



## INTISARI

### **Kendali Kestabilan Sikap Terbang *Quadtiltrotor* pada Gerak Translasi**

Oleh

Andi Dharmawan  
12/339729/SPA/00442

*Quadrotor* sebagai salah satu jenis *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang *underactuated* memiliki jumlah gaya gerak lebih rendah dari derajat kebebasannya atau *Degree Of Freedom* (DOF). Kondisi ini menyebabkan *quadrotor* memiliki mobilitas terbatas. Jika *quadrotor* dikembangkan menjadi *quadtiltrotor* yang memiliki 6 DOF atau lebih gaya gerak (sistem *overactuated*), model matematika dan sistem kendali untuk mengoptimalkan penerbangan akan berbeda dari sebelumnya. Dengan banyaknya manuver yang dapat dilakukan, penerbangan *quadtiltrotor* memiliki kecenderungan mengalami *multiovershoot* dan *steady state error* yang cukup besar ketika melakukan gerak translasi dengan tetap mempertahankan orientasi kemiringan wahana dengan bumi (dengan menerapkan anti rotasi). Oleh karena itu dibutuhkan kendali penerbangan *quadtiltrotor* yang dapat mengatasi masalah tersebut.

Sistem kendali penerbangan *quadtiltrotor* dirancang diatas model matematika dari wahana menggunakan pendekatan Newton-Euler. Kemudian sistem kendali diterapkan pada model matematika tersebut. Terdapat beberapa metode pengendalian yang telah diuji pada simulasi penerbangan *quadtiltrotor*, terdiri dari *Linear Quadratic Regulator* (LQR), LQR dengan Integrator, dan *Linear Quadratic Gaussian* (LQG) dengan Integrator.

Berdasarkan ketiga metode tersebut, pengujian dengan metode kendali LQG dan Integrator menghasilkan kendali yang optimal untuk gerak translasi dan anti rotasi *quadtiltrotor* yang tidak menimbulkan *overshoot* dan *steady state error* yang berarti (lebih kecil dari  $0,01^\circ$  pada gerak anti rotasi) walaupun mengalami gangguan proses (berupa angin) dan gangguan pengukuran (gangguan *sensing*). Hasil pengujian dengan indeks kinerja *Integral Absolute Error* (IAE) dan *cost function* LQR menunjukkan bahwa metode LQG dengan Integrator memiliki nilai terendah dibandingkan dengan metode LQR biasa dan LQR dengan Integrator, yaitu sebesar 8,42 untuk indeks kinerja IAE dan 1.549 untuk *cost function* LQR. Hal ini menunjukkan bahwa kendali LQG dengan integrator lebih optimal dibandingkan metode LQR biasa dan LQR dengan Integrator.

**Kata kunci :** UAV, *quadrotor*, LQG



## ABSTRACT

### **Flight Attitude Stability Control of Quadtiltrotor in Translation Movement**

by

Andi Dharmawan  
12/339729/SPA/00442

Quadrotor as one type of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is an underactuated system. This condition means the system has a fewer numbers of motion forces than its Degree Of Freedom (DOF). This condition causes the quadrotor to have limited mobility. If the quadrotor is developed into a multirotor system like quadtiltrotor that has 6 DOF or more motion forces (overactuated system), the mathematical model and control system to optimise the flight will be different from before. With so many manoeuvres that can be done, the quadtiltrotor flight tends to experience multiovershoot and steady *state* error when making translational motion while maintaining the tilt orientation of the earth (by applying anti-rotation). Therefore a quadtiltrotor flight handler is required to solve the problem.

The quadtiltrotor flight control system is developed using the mathematical model of its body. The quadtiltrotor mathematical model is designed using the Newton-Euler approach Then a control system is applied to the mathematical model. Several control methods have been tested on a quadtiltrotor flight control simulation, consisting of LQR (Linear Quadratic Regulator), LQR with Integrator, and LQG (Linear Quadratic Gaussian) with Integrator.

Based on these three methods, LQG and Integrator control method provides optimal control for quadtiltrotor translation and anti rotation which does not result in overshoot and significant steady state error (less than  $0.01^\circ$  in anti-rotation motion) despite process noise (in the form of wind) and measurement noise (sensing disorder). The Integral Absolute Error (IAE) performance index and cost function LQR indicate that LQG method with Integrator has the lowest value compared with LQR method and LQR with Integrator, which is 8.42 for IAE performance index and 1,549 for cost function LQR. These results show that LQG control with integrators is more optimal than the general LQR methods with or without Integrator.

**Key words :** UAV, quadrotor, LQG