

Ilustrasi Pengereman Kendaraan Otonom Roda Tiga Menggunakan Aktuator Linear Elektrik

1st Amadeus Evan Jody H.

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

evanjody@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Fiky Y. Suratman

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

fysuratman@telkomuniversity.ac.id

3rd Arief Suryadi Satyawan

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

Arie021@brin.go.id

Abstrak — Penelitian ini mengembangkan sistem pengereman untuk kendaraan otonom roda tiga menggunakan aktuator linear elektrik, dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega 2560 Pro dan motor driver BTS 7960. Depth camera Intel RealSense D415 digunakan untuk mendeteksi jarak objek. Sistem mengatur kecepatan pengereman berdasarkan tiga segmen PWM: 255 untuk jarak 2-4 meter, 100 untuk jarak 4.01-6 meter, dan 60 untuk jarak 6.01-8 meter. Hasil pengujian menunjukkan respons cepat dan akurasi tinggi, dengan rata-rata delay kurang dari 1 detik, memastikan pengereman yang aman dan efisien.

Kata kunci— pengereman, kendaraan otonom, aktuator linear elektrik, depth camera, mikrokontroler ATmega 2560pro, motor driver BTS7960.

I. PENDAHULUAN

Di tengah perkembangan teknologi otomotif saat ini, industri manufaktur kendaraan berinovasi dalam membuat berbagai jenis kendaraan otonom. Kendaraan yang dimaksud tidak hanya efisien dan aman, tetapi juga harus memberikan jaminan keamanan berkendara dalam setiap kondisi, baik normal maupun tiba-tiba, seperti ketika kendaraan lain menabrak di jalan raya. Kepakeman sistem pengereman adalah komponen yang menentukan kenyamanan dan keselamatan kendaraan.[1]

Penelitian ini mengembangkan sistem pengereman untuk kendaraan otonom roda tiga menggunakan aktuator linear elektrik, yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega 2560 Pro dan driver motor BTS 7960. Sistem ini memanfaatkan *depth camera* Intel RealSense D415 untuk mendeteksi objek dan jaraknya. Aktuator linear elektrik dipilih karena kemampuannya memberikan kontrol yang presisi dan respons cepat. Sistem pengereman dibagi menjadi tiga segmen jarak untuk mengoptimalkan kecepatan aktuator sesuai jarak objek, meningkatkan keselamatan dan efisiensi pengereman.

II. KAJIAN TEORI

A. Kendaraan Otonom

Mobil otonom, juga disebut mobil self-driving, adalah mobil yang dapat bergerak sendiri tanpa bantuan

pengemudi manusia. Untuk mengemudi dengan aman, mereka mengumpulkan data dari lingkungan mereka menggunakan sensor, kamera, radar, lidar, dan kecerdasan buatan.[2] Desainnya yang lebih ringan dan fleksibel dibandingkan dengan kendaraan roda empat memberikan keunggulan dalam mobilitas perkotaan dan transportasi jarak pendek. Namun, desain ini juga menimbulkan tantangan dalam hal stabilitas dan pengendalian, terutama pada sistem pengeremannya.



GAMBAR 1
(Kendaraan Otonom Roda Tiga)

B. Sistem Pengereman Kendaraan Otonom

Rem adalah komponen kendaraan yang sangat penting untuk kenyamanan dan keselamatan pengendara karena dapat memperlambat atau menghentikan laju kendaraan. Jika tidak ada rem, pengendara dapat mengalami kecelakaan..[3] Sistem ini terdiri dari berbagai komponen, termasuk sensor untuk mendeteksi objek, pengontrol untuk memproses informasi, dan aktuator untuk menggerakkan mekanisme pengereman. Sistem pengereman elektromekanis telah terbukti lebih responsif dan efisien dibandingkan dengan sistem mekanis konvensional.

C. Aktuator Linear Elektrik

Aktuator elektrik merupakan aktuator memiliki prinsip kerja menghasilkan gerakan mekanik dari sinyal elektrik.[4] Keunggulan utama dari aktuator ini adalah kemampuannya untuk memberikan kontrol yang presisi dan respons yang cepat. Aktuator linear elektrik digunakan dalam berbagai aplikasi otomasi dan kendaraan karena keandalannya dan efisiensi energinya.



GAMBAR 2
(Aktuator Linear Elektrik)



Gambar 5
(Motor Driver BTS 7960)

D. Deteksi Jarak Menggunakan *Depth Camera*

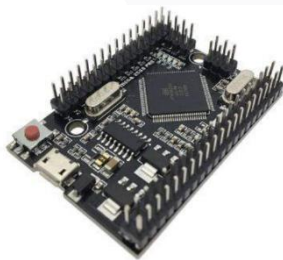
Depth Camera adalah kamera inframerah yang digunakan untuk pemrosesan gambar tiga dimensi yang mendeteksi bentuk dan kontur objek di dalam gambar.[5] seperti *depth camera* Intel RealSense D415, memainkan peran penting dalam mendeteksi jarak objek dan memberikan data yang akurat untuk sistem pengereman yang memungkinkan kendaraan otonom untuk mendeteksi dan bereaksi terhadap objek di sekitarnya secara real-time.



Gambar 3
(Intel Realsense D415)

E. Mikrokontroler ATmega 2560pro dan *Motor Driver* 7960

Mikrokontroler ATmega 2560pro adalah unit pemrosesan yang mengelola data dari kamera kedalaman dan mengirimkan sinyal kontrol ke *motor driver*. *Motor driver* BTS 7960 akan mengatur daya yang dibutuhkan oleh aktuator linear elektrik. Kombinasi ini memungkinkan sistem pengereman untuk berfungsi secara efisien dan responsif terhadap perubahan kondisi di sekitar kendaraan.



Gambar 4
(ATmega 2560 pro)

F. *Power Supply*

Power supply adalah sebuah komponen yang digunakan untuk memasok atau menyediakan daya listrik ke sebuah atau lebih perangkat yang nantinya akan memberi daya pada aktuator elektrik linear.



Gambar 6
(Power Supply 12 V 3 A)

G. Pengaturan PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM adalah metode pengendalian *power* yang biasanya mengatur jumlah tegangan yang akan digunakan dengan mengirim isyarat atau pulsa sebagai sinyal.[6] Pengaturan PWM pada aktuator linear menentukan kecepatan dan gaya pengereman yang dihasilkan. Pengaturan ini berdasarkan jarak objek yang terdeteksi, dengan tujuan untuk memastikan pengereman yang efektif dan responsif sesuai kondisi.

III. METODE

A. Kalibrasi Aktuator Elektrik Linear

Pengujian pergerakan aktuator dilakukan dengan menggunakan power supply untuk memberikan daya ke aktuator dan stopwatch untuk mengukur waktu pergerakan. Pertama, aktuator ditempatkan pada posisi awal (0 cm) dan power supply disambungkan ke aktuator untuk menggerakkan aktuator maju. Waktu pergerakan dicatat dengan menggunakan stopwatch ketika aktuator mulai bergerak dan mencapai setiap interval jarak (3 cm, 6 cm, 9 cm, 12 cm, 15 cm, 18 cm, 21 cm, 24 cm, 27 cm, dan 30 cm). Selanjutnya, pengujian aktuator bergerak mundur dilakukan dengan menempatkan aktuator pada posisi akhir (30 cm). Power supply disambungkan ke aktuator untuk menggerakkan aktuator mundur dan waktu

pergerakan dicatat menggunakan stopwatch ketika aktuator mulai bergerak dan mencapai setiap interval jarak mundur (27 cm, 24 cm, 21 cm, 18 cm, 15 cm, 12 cm, 9 cm, 6 cm, 3 cm, dan 0 cm).[7]

TABEL 1
(Pengujian Aktuator Bergerak Maju)

No.	Jarak	Waktu
1.	0 – 3 cm	01.65s
2.	3 – 6 cm	01.77s
3.	6 – 9 cm	02.03s
4.	9 – 12 cm	01.45s
5.	12 – 15 cm	02.05s
6.	15 – 18 cm	01.85s
7.	18 – 21 cm	01.90s
8.	21 – 24 cm	01.96s
9.	24 – 27 cm	01.74s
10.	27 – 30 cm	01.89s
Rata-rata		01.83s

TABEL 2
(Pengujian Aktuator Bergerak Mundur)

No.	Jarak	Waktu
1.	0 – 3 cm	01.56s
2.	3 – 6 cm	01.72s
3.	6 – 9 cm	02.25s
4.	9 – 12 cm	01.87s
5.	12 – 15 cm	01.52s
6.	15 – 18 cm	01.73s
7.	18 – 21 cm	01.77s
8.	21 – 24 cm	01.68s
9.	24 – 27 cm	01.94s
10.	27 – 30 cm	01.86s
Rata-rata		01.79s

objek yang terdeteksi untuk memastikan pengereman yang efektif. Untuk mencapai hal ini, digunakan tiga segmen PWM berdasarkan jarak yang diukur oleh Intel Realsense *Depth Camera D415*. Mikrokontroler ATmega 2560pro memproses data jarak dan mengatur sinyal PWM yang sesuai untuk mengendalikan aktuator linear melalui *motor driver BTS 7960*.

Pertama, sistem diinisialisasi dengan mengkonfigurasi pin input/output pada mikrokontroler dan mengatur komunikasi dengan depth camera. Kamera ini mengukur jarak ke objek di depannya dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian memproses data jarak ini untuk menentukan segmen PWM yang sesuai.

Jika objek terdeteksi pada jarak 2-4 meter, mikrokontroler mengatur PWM sebesar 255 untuk menghasilkan pengereman maksimal. Jika objek berada pada jarak 4.01-6 meter, PWM diatur pada nilai 100 untuk menghasilkan pengereman sedang. Untuk jarak 6.01-8 meter, PWM diatur pada nilai 60 untuk pengereman minimal. Dan jika tidak ada objek terdeteksi maka aktuator akan menarik mundur dan melepas pengereman. Pengaturan ini dirancang untuk memberikan respons pengereman yang tepat berdasarkan jarak objek, memastikan bahwa kendaraan dapat berhenti atau melambat dengan aman dan efisien.

GAMBAR 7
(Kodingan Mengatur PWM pada VScode)

```

if distance_meters < 8.0: # jarak dalam
meter

    person_detected = True

    if 6.01 <= distance_meters <= 8.0:

        ser.write(b'Long\n')

    elif 4.01 <= distance_meters <= 6.0:

        ser.write(b'Medium\n')

    elif 2.00 <= distance_meters <= 4.0:

        ser.write(b'Short\n')

    else:

        ser.write(b'S\n')

```

B. Pembagian 3 Segmen Kecepatan PWM

Dalam sistem pengereman kendaraan otonom roda tiga, kecepatan aktuator linear disesuaikan dengan jarak

```

if (command == "Long") {
    analogWrite(rPWM, 0);
    analogWrite(lPWM, 60); // PWM 60
}

else if (command == "Medium") {
    analogWrite(rPWM, 0);
    analogWrite(lPWM, 100); // PWM 100
}

else if (command == "Short") {
    analogWrite(rPWM, 0);
    analogWrite(lPWM, 255); // PWM 255
}

```

GAMBAR 8
(Kodingan Mengatur PWM pada Arduino Uno)

C. Pengujian Delay Pada Aktuator

Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek pada berbagai jarak dalam radius 2-8 meter. Pantau pergerakan aktuator saat objek terdeteksi pada 2-4 meter, 4-6 meter, dan 6-8 meter lalu mencatat delay pada saat objek masuk area deteksi dan aktuator mulai bergerak untuk ilustrasi pengereman.[8]

TABEL 3
(Pengujian Delay pada Range 2 m – 4 m)

Range Jarak Uji 2 m – 4 m			
No	Jarak Uji Objek	PWM	Delay (s)
1.	2 m	255	0.61
2.	2.25 m	255	0.54
3.	2.5 m	255	0.61
4.	2.75 m	255	0.87
5.	3 m	255	0.81
6.	3.25 m	255	0.74
7.	3.5 m	255	0.61
8.	3.75 m	255	0.68
9.	4 m	255	0.94
Rata – Rata Delay			0.71

TABEL 4
(Pengujian Delay pada Range 4.01 m – 6 m)

Range Jarak Uji 4.01 m – 6 m			
No	Jarak Uji Objek	PWM	Delay (s)
1.	4.25 m	100	1.01
2.	4.5 m	100	0.81
3.	4.75 m	100	0.80
4.	5 m	100	1.03
5.	5.25 m	100	0.67
6.	5.5 m	100	0.42
7.	5.75 m	100	0.47
8.	6 m	100	0.74
Rata – Rata Delay			0.74

TABEL 5
(Pengujian Delay pada Range 6.01 m – 8 m)

Range Jarak Uji 6.01 m – 8 m			
No	Jarak Uji Objek	PWM	Delay (s)
1.	6.25 m	60	0.48
2.	6.5 m	60	1.45
3.	6.75 m	60	1.57
4.	7 m	60	0.80
5.	7.25 m	60	0.96
6.	7.5 m	60	0.56
7.	7.75 m	60	0.96
8.	8 m	60	1.2
Rata – Rata Delay			0.99

D. Analisis Data

Data yang dikumpulkan selama pengujian dianalisis untuk mengukur responsivitas dan akurasi sistem pengereman. Analisis ini melibatkan evaluasi kinerja aktuator dalam merespons perubahan jarak objek dan kecepatan gerakannya. Berdasarkan hasil analisis, optimasi dilakukan pada pengaturan PWM untuk meningkatkan performa aktuator. Tujuan optimasi adalah untuk memastikan bahwa aktuator dapat bergerak dengan kecepatan yang sesuai pada jarak objek terdeteksi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kalibrasi aktuator elektrik linear menunjukkan bahwa aktuator dapat bergerak maju dan mundur dengan konsistensi waktu yang baik, mencatat setiap interval jarak secara konsisten. Pembagian segmen PWM berdasarkan jarak objek yang terdeteksi oleh Intel Realsense Depth Camera D415 memberikan hasil yang efektif dalam mengatur pengereman. Pada jarak 2-4 meter, PWM sebesar 255 memberikan pengereman maksimal, sedangkan pada jarak 4.01-6 meter dan 6.01-8 meter, PWM masing-masing sebesar 100 dan 60 memberikan pengereman sedang dan minimal. Pengujian delay menunjukkan respons cepat dengan rata-rata delay kurang dari 1 detik. Analisis data menunjukkan bahwa sistem pengereman ini memiliki responsivitas dan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi, dengan optimasi pengaturan PWM yang meningkatkan performa aktuator, memastikan pengereman yang aman dan efisien, mikrokontroler ATmega 2560 Pro dan *motor driver* BTS 7960 berhasil menggerakkan aktuator dengan responsif.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pengereman untuk kendaraan otonom roda tiga menggunakan aktuator linear elektrik yang dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega 2560 Pro dan motor driver BTS 7960. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa aktuator linear dapat bergerak dengan konsistensi waktu yang baik. Pembagian segmen PWM berdasarkan jarak objek yang terdeteksi oleh Intel RealSense Depth Camera D415 terbukti efektif dalam mengatur pengereman, dengan PWM 255 untuk pengereman maksimal pada jarak 2-4 meter, PWM 100 untuk pengereman sedang pada jarak 4.01-6 meter, dan PWM 60 untuk pengereman minimal pada jarak 6.01-8 meter. Pengujian delay menunjukkan respons cepat dengan rata-rata delay kurang dari 1 detik. Analisis data menunjukkan bahwa sistem ini memiliki responsivitas dan akurasi tinggi dalam berbagai kondisi, dengan optimasi pengaturan PWM yang meningkatkan performa aktuator, memastikan pengereman yang aman dan efisien. Kombinasi mikrokontroler ATmega 2560 Pro dan motor driver BTS 7960 berhasil menggerakkan aktuator dengan responsif, meningkatkan keselamatan dan efisiensi pengereman pada kendaraan otonom roda tiga.

DAN WAKTU Pengereman pada Mobil Hybrid Urban Kmhe 2018,” Jurnal Teknik Mesin, vol. 9, no. 3, p. 195, Dec. 2020, doi: 10.22441/jtm.v9i3.4998.

- [2] H. Yunus, “Perkembangan Terbaru dalam Teknologi Kendaraan Otonom Pendahuluan,” Jul. 2023.
- [3] A. Rahmadiansah, “RANCANG BANGUN SISTEM Pengereman Otomatis Berbasis Fuzzy PID pada Prototipe Mobil Otonom ACePITS Dosen Pembimbing PROGRAM STUDI S1 TEKNIK FISIKA DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2018.”
- [4] P. E. Simanjorang, M. Sabri, and A. F. Nasution, “ANALISA EKSperimental Gaya Potong, Termal dan Getaran pada Aktuator Teleskop Galah Pmanen Kelapa Sawit,” pp. 2809–3410, 2021, [Online]. Available: <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>
- [5] P. Zaid Barliena, A. Teguh Wibowo, M. A. Izzuddin, and A. Rachman, “SECURITY SYSTEM USING DEPTH CAMERA AND IOT.”
- [6] T. Suhendra et al., “Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan,” vol. 07, no. 02, pp. 78–85, 2018.
- [7] “CD 4”.
- [8] “CD 5”.

REFERENSI

- [1] L. O. M. A. Azdhar Baruddin, “ANALISIS PENGARUH KECEPATAN TERHADAP JARAK