

# Rancang Bangun Miniatur *Prototype Aircraft Towing Tractor (ATT)* berbasis Arduino menggunakan Sensor Garis

Rahmat Putra Adi W<sup>1</sup>, Joko Subur<sup>2</sup>, Sinung Widiyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknnik Elektro, Universitas Hang Tuah  
[adiwiyanto1397@gmail.com](mailto:adiwiyanto1397@gmail.com)

Received: January 2026; Accepted: March 2026; Published: May 2026

DOI: 10.30649/je.v7i1.157

## Abstrak

Bandar udara adalah sebuah kompleks yang terdiri dari sisi darat (*landside*) dan sisi udara (*airside*). Sisi *airside* merupakan bagian yang sangat penting dalam operasional bandara karena meliputi aktivitas *Ground handling*. Kegiatan *ground handling* lebih banyak dilakukan pada area *apron*. Khusus untuk peralatan *aircraft towing tractor (ATT)* pada hakikatnya merupakan *equipment* yang vital dalam kegiatan operasional pesawat di hanggar maupun di *apron*. ATT merupakan alat yang digunakan untuk menarik atau mendorong pesawat selama berada di darat. Mayoritas kendaraan ini masih dikendalikan oleh manusia. Selain itu, orang yang mengendarai ATT harus memiliki ijin khusus. Sedangkan pada kenyataannya, orang yang memiliki ijin khusus untuk dapat mengendarai ATT sangat sedikit. Sehingga memicu terjadinya jam kerja yang melebihi batas standart 8 jam kerja. Berdasarkan uraian tersebut, maka permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana mengurangi beban kerja operator ATT karena keterbatasan operator yang berijin sehingga dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja akibat kelelahan pada operator. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi beban kerja operator ATT karena keterbatasan operator yang berijin dengan cara membuat sebuah *prototipe* ATT berbasis arduino yang dapat berjalan secara otomatis sesuai jalur yang telah ditetapkan. Alat ini akan berfungsi sebagai salah satu perangkat yang bekerja pada area *apron* yang digunakan untuk mendorong pesawat dari *apron* menuju *taxiway* ketika akan lepas landas. Hasil penelitian didapatkan beban maksimal yang mampu didorong oleh alat ini adalah 3 Kg. Sedangkan untuk pengujian sensor garis dan lain-lain menghasilkan akurasi yang sangat baik yaitu mencapai 100%.

**Kata kunci:** *Aircraft towing tractor, ground handling, apron, taxiway, airside.*

## Abstract

*An airport is a complex consisting of the landside and the airside. The airside is a crucial part of airport operations because it encompasses ground handling activities. Ground handling activities are primarily carried out on the apron. Aircraft towing tractors (ATTs), in particular, are vital equipment for aircraft operations in the hangar and on the apron. ATTs are used to tow or push aircraft while on the ground. The majority of these vehicles are still operated by humans. Furthermore, those operating ATTs must have a special permit. In reality, very few people have the permit to operate ATTs, leading to working hours exceeding the standard 8-hour workday. Based on the description, the problem in this research is how to reduce the workload of ATT operators due to the limited number of licensed*

*operators so that it can reduce the occurrence of work accidents due to fatigue in operators. In addition, this research aims to reduce the workload of ATT operators due to the limited number of licensed operators by creating an Arduino-based ATT prototype that can run automatically according to a predetermined path. This tool will function as one of the devices that work in the apron area which is used to push the aircraft from the apron to the taxiway when taking off. The results of the study obtained the maximum load that can be pushed by this tool is 3 Kg. Meanwhile, for testing line sensors and others, it produces very good accuracy, reaching 100%.*

**Key words:** *Aircraft towing tractor, ground handling, apron, taxiway, airside.*

## I. PENDAHULUAN

Bandar udara adalah sebuah kompleks yang terdiri dari beberapa sisi, yaitu sisi darat (landside) dan sisi udara (airside). Sisi airside bandar udara merupakan area di mana pesawat terbang beroperasi, termasuk landasan pacu, *apron*, *taxiway*, dan *runway*. Sisi airside ini merupakan bagian yang sangat penting dalam operasional bandara, karena meliputi aktivitas penerbangan dan pelayanan darat untuk pesawat atau biasa disebut sebagai *Ground handling* [1].

Secara keseluruhan ruang lingkup pekerjaan *ground handling* diatur dalam IATA *Airport Handling Manual 34rd edition* tahun 2014 yang terdiri dari 9 section pelayanan standar yaitu *passenger handling, baggage handling, cargo and mail handling, aircraft handling and loading, load control, air side management and safety, aircraft movement control, standard ground handling agreement, airport handling GSE specification* [2]. Fasilitas peralatan pendukung pesawat selama berada di wilayah sisi udara juga memegang peran penting dalam menjaga keselamatan penerbangan [3].

Kegiatan *ground handling* lebih banyak dilakukan pada area *apron*. *Apron* (tempat parkir pesawat) merupakan tempat aktifitas *ground handling* terutama pergerakan peralatan GSE (*ground support equipment*). Sebagian peralatan GSE yang beroperasi di ramp adalah

*aircraft towing tractor, baggage towing tractor, gerobak (cart), lavatory service truck dan water service truck* termasuk kegiatan *loading* dan *unloading* dari dari gerobak (*cart*) ke dalam pesawat dan proses *boarding* atau pergerakan penumpang menuju dan meninggalkan pesawat [4]. Khusus untuk peralatan *aircraft towing tractor* pada hakikatnya merupakan *equipment* yang vital dalam kegiatan operasional pesawat di hanggar maupun di *apron*. *Aircraft towing tractor* merupakan alat yang digunakan khusus untuk menarik atau mendorong pesawat selama berada di darat [5].

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu karyawan yang bekerja di hanggar bandara, mayoritas kendaraan ini masih dikendalikan oleh manusia. Selain itu, orang yang mengendarai *aircraft towing tractor* harus memiliki ijin khusus untuk dapat mengoperasikan *aircraft towing tractor* di area bandara agar tidak terjadi kecelakaan kerja. Sedangkan pada kenyataannya, orang yang memiliki ijin khusus untuk dapat mengendarai *aircraft towing tractor* sangat sedikit. Sehingga memicu terjadinya jam kerja yang melebihi batas standart 8 jam kerja untuk operator *aircraft towing tractor*. Hal ini dapat memicu kejadian-kejadian lain yang tidak diharapkan seperti terjadinya kecelakaan kerja akibat dari kelalaian operator dalam mematuhi SOP karena kelelahan [6].

Berdasarkan hasil observasi di lapangan, masih ditemukan beberapa permasalahan terkait ketidakpatuhan

terhadap Standar Operasional Prosedur (SOP). Misalnya, terdapat petugas yang menempatkan alat *Ground Support Equipment* (GSE) salah satunya *aircraft towing tractor* pada jalur atau tempat yang tidak seharusnya [7].

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dicari sebuah solusi agar operator tidak lagi mengalami kelelahan akibat jam kerja yang berlebih sehingga dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja di area *apron* bandara. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan membuat sebuah robot yang memiliki kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Kecerdasan buatan merujuk pada kemampuan yang ditunjukkan oleh entitas buatan untuk melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia [8].

Perkembangan robot di Indonesia saat ini sangat pesat [9]. Banyak sekali robot yang telah dibuat dan beberapa dari robot tersebut sudah diproduksi secara massal untuk membantu kebutuhan manusia [10]. Selain itu, Kemajuan terbaru menunjukkan potensi metode kontrol *Proportional-Integral-Derivative* (PID) dalam meningkatkan kinerja suatu sistem kontrol semakin baik [11]. Pada nilai konstanta PID saling mempunyai

kelebihan sendiri-sendiri untuk melengkapi dari sistem kontrol rumus pencarian konstanta P, I, dan D dalam satu kondisi, Penyetelan konstanta menggunakan  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  akan mengakibatkan reaksi dari respon yang berbeda-beda [12].

Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dibuat sebuah *prototipe aircraft towing tractor* berbasis arduino yang dapat berjalan secara otomatis sesuai jalur yang telah ditetapkan. Alat ini akan berfungsi sebagai salah satu perangkat yang bekerja pada area *apron* yang digunakan untuk mendorong pesawat dari *apron* menuju *taxiway* ketika akan lepas landas atau *take off*. Selain itu, penelitian

ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya kecelakaan kerja di area *apron* bandara.

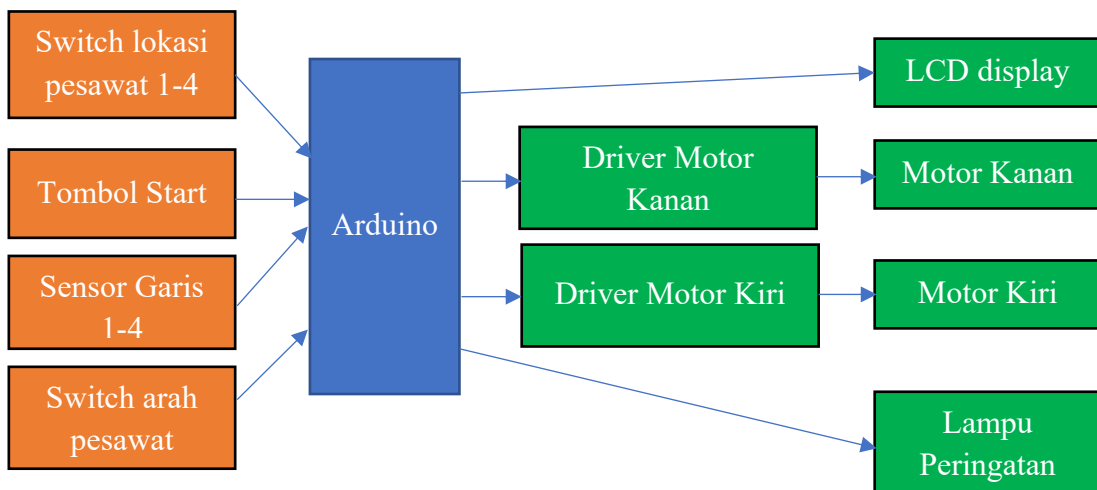
## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan dua tahapan utama dalam perancangan robot *aircraft towing tractor*. Tahap pertama adalah perancangan *software* atau sistem yang akan diterapkan pada mikrokontroler. Sedangkan tahap kedua adalah perancangan hardware atau perancangan dan pembuatan *prototype* robot *aircraft towing tractor*.

### 1. Perancangan sistem atau *software*

Pada perancangan sistem dilakukan pembuatan rencana program yang akan diterapkan pada arduino. Rencana program berupa diagram blok dan *flowchart*. Untuk diagram blok dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa sistem memiliki 10 masukan yang terdiri dari 1 tombol, 2 *switch* dan 4 sensor garis. Sedangkan untuk keluarannya, sistem memiliki 4 keluaran yang terdiri dari 2 motor, 1 LCD *display* dan 1 lampu peringatan. Pada awal dinyalakan, robot akan menunggu *switch* lokasi pesawat dipilih untuk mengetahui posisi pesawat berada pada *apron* nomor berapa dari 4 *apron* yang tersedia.

Kemudian, robot akan menunggu *switch* arah pesawat dipilih, pesawat akan didorong menghadap barat atau timur. Selanjutnya robot akan menunggu tombol *start* ditekan untuk memulai perjalanan menuju lokasi pesawat. Saat berjalan, robot akan membaca garis yang ada di sepanjang lintasan pesawat dengan menggunakan 4 buah sensor garis. Kemudian seluruh data tombol, *switch* dan sensor yang ada dimasukkan ke dalam arduino untuk selanjutnya diproses.



**Gambar 1.** Diagram Blok Sistem

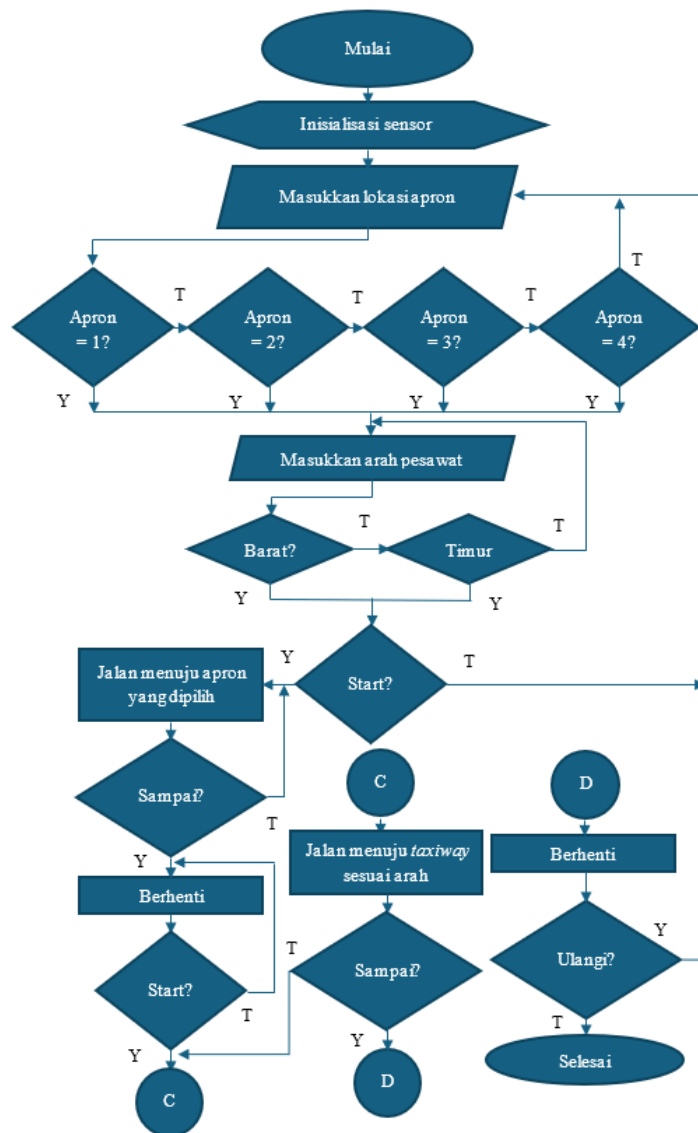
Hasil proses pada arduino akan menghasilkan perintah untuk motor kanan dan motor kiri bergerak maju, mundur atau berhenti. Selain itu, untuk mempermudah monitoring sebelum robot berjalan, data pilihan lokasi pesawat ditampilkan pada *LCD display*. Sedangkan agar tidak terjadi tabrakan karena dimensi dari robot yang lebih kecil dibandingkan *aircraft towing tractor* manual, robot dilengkapi lampu peringatan yang juga dikendalikan oleh arduino saat berjalan.

Setelah robot berada pada lokasi pesawat yang telah ditentukan, robot akan menunggu tombol *start* ditekan lagi untuk melanjutkan proses mendorong pesawat dari lokasi *apron* menuju area *taxiway*. Setelah sampai pada area *taxiway* yang telah ditentukan, robot akan berhenti untuk dikembalikan ke lokasi awal secara manual. Sedangkan untuk *flowchart* sistem dari robot *aircraft towing tractor* dapat dilihat pada Gambar 2.

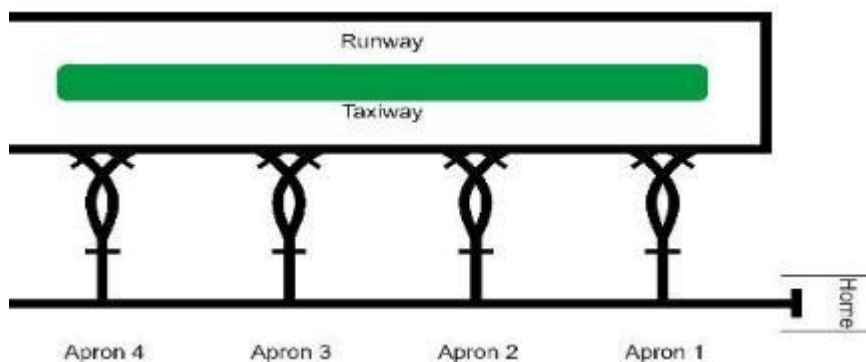
## 2. Perancangan *Hardware*

Pada perancangan *hardware*, akan dirancang bentuk dari area simulasi bandara serta bentuk dari robot *aircraft towing tractor*. Untuk bentuk dari area simulasi bandara dapat dilihat pada Gambar 3. Pada area simulasi bandara memiliki dimensi panjang 4 meter dan lebar 2 meter serta jalur pesawat berwarna hitam dengan lebar 5 cm. Sedangkan untuk gambar robot *aircraft towing tractor* sendiri dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

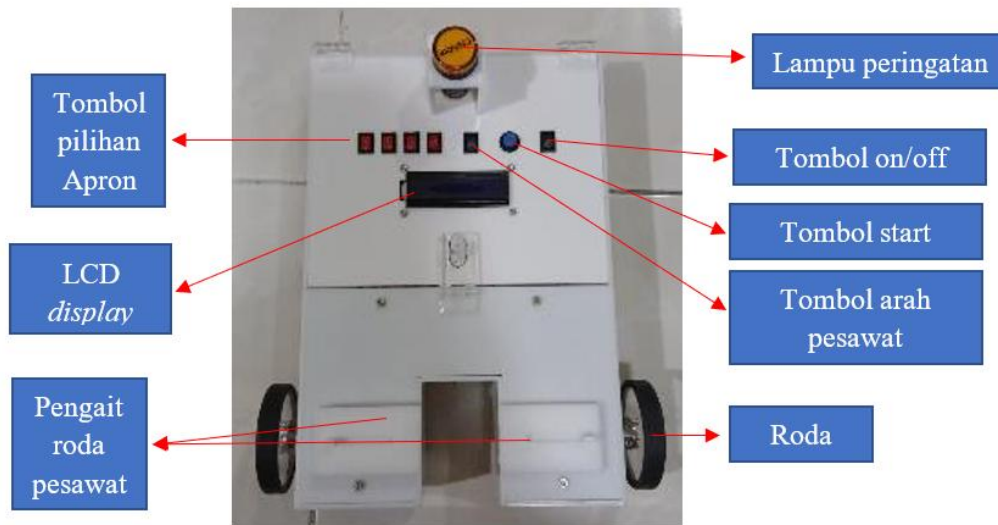
Untuk ukuran dari robot *aircraft towing tractor* ini memiliki ukuran panjang 30 cm, lebar 21 cm dan tinggi 6,5 cm. Untuk bagian bawah robot, digunakan akrilik dengan ketebalan 5 mm agar kuat menahan beban motor DC dan komponen elektronika yang lain. Sedangkan untuk bagian samping dan atas robot, digunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm.



Gambar 2. Flowchart Sistem Dari Robot Aircraft Towing Tractor



Gambar 3. Bentuk Dari Area Simulasi Bandara



**Gambar 4.** Gambar Robot ATT Sesungguhnya Tampak Atas

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dirancang. Pengujian pada bab ini akan menguji keseluruhan sistem saat robot mendorong pesawat menuju *taxiway*. Uji coba ini digunakan untuk mengetahui apakah robot yang dibuat dapat menuju apron yang dituju sesuai pilihan serta apakah robot dapat mendorong pesawat menuju *taxiway* sesuai arah yang dipilih.

Uji coba pada percobaan ini dilakukan dengan cara memilih saklar lokasi apron dan saklar arah yang terdapat pada bagian atas robot oleh operator sebagai petunjuk lokasi pesawat yang akan didorong dan arah mendorong

pesawat yang harus dilakukan oleh robot. Setelah saklar apron dan arah dipilih, kemudian operator menekan tombol start agar robot dapat mulai aktif. Uji coba dilakukan sebanyak 5 kali untuk masing-masing apron dan arah. Sementara itu, posisi awal robot saat uji coba berada pada lokasi *home*.

#### 1. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 1 Dengan Arah Pesawat Ke Kanan

Uji coba pertama dilakukan pada apron 1 dengan arah pesawat ke kanan. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Posisi Akhir Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 1 Menuju Taxiway Arah Kanan

Kemudian untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Percobaan Robot Mendorong Pesawat Dari Apron 1 Menuju *Taxiway* Arah Kanan

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	2,5 cm
2	2,6 cm
3	3,3 cm
4	4,1 cm
5	3,4 cm
Rata-rata	3,18 cm



**Gambar 6.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 1 Menuju *Taxiway* Arah Kiri

Sedangkan untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data percobaan robot mendorong pesawat dari apron 1 menuju *taxiway* arah kiri

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	2,5 cm
2	3,2 cm
3	3 cm
4	2,3 cm
5	2,1 cm
Rata-rata	2,62 cm

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 3,18 cm. Hal tersebut berarti posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di luar jalur dengan selisih  $3,18 - 2,5 = 0,68$  cm dari tepi jalur.

## 2. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 1 Dengan Arah Pesawat Ke Kiri

Uji coba selanjutnya dilakukan pada apron 1 dengan arah ke kiri. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 6.

mencapai 2,62 cm. Hal tersebut berarti posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di luar jalur dengan selisih  $2,62 - 2,5 = 0,12$  cm dari tepi jalur.

## 3. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 2 Dengan Arah Pesawat Ke Kanan

Uji coba selanjutnya dilakukan pada apron 2 dengan arah ke kanan. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 7. Sementara itu, untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 3.



**Gambar 7.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 2 Menuju *Taxiway* Arah Kanan

**Tabel 3.** Data percobaan robot mendorong pesawat dari apron 2 menuju *taxiway* arah kanan

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	2,1 cm
2	2 cm
3	2,5 cm
4	2,4 cm
5	3 cm
Rata-rata	2,4 cm

Menurut Tabel 3 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 2,4 cm. Itu berarti posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di dalam jalur dengan selisih  $2,4 - 2,5 = -0,1$  cm dari tepi jalur.

#### 4. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 2 Dengan Arah Pesawat Ke Kiri

Selanjutnya uji coba dilakukan pada apron 2 dengan arah ke kiri. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 2 Menuju *Taxiway* Arah Kiri

Sedangkan untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 2,7 cm. Itu berarti posisi roda pesawat setelah

didorong menuju *taxiway* berada di luar jalur dengan selisih  $2,7 - 2,5 = 0,2$  cm dari tepi jalur.

**Tabel 4.** Data Percobaan Robot Mendorong Pesawat Dari Apron 2 Menuju *Taxiway* Arah Kiri

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	2,6 cm
2	3,1 cm
3	2,3 cm
4	2,5 cm
5	3 cm
Rata-rata	2,7 cm

### 5. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 3 Dengan Arah Pesawat Ke Kanan

Selanjutnya uji coba dilakukan pada apron 3 dengan arah ke kanan. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 9. Kemudian untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 5.



**Gambar 9.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 3 Menuju *Taxiway* Arah Kanan

Dilihat dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 1,98 cm. Posisi tersebut berarti posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di dalam jalur dengan selisih  $1,98 - 2,5 = -0,52$  cm dari tepi jalur.

**Tabel 5.** Data Percobaan Robot Mendorong Pesawat Dari Apron 3 Menuju *Taxiway* Arah Kanan

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	1,5 cm
2	2,2 cm
3	2,5 cm
4	1,7 cm
5	2 cm
Rata-rata	1,98 cm

### 6. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 3 Dengan Arah Pesawat Ke Kiri

Selanjutnya uji coba dilakukan pada apron 3 dengan arah ke kiri. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 10. Selanjutnya untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 1,9 cm. Posisi tersebut berarti posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di dalam jalur dengan selisih  $1,9 - 2,5 = -0,6$  cm dari tepi jalur.



**Gambar 10.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 3 Menuju Taxiway Arah Kiri

**Tabel 6.** Data percobaan robot mendorong pesawat dari apron 3 menuju *taxiway* arah kiri

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	1,3 cm
2	1,7 cm
3	2 cm
4	2,4 cm
5	2,1 cm
Rata-rata	1,9 cm

### 7. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 4 Dengan Arah Pesawat Ke Kanan

Selanjutnya uji coba dilakukan pada apron 4 dengan arah ke kanan. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 4 Menuju *Taxiway* Arah Kanan

Sementara itu, untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 7. Menurut Tabel 7 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 2,16 cm. Hal tersebut berarti

posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di dalam jalur dengan selisih  $2,16 - 2,5 = -0,34$  cm dari tepi jalur.

**Tabel 7.** Data percobaan robot mendorong pesawat dari apron 4 menuju *taxiway* arah kanan

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	2,1 cm
2	2 cm
3	2,4 cm
4	2 cm
5	2,3 cm
Rata-rata	2,16 cm



**Gambar 12.** Posisi Akhir Dari Robot Setelah Mendorong Pesawat Dari Apron 4 Menuju *Taxiway* Arah Kiri

Kemudian untuk data percobaan yang berupa data jarak roda depan pesawat terhadap titik tengah jalur pesawat dapat dilihat pada Tabel 8. Menurut Tabel 8 dapat diketahui bahwa rata-rata jarak roda ke titik tengah jalur mencapai 1,56 cm. Hal tersebut berarti posisi roda pesawat setelah didorong menuju *taxiway* berada di dalam jalur dengan selisih  $1,56 - 2,5 = -0,94$  cm dari tepi jalur.

**Tabel 8.** Data percobaan robot mendorong pesawat dari apron 4 menuju *taxiway* arah kiri

Uji Coba	Jarak roda ke tengah jalur
1	1,1 cm
2	1,9 cm
3	1,5 cm

## 8. Uji Coba Mendorong Pesawat Pada Apron 4 Dengan Arah Pesawat Ke Kiri

Selanjutnya yang terakhir, uji coba dilakukan pada apron 4 dengan arah ke kiri. Gambar posisi akhir dari robot dapat dilihat pada Gambar 12.

4	2 cm
5	1,3 cm
Rata-rata	1,56 cm

## IV. SIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu pengujian keseluruhan sistem saat robot mendorong pesawat dari apron menuju *taxiway* menghasilkan robot ATT dapat mendorong pesawat dari apron menuju *taxiway* yang sudah ditentukan dengan arah yang sesuai pilihan meskipun masih terjadi sedikit *error* pada posisi akhir pesawat. Selain itu, posisi pesawat kadang berada di dalam jalur kadang berada diluar jalur. Hal tersebut bisa disebabkan karena kurang presisinya jalur melengkung pada area uji coba.

## V. RUJUKAN

- [1] W. W. Erlangga and R. F. H. Raden, "Analisis Kebutuhan Alat Aircraft Towing Tractor di Bandar Udara Fatmawati Soekarno Bengkulu," *JAMPARING: Jurnal Akuntansi Manajemen Pariwisata dan Pembelajaran Konseling*, vol. 1, no. 2, 2023.
- [2] S. Mustika and O. Oce P., "Kajian Ground Support Equipment (GSE) Motorized PT. Gapura Angkasa Cabang Soekarno Hatta," *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [3] F. Khoirunnisa, "Analisis Keteraturan Posisi Peralatan Pendukung Pesawat Dalam Keselamatan Penerbangan Di Sisi Udara Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta," Tugas Akhir, Poltekbang Palembang, Palembang, 2023.
- [4] S. Subandono, "Analisis Resiko Kecelakaan Pada Kegiatan Pelayanan Sisi Udara Pesawat Udara Di Bandara Soekarno-Hatta," Tesis, Univ. Indonesia, Depok, 2012.
- [5] A. F. Osef, R. S., and Belyamin, "Evaluasi Serviceability Aircraft Towing Tractor Wide (ATW) di PT XYZ," in *Pros. Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, vol. 12, no. 2, 2022.
- [6] P. A. W. Rahmat, Wawancara Pribadi, Surabaya, 14 Sep. 2025.
- [7] L. B. Juarni and A. D., "Pengaruh Kepatuhan SOP terhadap Kinerja Ground Handling dalam Pengoperasian GSE di Bandar Udara Sam Ratulangi Manado," *Jurnal Manajemen Bisnis Digital Terkini*, vol. 2, no. 3, 2025.
- [8] S. Joko, Suryadhi, and M. T., "Implementasi Kecerdasan Buatan Logika Fuzzy Pada Sistem Computer Vision Untuk Proses Deteksi Ukuran Ikan," in *Semin. Nas. Fortei7*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [9] R. Aditya, M. Taufiqurrohman, and S. Joko, "Rancang Bangun Penentuan Posisi Sepak Bola Beroda Menggunakan Metode Odometry Dan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)," *Jurnal Borneo Informatika & Teknik Komputer*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [10] R. Safriudin, "Navigasi Mobile Robot Untuk Mencapai Docking Station Dalam Proses Autodocking," *J-Eltrik*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [11] S. H. Azriel, M. Taufiqurrohman, and R. Safriudin, "PID Implementation for Depth Control and Navigation of Underwater Robots," *J. Electr. Electron. Eng.-UMSIDA*, vol. 9, no. 1, 2025.
- [12] S. Joko, Suryadhi, and E. A. Eki, "Penerapan Metode Fuzzy Logic-PID Sebagai Kontrol Gerak Robot Berkaki Enam (Hexapod)," in *Proc. Ser. Soc. Sci. Humanit., Pros. Semin. Nas. Tek. (SENATEK)*, vol. 6, 2023.