

ANALISIS PERBANDINGAN OPERASIONAL ANTARA *VISUAL DOCKING GUIDANCE SYSTEM (VDGS)* DAN *MARSHALLING*

Muhammad Umar Abdulloh¹, Mufti Arifin², Cynthia Rahmawati³, M. Furqon M⁴, T. Dikatama⁵

^{1,2,3}Fakultas Teknologi dan Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma

^{4,5}National Air And Space Power Of Indonesia

^{1,2,3,4}Muchammadfurqon10@gmail.com;

⁵ikeo.santai@gmail.com.

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui meningkatnya lalu lintas udara, efisiensi operasional bandar udara menjadi semakin penting, terutama dalam proses parkir pesawat. Visual Docking Guidance System (VDGS) dan marshalling merupakan dua metode utama yang digunakan untuk memandu pesawat menuju tempat parkir. VDGS merupakan sistem otomatis yang memanfaatkan sensor dan algoritma canggih untuk memandu pesawat dengan cepat dan akurat, sehingga meningkatkan efisiensi dan keselamatan dengan mengurangi ketergantungan pada faktor manusia. Sebaliknya, marshalling melibatkan personel darat yang memberikan panduan manual dengan sinyal visual, sehingga menawarkan fleksibilitas yang besar untuk menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi lingkungan. Namun, metode ini berisiko tinggi terhadap kesalahan manusia, yang dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan atau kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan antara VDGS dan marshalling dengan fokus pada efisiensi, akurasi, keselamatan, dan kepuasan pengguna. Studi literatur yang dilakukan mengintegrasikan hasil penelitian dari jurnal yang diterbitkan dalam dekade terakhir, Penelitian yang dilakukan oleh Mathavara menunjukkan bahwa marshalling memiliki risiko yang signifikan terkait dengan kesalahan manusia, yang dapat memengaruhi keselamatan operasi penerbangan. Kesalahan dalam proses penyusunan dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan insiden, mengingat metode ini sangat bergantung pada keterampilan komunikasi dan penilaian individu dari penyusun. Di sisi lain, VDGS, dengan fitur-fitur otomatisnya, dapat mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dan meningkatkan keselamatan operasional yang menunjukkan bahwa VDGS unggul dalam hal efisiensi dan akurasi, sementara penyusunan tetap relevan dalam situasi yang memerlukan penyesuaian manual. Sebagai kesimpulan, VDGS menawarkan keuntungan yang signifikan dalam hal kecepatan dan keselamatan, sementara penyusunan tetap penting dalam menghadapi kondisi operasional yang dinamis. Manajemen risiko terhadap kesalahan manusia dalam penyusunan adalah kunci untuk memastikan keselamatan dan efisiensi dalam proses parkir pesawat.

Kata Kunci: *Visual Docking Guidance System (VDGS)*, Penyusunan, Analisis Komparatif, Operasi Pesawat

Abstract — *This study aims to determine the increasing air traffic, airport operational efficiency is becoming increasingly important, especially in the process of aircraft parking. Visual Docking Guidance System (VDGS) and marshalling are two main methods used to guide aircraft to parking. VDGS is an automated system that utilizes advanced sensors and algorithms to guide aircraft quickly and accurately, thereby increasing efficiency and safety by reducing reliance on human factors. In contrast, marshalling involves ground personnel providing manual guidance with visual signals, thus offering great flexibility to adapt to changing environmental conditions. However, this method is high risk of human error, which can increase the likelihood of accidents or damage. This study aims to analyze the comparison*

between VDGS and marshalling with a focus on efficiency, accuracy, safety, and user satisfaction. The literature study conducted integrates research results from journals published in the last decade, Research conducted by Mathavara shows that marshalling has a significant risk associated with human error, which can affect the safety of flight operations. Errors in the marshaling process can increase the risk of accidents and incidents, considering that this method relies heavily on the communication skills and individual judgment of the marshaller. On the other hand, VDGS, with its automated features, can reduce the possibility of human error and increase operational safety indicating that VDGS excels in terms of efficiency and accuracy, while the arrangement remains relevant in situations that require manual adjustment. In conclusion, VDGS offers significant advantages in terms of speed and safety, while the arrangement remains important in the face of dynamic operational conditions. Managing the risk of human error in arrangement is key to ensuring safety and efficiency in the aircraft parking process.

Keywords: Visual Docking Guidance System (VDGS), Arrangement, Comparative Analysis, Aircraft Operations

1. PENDAHULUAN

Peningkatan lalu lintas udara di bandara global memerlukan penyesuaian dan perbaikan dalam berbagai aspek operasional untuk menjaga efisiensi dan keselamatan. Salah satu aspek penting dalam operasional bandara adalah proses parkir pesawat, yang memerlukan sistem yang dapat memastikan pemanduan pesawat ke tempat parkir dengan efisien dan aman. Dua sistem utama yang digunakan untuk pemanduan pesawat di apron adalah Visual Docking Guidance System (VDGS) dan marshalling. Kedua metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, yang memengaruhi efisiensi operasional dan keselamatan dalam proses parkir pesawat. Visual Docking Guidance System (VDGS) adalah perangkat otomatis yang dirancang untuk memandu pesawat ke tempat parkir di apron dengan cepat, halus, dan presisi. Sistem ini menggunakan layar LED berintensitas tinggi yang menampilkan informasi yang jelas dan mudah terlihat kepada pilot, memungkinkan mereka untuk melihat dan mengikuti panduan dengan tepat. VDGS dirancang untuk menangani berbagai jenis pesawat dan memberikan arahan docking yang tepat berdasarkan ukuran dan spesifikasi pesawat tersebut. [J.P.DennyDermawan,Okt2015]. Keunggulan

utama dari sistem ini termasuk kecepatan proses docking yang lebih tinggi, presisi yang lebih baik dalam penempatan pesawat, dan pengurangan kebutuhan akan personel darat yang dapat dioptimalkan untuk tugas-tugas lain di apron. Namun, meskipun VDGS menawarkan berbagai keuntungan, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan penerangan yang sangat penting untuk VDGS di beberapa area apron, terutama pada stand parkir yang terletak di tengah apron atau area yang minim fasilitas. Dalam situasi seperti ini, keberadaan marshaller menjadi penting. Marshalling adalah metode tradisional yang melibatkan petugas darat yang memberikan instruksi visual kepada pilot menggunakan gerakan tangan atau alat bantu seperti tongkat bercahaya. Metode ini bergantung pada keterampilan dan penilaian manusia untuk mengarahkan pesawat, terutama dalam kondisi visibilitas rendah dan cuaca buruk. Penelitian yang dilakukan oleh Mathavara [K. Mathavara and G. Ramachandran, 2022] menunjukkan bahwa marshalling memiliki risiko signifikan terkait dengan kesalahan manusia, yang dapat memengaruhi keselamatan operasi penerbangan. Kesalahan dalam proses marshalling dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan insiden,

mengingat metode ini sangat bergantung pada keterampilan komunikasi dan penilaian individual petugas marshaller. Di sisi lain, VDGS, dengan fitur otomatisnya, dapat mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dan meningkatkan keselamatan operasional. [S. H. Isnanto, Nov 2021] Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis efisiensi dan efektivitas sistem VDGS dan marshalling dalam operasional bandara. Fokus utama penelitian ini adalah pada aspek waktu dan keselamatan, dengan tujuan untuk mengidentifikasi keunggulan dan kelemahan masing-masing sistem. Dengan membandingkan kedua metode ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai bagaimana sistem VDGS dan marshalling dapat dioptimalkan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan di bandara. Penelitian ini juga akan mengevaluasi kondisi-kondisi operasional tertentu di mana masing-masing sistem menunjukkan keunggulan atau kelemahan, serta memberikan rekomendasi untuk penerapan sistem yang paling sesuai berdasarkan kebutuhan spesifik dari setiap bandara.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

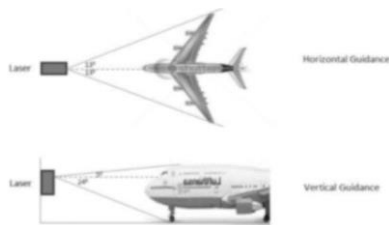
Penelitian ini memanfaatkan metode studi literatur yang mendalam untuk membandingkan operasional antara Visual Docking Guidance System (VDGS) dan Marshalling dalam konteks parkir pesawat di bandara. Proses penelitian dimulai dengan pencarian sistematis terhadap literatur yang

relevan, termasuk jurnal ilmiah, artikel, dan publikasi lain yang membahas kedua sistem tersebut. Pencarian ini dilakukan di database akademik dan sumber-sumber terpercaya lainnya untuk memastikan bahwa sampel yang diambil mencakup penelitian terbaru dan paling relevan. Selanjutnya, dilakukan analisis menyeluruh terhadap setiap studi yang diperoleh, dengan penekanan pada variabel-variabel utama seperti efisiensi operasional, akurasi dalam proses parkir, keselamatan penerbangan, serta kepuasan pengguna dari masing-masing sistem dalam tahap analisis, setiap artikel yang dipilih dievaluasi berdasarkan metodologi, hasil, dan kesimpulan yang disajikan. Proses ini mencakup perbandingan data empiris dan temuan dari berbagai studi untuk mengidentifikasi pola-pola umum serta perbedaan signifikan antara VDGS dan Marshalling. Fokus utama dari analisis ini adalah pada aspek-aspek yang berdampak langsung terhadap efektivitas sistem parkir, seperti waktu yang dibutuhkan untuk proses parkir, tingkat kesalahan, serta kepuasan pengguna. Penelitian ini juga mempertimbangkan berbagai kondisi operasional yang berbeda, termasuk kondisi cuaca dan volume lalu lintas pesawat, untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja kedua sistem. Hasil dari analisis literatur kemudian diintegrasikan untuk menyusun kesimpulan yang terstruktur dan mendalam. Kesimpulan ini diharapkan tidak hanya memberikan wawasan yang jelas tentang perbandingan efektivitas dan efisiensi antara VDGS dan Marshalling, tetapi juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengambilan keputusan dalam peningkatan kualitas operasional parkir pesawat di bandara. Dengan memanfaatkan data yang akurat dan representatif, penelitian ini bertujuan untuk membantu pengelola bandara dalam memilih sistem parkir yang paling sesuai dengan kebutuhan operasional mereka, sekaligus meningkatkan keselamatan dan kepuasan pengguna di industri penerbangan.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep Dasar Visual Docking Guidance System (VDGS)

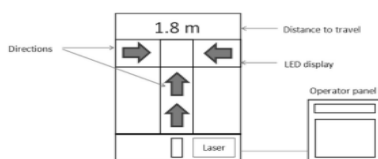
VDGS merupakan sistem panduan visual yang digunakan di bandara untuk membantu pilot dalam proses parkir pesawat secara akurat. Sistem ini menggunakan sensor laser, seperti Laser M1, yang dirancang untuk aman bagi mata manusia karena tidak mengeluarkan cahaya tampak. Laser ini memancarkan spektrum berkas cahaya yang diarahkan ke bodi pesawat, termasuk main frame dan sayap. Pantulan cahaya ini kemudian ditangkap oleh sensor penerima yang dihubungkan dengan pengirim data. Data yang diperoleh dari pantulan spektrum ini diolah dan dikirim ke layar tampilan LED dotmatrix. Dotmatrix ini akan menampilkan informasi secara real-time mengenai posisi pesawat dalam koordinat horizontal dan vertikal, membantu pilot untuk menyesuaikan posisi pesawat agar tepat dengan titik parkir yang ditentukan.



Gambar 2. Skema sistem kerja VDGS

3.2. Tampilan Visual Docking Guidance System (VDGS)

VDGS yang telah dipasang di bandara-bandara internasional memiliki berbagai bentuk tampilan. Beberapa bentuk tampilan yang digunakan di berbagai bandara di dunia diilustrasikan dalam gambar-gambar berikut:



Gambar 3. Konsep Tampilan VDGS

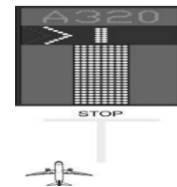
Tampilan Visual Docking Guidance System (VDGS) di bandara internasional bervariasi dalam bentuknya, pada **Gambar 3**

menampilkan informasi tentang jarak pesawat ke apron, arah gerak pesawat (kiri atau kanan), serta panduan untuk bergerak lurus menuju apron.



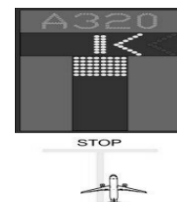
Gambar 4. Tampilan VDGS

Gambar 4 menunjukkan bahwa baris pertama menginformasikan jarak pesawat ke apron sementara baris kedua menampilkan arah gerak pesawat (kiri, kanan, atau lurus).



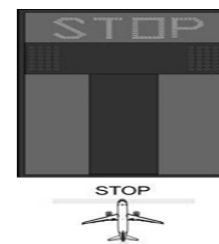
Gambar 5. Indikator pesawat terbang kurang ke kanan

Gambar 5 memperlihatkan jenis pesawat seperti Airbus A320, instruksi untuk membelok ke kanan, serta jarak pesawat ke apron



Gambar 6. Indikator pesawat terbang kurang ke kiri

Gambar 6 menunjukkan indikator yang mengarahkan pesawat untuk bergerak ke kiri dan mengindikasikan bahwa jarak ke apron sudah dekat



Gambar 7. Tanda berhenti

Gambar 7 menampilkan tanda "STOP" ketika posisi parkir yang diinginkan telah tercapai. Selain itu, tampilan VDGS juga

dapat menunjukkan kode jenis pesawat saat memasuki area parkir, seperti kode Airbus A320 yang dipilih melalui saklar manual yang menawarkan empat jenis atau kode pesawat tertentu.

3.3. Efisiensi Waktu Parkir

Dalam meningkatkan efisiensi operasional sistem parkir pesawat di bandara. dengan penerapan VDGS, proses parkir pesawat menjadi lebih cepat dan akurat, berkat penggunaan teknologi sensor dan algoritma canggih yang mampu menghitung posisi pesawat secara real-time. Sistem ini mengurangi durasi yang diperlukan untuk menyelesaikan proses parkir, memungkinkan pesawat untuk segera dilayani atau dipersiapkan untuk penerbangan berikutnya. Keberadaan VDGS juga membawa peningkatan signifikan dalam hal akurasi selama proses parkir. Dengan panduan sistem ini, posisi pesawat dapat diatur dengan sangat presisi, memastikan bahwa pesawat berada dalam posisi yang aman dan optimal, sehingga risiko kerusakan baik pada pesawat maupun fasilitas bandara dapat diminimalkan.[C. Choi, J.-H. Ahn, and H. Byun, Jun 2008] Akurasi yang ditawarkan oleh VDGS juga berkontribusi pada optimalisasi ruang parkir di bandara, yang menjadi sangat penting terutama di bandara dengan tingkat lalu lintas penerbangan yang tinggi. VDGS telah terbukti secara konsisten meningkatkan efisiensi proses parkir pesawat di bandara.[P. C. Susanto, R. F. Jaya Sakti, and P. Widiyanto, Nov 2021]. VDGS menggunakan serangkaian sensor dan perangkat lunak mutakhir untuk menghitung dan memonitor posisi pesawat dengan tingkat presisi yang tinggi. Sistem ini mengintegrasikan data dari berbagai sumber, seperti sensor optik, radar, dan teknologi pengolahan gambar, untuk memberikan panduan yang akurat kepada pilot dan tim ground handling. Setiap sensor berfungsi untuk mengukur jarak dan sudut pesawat relatif terhadap garis parkir yang telah ditentukan, dan data ini diproses secara real-time untuk menghasilkan panduan visual yang jelas dan mudah dipahami.

Sistem ini secara signifikan mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses parkir pesawat dibandingkan dengan metode marshalling tradisional, waktu yang diperoleh untuk memarkirkan pesawat terbang dengan menggunakan alat ini, lebih singkat yaitu 30 detik. Sedangkan tanpa menggunakan alat 35 detik.[D. Dermawan and M. R. Jalu Purno] Hal ini disebabkan oleh kemampuan VDGS untuk memberikan panduan yang lebih presisi dan otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia langsung, sehingga proses parkir menjadi lebih cepat dan efisien.[A. Adetayo Olaniyi and K. Olufunto Adedotun, Sep 2018] Selain itu, VDGS mengurangi beban kerja yang harus ditanggung oleh petugas darat. Dengan adanya sistem ini, petugas dapat mengalihkan perhatian mereka kepada tugas-tugas lain yang mungkin memerlukan perhatian lebih di area apron, seperti memantau keadaan pesawat atau memastikan keselamatan di sekitar apron. Di sisi lain, metode marshalling tradisional sering kali dianggap kurang efisien dibandingkan dengan sistem VDGS. Proses marshalling manual biasanya memerlukan waktu lebih lama, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau visibilitas yang rendah. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses marshalling secara rata-rata lebih lama dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh VDGS. Hal ini disebabkan oleh ketergantungan pada keterampilan dan pengalaman marshaller serta potensi adanya kesalahan manusia yang dapat memperlambat proses secara keseluruhan.

3.4. Analisis Sistem VDGS

VDGS menawarkan efisiensi dan akurasi yang tinggi dalam membantu pilot selama fase parkir pesawat. Sensor laser yang digunakan mampu memberikan data yang akurat mengenai posisi pesawat, sehingga membantu dalam mengurangi risiko kesalahan parkir yang dapat menyebabkan kerusakan pada pesawat atau infrastruktur bandara. Selain itu, tampilan LED dotmatrix

yang jelas dan mudah dimengerti oleh pilot memungkinkan panduan yang efektif, bahkan di bawah kondisi cuaca yang buruk atau visibilitas yang rendah. Penggunaan teknologi VDGS ini juga berkontribusi pada peningkatan keselamatan di apron dengan mengurangi ketergantungan pada personel darat, seperti marshaller, yang sering kali harus bekerja dalam jarak dekat dengan pesawat yang bergerak. Sistem VDGS dengan berbagai indikator visual ini menjadi solusi canggih yang mengintegrasikan teknologi sensor modern untuk memberikan panduan yang presisi, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperkuat keselamatan dalam proses parkir pesawat di bandara.

3.5. Akurasi Penempatan Posisi Parkir

Akurasi adalah salah satu keunggulan utama Visual Docking Guidance System (VDGS) yang merupakan sebuah terobosan signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional sistem parkir pesawat di bandara. Dengan penerapan VDGS, proses parkir pesawat menjadi lebih cepat dan akurat, berkat penggunaan teknologi sensor dan algoritma canggih yang mampu menghitung posisi pesawat secara real-time. Dalam dunia penerbangan, akurasi dalam proses parkir pesawat merupakan faktor krusial yang dapat memengaruhi keselamatan dan efisiensi operasional di apron bandara. Oleh sebab itu Visual Docking Guidance System (VDGS) menunjukkan keunggulannya yang signifikan dibandingkan dengan metode marshalling manual. VDGS merupakan sistem teknologi canggih yang dirancang untuk memberikan panduan presisi kepada pilot saat proses parkir pesawat. Sistem ini memanfaatkan berbagai teknologi sensor yang sangat maju, seperti sensor optik, kamera, atau radar, untuk mengukur dan memantau posisi pesawat dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Dengan menggunakan tampilan LED yang jelas dan mudah dibaca, VDGS dapat memberikan instruksi yang sangat tepat kepada pilot, memandu mereka untuk memasukkan pesawat ke posisi parkir

yang telah ditentukan dengan sangat teliti.[A. Adetayo Olaniyi and K. Olufunto Adedotun, Feb 2018] Salah satu keunggulan utama VDGS adalah kemampuannya dalam menghitung posisi pesawat dengan margin kesalahan yang sangat kecil. Dalam kondisi apron yang padat di bandara besar, di mana setiap inci ruang sangat berharga, akurasi ini menjadi sangat penting. Bandara dengan volume lalu lintas pesawat yang tinggi dan pesawat-pesawat berukuran besar menghadapi tantangan tersendiri dalam hal pengaturan ruang. VDGS mengatasi tantangan ini dengan memberikan panduan yang sangat akurat, sehingga mengurangi risiko tabrakan atau kerusakan pada pesawat dan infrastruktur bandara. Keakuratan ini memastikan bahwa pesawat diparkir pada tempat yang tepat, sehingga proses pemuatan barang dan penumpang dapat dilakukan dengan lebih efisien. Sebaliknya, akurasi dalam proses marshalling manual sangat bergantung pada keterampilan dan pengalaman dari marshaller. Marshalling, yang dilakukan secara manual, cenderung memiliki tingkat akurasi yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem VDGS. Keterbatasan marshaller dalam hal visibilitas terhadap seluruh area apron atau kesulitan dalam berkomunikasi dengan pilot dalam kondisi visibilitas rendah, seperti dalam cuaca buruk atau malam hari, dapat menyebabkan margin kesalahan yang lebih besar. Dalam situasi di mana marshaller tidak dapat melihat secara keseluruhan atau komunikasi tidak efektif, risiko kesalahan dalam penempatan pesawat menjadi lebih tinggi. Kesalahan dalam marshalling manual dapat mengakibatkan kesalahan posisi yang dapat memicu risiko tabrakan dengan objek lain atau mengakibatkan kerusakan pada pesawat dan infrastruktur apron[9]. Oleh karena itu, meskipun marshalling manual masih digunakan di banyak tempat, keunggulan akurasi yang ditawarkan oleh VDGS memberikan kelebihan yang signifikan dalam hal keselamatan dan efisiensi operasional di bandara.

Aspek	Visual Docking Guidance System (VDGS)	Marshalling
Akurasi	Tinggi, dengan margin kesalahan sangat kecil.	Tergantung pada keterampilan dan pengalaman marshaller, margin kesalahan lebih besar.
Efisiensi Proses	Lebih cepat dan efisien, berkat panduan otomatis dan presisi.	Marshalling Lebih lambat, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau visibilitas rendah.
Waktu Penyelesaian	Singkat, mengurangi waktu yang diperlukan untuk proses parkir pesawat.	Rata-rata lebih lama dibandingkan VDGS, dipengaruhi oleh keterampilan dan potensi kesalahan manusia.

Tabel 1. Perbandingan akurasi dan efisiensi antara Visual Docking Guidance system dengan Marshalling

3.6 Keselamatan

Visual Docking Guidance System (VDGS) merupakan salah satu inovasi penting dalam industri penerbangan yang berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan keselamatan operasional di bandara. Sistem ini berfungsi dengan menyediakan panduan visual yang jelas dan akurat untuk proses parkir pesawat, dan secara efektif mengurangi ketergantungan pada petugas darat. Dengan mengintegrasikan teknologi canggih, VDGS mampu mengoptimalkan proses parkir pesawat, sehingga mengurangi risiko kesalahan manusia dan meminimalkan interaksi langsung antara petugas darat dan pesawat. Secara operasional, VDGS bekerja dengan menampilkan informasi visual kepada pilot dan petugas ground support mengenai posisi pesawat yang tepat selama proses parkir. Sistem ini sering dilengkapi dengan panel layar atau lampu yang menunjukkan posisi pesawat, jarak dari titik parkir, serta panduan arah. Dengan panduan yang akurat ini, VDGS mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dalam penempatan pesawat dan meminimalkan risiko tabrakan dengan peralatan ground support atau struktur bandara. Salah satu keuntungan utama dari penggunaan VDGS adalah kemampuannya dalam mengurangi ketergantungan pada petugas darat untuk mengarahkan pesawat. Dalam sistem konvensional yang mengandalkan marshalling atau isyarat tangan petugas, ada potensi besar untuk terjadinya miskomunikasi atau kesalahan interpretasi. Hal ini dapat menyebabkan kecelakaan yang melibatkan pesawat atau peralatan ground support. Dengan VDGS, panduan visual

yang jelas menghilangkan potensi kesalahan ini dan memberikan petunjuk yang konsisten kepada pilot, sehingga meningkatkan akurasi dan efisiensi proses parkir. Selain itu, VDGS juga berkontribusi pada pengurangan frekuensi kecelakaan. Ini menunjukkan bahwa implementasi VDGS secara substansial menurunkan insiden yang dapat menyebabkan kerusakan pada pesawat atau peralatan ground support. Dengan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia, sistem ini mengurangi risiko kerusakan yang dapat terjadi selama proses parkir, yang pada gilirannya mengurangi biaya perbaikan dan pemeliharaan. Penggunaan VDGS juga berdampak positif terhadap keselamatan petugas darat. Dengan mengurangi jumlah petugas yang diperlukan untuk berada di sekitar pesawat selama proses parkir, sistem ini mengurangi potensi risiko cedera atau kecelakaan yang dapat dialami oleh petugas tersebut. Petugas tidak perlu lagi berada di dekat pesawat untuk memberikan isyarat langsung, yang mengurangi kemungkinan mereka terpapar pada bahaya atau kecelakaan yang mungkin terjadi selama proses parkir. Dalam konteks lingkungan kerja, VDGS menciptakan suasana yang lebih aman dengan menghilangkan kebutuhan untuk petugas darat yang secara langsung mengarahkan pesawat. Ini tidak hanya mengurangi potensi bahaya yang dapat terjadi di sekitar pesawat, tetapi juga mempermudah koordinasi antara pilot dan tim ground support. Dengan demikian, VDGS memainkan peran penting dalam menciptakan lingkungan operasional yang lebih efisien dan aman di bandara. Secara keseluruhan, penerapan Visual Docking Guidance System di bandara membawa dampak signifikan terhadap keselamatan dan efisiensi operasional. Dengan menyediakan panduan visual yang jelas dan akurat, VDGS mengurangi risiko kesalahan manusia, mengurangi frekuensi kecelakaan, dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman bagi petugas darat dan pilot. Inovasi ini merupakan langkah maju dalam upaya untuk meningkatkan standar

keselamatan dan operasional dalam industri penerbangan. Di sisi lain, marshalling masih menggunakan proses manual di mana seorang marshaller secara langsung mengarahkan pesawat ke posisinya menggunakan isyarat tangan dan perangkat sinyal memiliki beberapa kelemahan signifikan terkait keselamatan, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau visibilitas rendah. Kesalahan marshaller dapat menyebabkan peningkatan risiko tabrakan antara pesawat dan peralatan ground support, serta meningkatkan potensi kerusakan pada kedua belah pihak. Kesalahan ini seringkali disebabkan oleh faktor-faktor seperti penglihatan yang buruk atau gangguan dalam komunikasi.[A. Kwiatkowski, Mar 2022] Selain itu, marshalling manual juga dapat menyebabkan kelelahan pada petugas, terutama dalam kondisi kerja yang menuntut atau dalam periode waktu yang panjang, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kinerja mereka dan meningkatkan risiko kesalahan. Kelelahan petugas marshaller dapat memengaruhi kecepatan dan ketepatan respons mereka terhadap situasi yang berubah, yang dapat berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan atau kerusakan.[C. A. Wenner and C. G. Drury, Agust 2000]. Sistem Visual Docking Guidance System (VDGS) umumnya sangat tinggi, yang dikenal dengan kemampuannya dalam memberikan panduan yang sangat jelas dan konsisten selama proses parkir pesawat, telah menjadi pilihan utama dalam meningkatkan efisiensi dan keselamatan di bandara. Dengan memberikan indikator visual yang jelas dan terukur mengenai posisi pesawat relatif terhadap parkirnya. Terutama dalam kondisi visibilitas rendah, di mana marshalling manual mungkin tidak cukup efektif, VDGS menawarkan alternatif yang lebih andal dan nyaman.[A. Kucuk Yilmaz, Apr 2019]. Berikut perbandingan keamanan dan keselamatan antara Visual Docking Guidance system dengan Marshalling yang ditampilkan pada Tabel 2.

Aspek	Visual Docking Guidance System (VDGS)	Marshalling
Keselamatan	Mengurangi risiko kesalahan manusia; meminimalkan interaksi langsung dengan pesawat.	Risiko kesalahan lebih tinggi, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau visibilitas rendah.
Keamanan	<ul style="list-style-type: none"> Mengurangi frekuensi kecelakaan yang melibatkan pesawat dan peralatan ground support. Kelelahan Mengurangi kebutuhan akan petugas yang berada di sekitar pesawat 	<ul style="list-style-type: none"> Peningkatan risiko tabrakan dan kerusakan pada pesawat atau peralatan ground support. Dapat menyebabkan kelelahan, mempengaruhi kinerja dan ketepatan

Tabel 2. Perbandingan keamanan dan keselamatan antara Visual Docking Guidance system dengan Marshalling

Keberadaan sistem ini mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dan meningkatkan kepastian dalam proses parkir pesawat, yang pada gilirannya meningkatkan keselamatan dan efisiensi di lapangan. Secara keseluruhan, meskipun marshalling manual masih memiliki tempatnya dalam operasi bandara, adopsi sistem seperti VDGS menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hal efisiensi, akurasi, dan kepuasan pengguna. Sistem otomatis ini membawa manfaat besar bagi pilot dan petugas bandara, menjadikannya sebagai pilihan yang sangat dihargai dalam industri penerbangan modern. Pada **Tabel 3**. Meunjukkan perbandingan antara Visual Docking Guidance System (VDGS) dan marshalling mengungkapkan perbedaan signifikan dalam berbagai aspek. VDGS memberikan akurasi yang tinggi berkat penggunaan sensor dan kamera, serta efisiensi waktu yang sangat cepat karena otomatisasi dan real-time processing[5], dengan tingkat keselamatan yang sangat tinggi dan risiko kesalahan manusia yang minim. Namun, implementasinya memerlukan biaya yang besar dan biasanya lebih cocok untuk bandara besar dengan lalu lintas pesawat tinggi. Di sisi lain, marshalling, meski menawarkan akurasi yang bervariasi bergantung pada keterampilan marshaller dan efisiensi waktu yang relatif lambat karena bersifat manual, memiliki biaya implementasi yang rendah dan cocok untuk bandara kecil serta situasi darurat. Kebutuhan tenaga kerja untuk marshalling lebih tinggi, dan keandalannya bervariasi berdasarkan faktor manusia, namun ia bersifat universal dan dapat digunakan untuk semua jenis pesawat dibandingkan dengan VDGS yang hanya bisa digunakan pada pesawat tertentu seperti Airbus A320

dan sejenisnya[D. Dermawan and M. R. Jalu Purnomo], menjadikannya fleksibel dan ekonomis untuk berbagai skenario operasional.

Tabel 3. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan VDGS dengan Marshalling

Aspek	VDGS	Marshalling
Akurasi	Lebih akurat (menggunakan sensor dan kamera)	Kurang akurat (Bergantung keterampilan marshaller)
Efisiensi Waktu	Lebih cepat (otomatis dan real-time)	Lebih lambat karena mengandalkan proses manual dan bergantung pada marshaller.
Keselamatan	Risiko human error lebih sedikit.	Human error lebih banyak
Kebutuhan Tenaga Kerja	Lebih sedikit	Lebih banyak Menggunakan marshaller untuk setiap pesawat
Kehandalan	Lebih tinggi (Menggunakan teknologi tingkat lanjut)	Lebih rendah (Bergantung pada faktor manusia)

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Dalam analisis perbandingan antara Visual Docking Guidance System (VDGS) dan marshalling untuk proses parkir pesawat, VDGS menunjukkan keunggulan signifikan dalam hal efisiensi, akurasi, dan keselamatan. Sistem VDGS, dengan teknologi sensor dan algoritma canggih nya, mampu mengurangi waktu parkir dan memastikan posisi pesawat dengan margin kesalahan yang minimal, mengurangi risiko kerusakan pada pesawat dan fasilitas bandara serta meningkatkan keselamatan operasional dengan mengurangi kesalahan manusia dan interaksi langsung antara petugas darat dan pesawat. Sebaliknya, proses marshalling cenderung lebih lambat dan kurang efisien, terutama dalam kondisi cuaca buruk atau visibilitas rendah, dengan akurasi yang sangat bergantung pada keterampilan marshaller. Risiko keselamatan juga lebih tinggi, dengan potensi kecelakaan dan kerusakan yang meningkat dalam situasi visibilitas rendah atau cuaca buruk. Walaupun VDGS memberikan kepuasan tinggi di kalangan pilot dan petugas bandara, marshalling tetap relevan dalam situasi yang memerlukan penyesuaian manual atau dalam kondisi operasional yang dinamis. Oleh karena itu, meskipun integrasi VDGS meningkatkan efisiensi dan keselamatan, marshalling masih diperlukan untuk kondisi tertentu di mana teknologi mungkin tidak berfungsi secara optimal.

5. REFERENSI

- [1] J. P. Denny Dermawan, "Perancangan Tampilan Visual Docking Guidance System (Vdgs) Pada Sistem Parkir Pesawat Terbang," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. VII, no. 2, pp. 181–191, Oct. 2015.
- [2] K. Mathavara and G. Ramachandran, "Role of Human Factors in Preventing Aviation Accidents: An Insight," in *Aero nautics-New Advances*, Intech Open, 2022.
doi: 10.5772/intechopen.106899.
- [3] S. H. Isnanto, "Improving employee job satisfaction in aviation industry," *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 13, no. 2, Nov. 2021,
doi: 10.28989/angkasa.v13i2.1093.
- [4] "European Patent Application," PCT/CN2015/083205
- [5] D. Dermawan and M. R. Jalu Purnomo Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Jln Janti Blok Lanud Adisutjipto, "Perancangan Visual Docking Guidance System (VDGS) Untuk Sistem Parkir Pesawat Terbang oleh."
- [6] C. Choi, J.-H. Ahn, and H. Byun, "Visual recognition of aircraft marshalling signals using gesture phase analysis," in *2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, IEEE, Jun. 2008, pp. 853–858.
doi: 10.1109/IVS.2008.4621186.
- [7] P. C. Susanto, R. F. Jaya Sakti, and P. Widiyanto, "Alat Bantu Pendaratan Visual Di Airport Untuk Mendukung Keselamatan Pesawat," *Aviasi: Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan*, vol. 17, no. 1, pp. 35–44, Feb. 2021,
doi: 10.52186/aviasi.v17i1.57.
- [8] A. Adetayo Olaniyi and K. Olufunto Adedotun, "Artificial Intelligence in Aircraft Docking: The Fear of Reducing Ground Marshalling Jobs to Robots and Way-Out," *American International Jour*

nal of Multidisciplinary Scientific Research, vol. 1, no. 2, pp. 25–32, Sep. 2018, doi: 10.46281/aijmsr.v1i2.185.

- [9]D. Pal, A. Singh, H. Khairnar, and A. Alladi, “OpenMarshall: Open-Set Recognition of Aircraft Marshalling Signals for Safe Docking,” in *2023 3rd International Conference on Intelligent Technologies (CONIT)*, IEEE, Jun. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/CONIT59222.2023.10205835.
- [10]A. Kwiatkowski, “Human Factor in Flight Safety Management,” *Security Dimensions*, vol. 40, no. 40, pp. 22–37, Mar. 2022, doi: 10.5604/01.3001.0015.8152.
- [11]C. A. Wenner and C. G. Drury, “Analyzing human error in aircraft ground damage incidents,” *Int J Ind Ergon*, vol. 26, no. 2, pp. 177–199, Aug. 2000, doi: 10.1016/S0169-8141(99)00065-7.
- [12]A. Kucuk Yilmaz, “*Strategic approach to managing human factors risk in aircraft maintenance organization: risk mapping*,” *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 91, no. 4, pp. 654–668, Apr. 2019, doi: 10.1108/AEAT-06-2018-0160.