensor-infrared#:~:text=Infrared%20IR%29detektor%20atau%20sensor%20infra%20merah%20adalah,%20satu%20modul%20dan%20dinamakan%20sebagai%20IR%20Detector%20Photomodule.)
- Suzuki. (2018). *Seperti Ini Teknik Mengerem Mendadak Tanpa Ngesot*. Diambil kembali dari <https://www.suzuki.co.id/tips-trik/seperti-ini-teknik-mengerem-mendadak-tanpa-ngesot?msclkid=4cea9d80aa7511ecbf28c24f71a089f6>
- Widaningsih, S. (2017). Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Tsukamoto, Mamdani dan Sugeno dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Distribusi Raskin di Bulog Sub. Divisi Regional (Divre) Cianjur. *Infoman's*, 51-65.