

## ABSTRAK

Dalam pengoperasian UAV *multirotor* secara otomatis, penggunaan GPS untuk navigasi koordinat tujuan umumnya rentan terhadap ketidakakuratan data posisi, sehingga menyebabkan adanya penyimpangan posisi pendaratan. Proses tersebut merupakan tahapan krusial dalam memenuhi aspek keamanan dan ketepatan UAV transportasi logistik yang mana menjadi fokus pada proyek penelitian ini. Penerapan deteksi ArUco *marker* saat pendaratan menjadi salah satu solusi efektif dan praktis untuk mencapai posisi akhir pendaratan yang presisi. Model UAV dilengkapi dengan kamera yang dapat mendeteksi *marker* berukuran  $50 \times 50$  cm pada pusat *landing pad* berukuran  $100 \times 100$  cm dari ketinggian terbang 8 m. Estimasi posisi *marker* relatif terhadap koordinat aktual UAV menjadi referensi koordinat tujuan dalam memperbaiki posisi UAV dan mempertahankannya saat proses pendaratan. Algoritma pendaratan yang diusulkan menerapkan ketentuan minimum sudut *threshold* untuk UAV dapat menurunkan ketinggian. Algoritma diuji pada dua skema berbeda yaitu navigasi UAV dengan koordinat tujuan sesungguhnya, dan koordinat dengan penyimpangan sebesar 2 m dari koordinat *landing pad*. Keberhasilan algoritma pendaratan presisi ditetapkan berdasarkan posisi akhir UAV di dalam area *landing pad*. Algoritma ini berhasil mengontrol posisi UAV terhadap pusat *landing pad* selama mendeteksi *marker* dengan selisih jarak horizontal awal paling jauh berkisar 411 cm menjadi hanya 1,7 cm, serta mencapai 94% pemenuhan sudut *threshold*, dan nilai efektivitas sebesar 0,79 untuk posisi akhir UAV di dalam area *landing pad*.

Kata kunci: UAV *Multirotor*, Navigasi, Pendaratan, ArUco *Marker*, Algoritma, dan *Landing Pad*

## ABSTRACT

*In the autonomous operation of multirotor UAVs, the use of GPS for waypoint navigation is generally susceptible to positional data inaccuracies, resulting in deviations to the landing position. This process is a critical stage in ensuring the safety and accuracy of UAVs in logistics transportation, which is the focus of this research project. Implementing ArUco marker detection during the landing process proves to be an effective and cost-efficient solution to achieve precise final landing positions. The UAV model is equipped with a camera capable of detecting marker sized  $50 \times 50$  cm at the center of a  $100 \times 100$  cm landing pad from altitude of 8 m. Estimating the marker's position relative to the current UAV coordinates serves as a reference target coordinates to correct and maintain the UAV's position during landing. The proposed landing algorithm applies minimum of threshold angles' requirement to enable the UAV to descend. The algorithm is tested under two different scenarios: one using UAV navigation with actual target coordinates and the other using coordinates deviated by 2 m from the landing pad coordinates. The success of the precise landing algorithm is determined by the UAV's final position within the landing pad area. The algorithm successfully controls the UAV's position to the center of the landing pad while detecting markers, reducing the initial maximum horizontal distance deviation of up to 411 cm to a mere 1.7 cm. Additionally, it achieves a 94% threshold angle compliance and an effectiveness value of 0.79 for the UAV's final position within the landing pad area.*

*Keywords: Multirotor UAV, Navigation, Landing, ArUco Marker, Algorithm, and Landing Pad.*

