



## **SIMULASI HARDWARE IN THE LOOP UNTUK TAKE-OFF DAN LANDING OTOMATIS PADA QUADROTOR MENGGUNAKAN PIXHAWK DAN jMAVSim**

**Prasepvianto Estu Broto dan Ihsan**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*

*email: prasepvianto@uin-alauddin.ac.id*

---

### **INFO ARTIKEL**

**Status artikel:**

Diterima: 28 Desember 2020

Disetujui: 13 Januari 2021

Tersedia online:

**Keywords:** Hardware in The Loop Simulation, Quadrotor, jMAVSim, Pixhawk, Ground Control Station.

### **ABSTRACT**

The use of quadrotors in various applications has made development and research in the field of drones grow rapidly. In the research and development process, a testing phase is needed to determine the flying attitude of the quadrotor. Live testing can be risky if something goes wrong. With Hardware in The Loop Simulation, it can be used as a way to minimize the occurrence of these errors. Hardware in The Loop Simulation is a combination of software and hardware simulation. The jMAVSim simulation software is connected to the Pixhawk autopilot and ground control station. The simulation results that have been obtained make it possible to carry out direct testing on the Pixhawk autopilot. From this study, the results of the quadrotor flying attitude during take-off and landing simulations show that the quadrotor is still in a stable condition with changes in pitch and roll angles of less than 1 degree.

---

## **1. PENDAHULUAN**

Penggunaan *drone* dalam berbagai aplikasi, membuat pengembangan dan penelitian di bidang pesawat tanpa awak ini semakin berkembang pesat. *Drone* banyak digunakan di bidang pertahanan dan keamanan, pemantauan, pertanian, transportasi dan bidang lainnya (Al Ghafar & Adiprawita, 2018). *Drone* jenis multirotor lebih banyak digunakan karena kemudahan dalam melakukan *take-off* dan *landing* yang tidak perlu membutuhkan lahan yang luas. Quadrotor merupakan jenis multirotor yang paling populer dengan empat motor sebagai penggerakannya. Quadrotor diterbangkan menggunakan *autopilot* sebagai pengendali

terbang dan *ground control station* untuk mengirimkan perintah dan menerima data dari quadrotor tersebut. Dalam pengembangan quadrotor ini, proses yang paling beresiko adalah bagian pengujian.

Uji terbang quadrotor dapat dilakukan secara langsung dan simulasi. Dengan melakukan uji terbang, dapat diperoleh data sikap terbang quadrotor dari pembacaan sensor yang terdapat pada autopilot. Respon kontrol autopilot saat dilakukan uji terbang juga dapat dianalisa untuk meningkatkan kestabilan dalam mengendalikan quadrotor tersebut. Pengujian langsung memungkinkan terjadinya *crash* yang menyebabkan quadrotor rusak yang memerlukan waktu untuk melakukan perbaikan dan biaya yang tidak sedikit. Resiko terjadinya kesalahan dari pengujian langsung tersebut dapat dikurangi dengan melakukan simulasi terlebih dahulu,

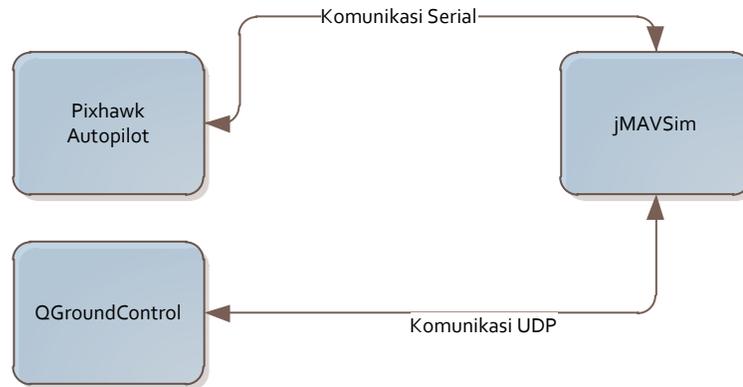
Simulasi bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan sikap terbang dari quadrotor tersebut. Saat ini sudah banyak software simulasi yang dapat digunakan untuk melakukan pengujian quadrotor (Ma et al., 2020). Salah satu jenis software yang digunakan untuk simulasi quadrotor adalah jMAVSim. jMAVsim dapat digunakan sebagai visualisasi dari sikap terbang quadrotor yang dapat digunakan untuk membantu pengaturan kontrol dan navigasi pada saat simulasi (*jMAVSim with SITL*, 2020). Simulasi *Hardware in The Loop* merupakan jenis simulasi yang menggabungkan hardware dan software dalam *loop* tertutup (Garcia & Molina, 2019). Pixhawk merupakan jenis *autopilot* yang dapat dihubungkan dengan jMAVSim dan *ground control station* untuk melakukan simulasi *Hardware in The Loop*.

## 2. METODE PENELITIAN

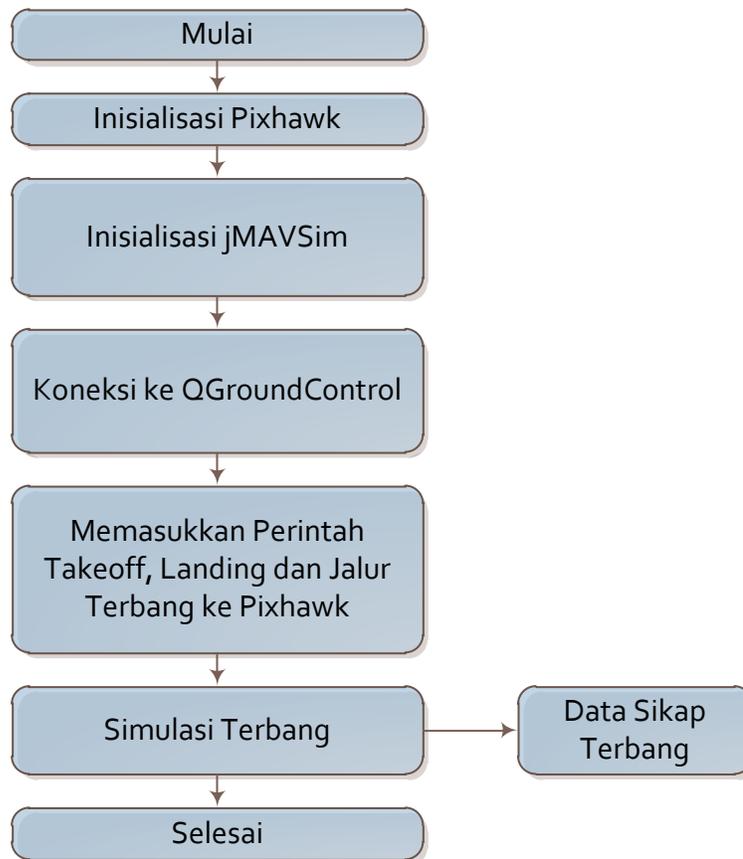
Penelitian ini dilakukan dengan metode *Hardware in The Loop* untuk melakukan simulasi terbang pada quadrotor dengan Pixhawk sebagai *autopilot* dengan diagram alir penelitian ditunjukkan Gambar 2 (*Hardware in the Loop Simulation (HITL)*, 2020). Pixhawk digunakan sebagai pengendali terbang model quadrotor yang ada di jMAVSim terhubung dengan komunikasi serial. *Ground control station* yang digunakan dalam penelitian ini adalah QGroundControl yang kompatibel dengan Pixhawk (*QGroundControl Quick Start*, 2020). Data terbang dan pengendalian autopilot ditampilkan di QGroundControl yang terhubung dengan komunikasi UDP ke jMAVSim (Hentati et al., 2018). Perintah *take-off*, *landing* dan jalur terbang dapat dibuat di QGroundControl dan dimasukkan ke Pixhawk selama simulasi berlangsung (Rodriguez-Ramos et al., 2017).



**Gambar 1.** Autopilot Pixhawk



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian (*Hardware in the Loop Simulation (HITL)*, 2020)



**Gambar 3.** Diagram alir proses simulasi

Gambar 3 menunjukkan diagram alir proses simulasi *Hardware in The Loop*. Pixhawk disambungkan menggunakan USB melalui komunikasi serial dengan 57600 bps. Pixhawk yang sudah terhubung ke komputer kemudian akan berkomunikasi dengan software simulasi jMAVSim. Pixhawk mengontrol quadrotor yang terdapat di jMAVSim. jMAVSim akan terhubung ke QGroundControl yang berfungsi sebagai *ground control station* untuk memberikan perintah *take-off landing* serta jalur terbang ke quadrotor yang ditampilkan jMAVSim. Data selama simulasi tersimpan di memori Pixhawk yang dapat diunduh dan dianalisis setelah simulasi selesai (Jang et al., 2020). Data tersebut dapat digunakan untuk analisis data dari sensor IMU, barometer, magnetometer dan juga data respon quadrotor terhadap kontrol PID yang sudah diatur pada saat simulasi berlangsung (de Sousa Barros et al., 2016).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan simulasi *take-off* dan *landing* otomatis pada quadrotor dengan autopilot Pixhawk untuk mengurangi terjadinya kesalahan saat dilakukan pengujian lapangan. Gambar 4 merupakan proses setting antara Pixhawk dengan Laptop. Dilakukan dua kali simulasi, yang pertama adalah simulasi *take-off* dan *landing* otomatis untuk melakukan pengujian apakah quadrotor dapat melakukan misi *take-off* dan *landing* dengan aman serta melihat sikap terbang quadrotor tersebut selama proses *take-off* dan *landing* otomatis berlangsung. Simulasi yang kedua dilakukan penambahan jalur terbang untuk mengetahui sikap terbang dari quadrotor tersebut terhadap kontrol autopilot dan kesesuaian jalur terbang quadrotor dengan rencana terbang yang sudah diberikan melalui QGroundControl.



Gambar 4. Proses setup simulasi

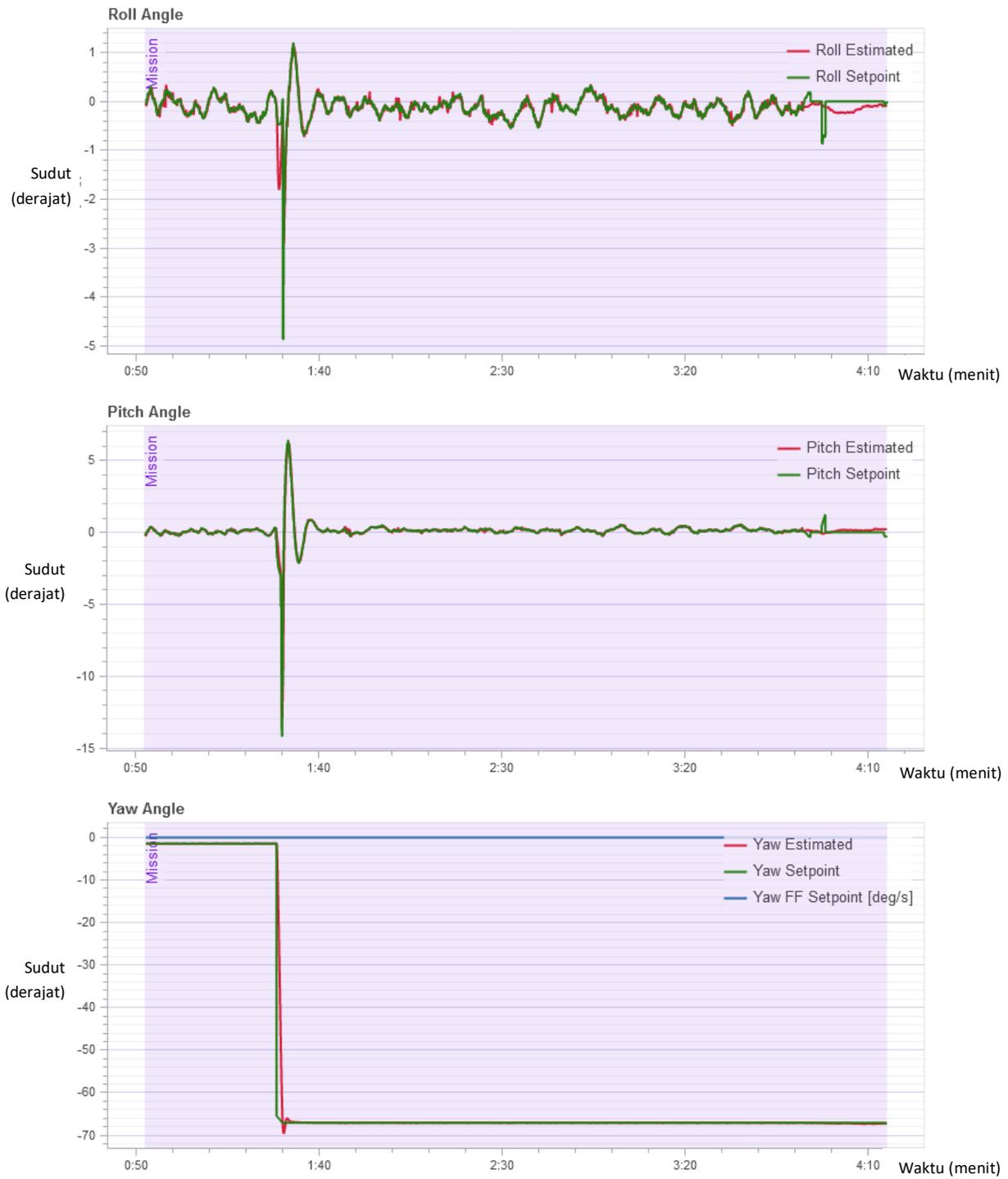


**Gambar 5.** Simulasi 1, *Take-off* dan *landing* otomatis dengan bagian kiri merupakan software jMAVSim dan bagian kanan adalah QGroundControl

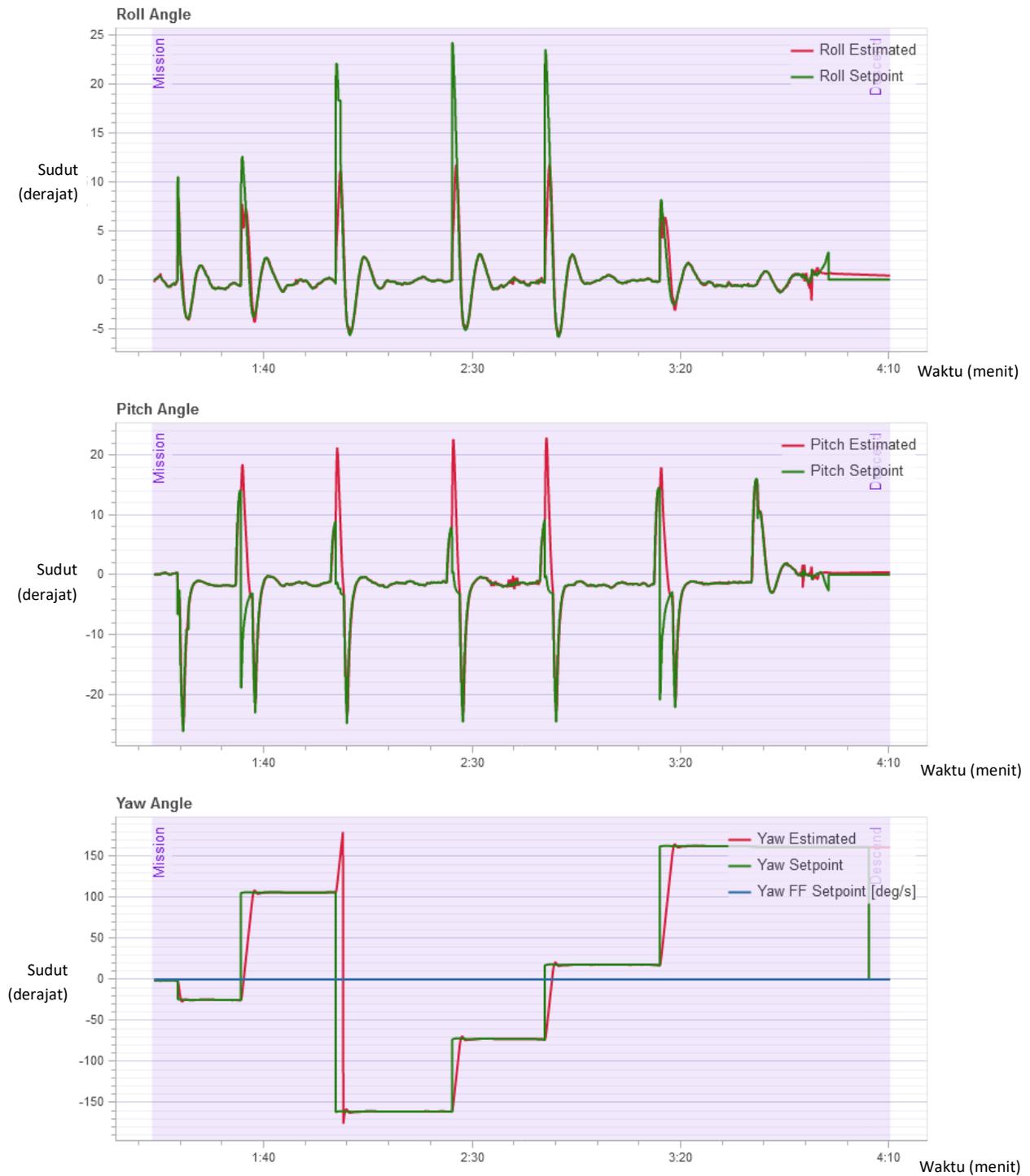


**Gambar 6.** Simulasi jalur terbang

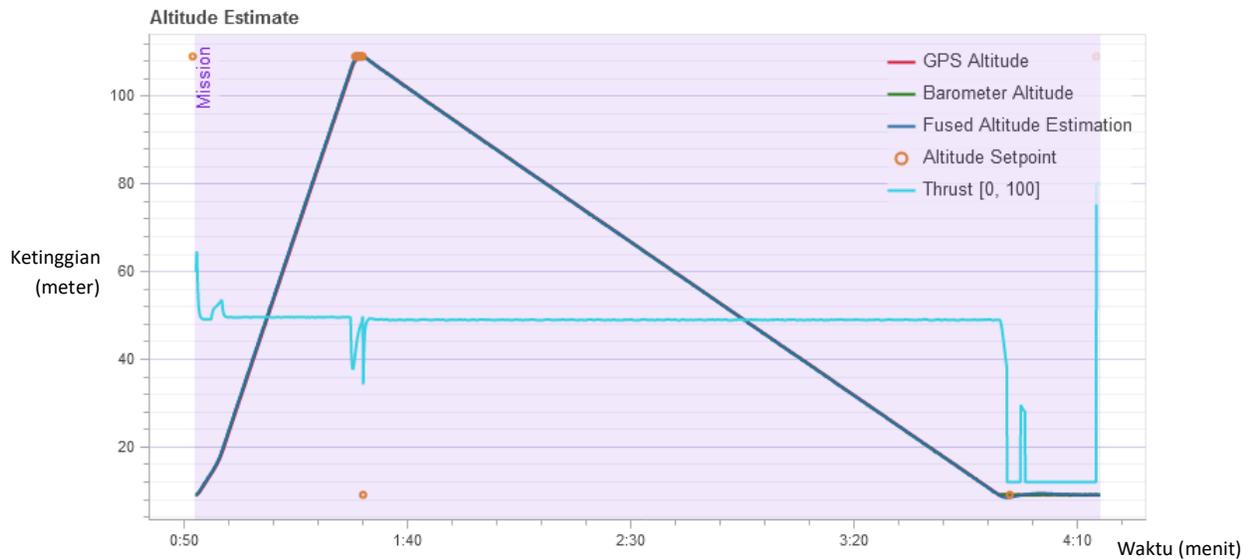
Gambar 5 merupakan simulasi *take-off* dan *landing* otomatis dengan koordinat peta berada di koordinat longitude dan latitude  $-5.205888, 119.498174$  dengan altitude 9,1 meter diatas permukaan air laut (MSL). Quadrotor akan *take-off* sampai ketinggian 100 meter, setelah mencapai ketinggian, quadrotor turun menuju *home*. Gambar 6 merupakan simulasi jalur terbang berbentuk segi 4 dengan ketinggian terbang 10 meter dari *home*.



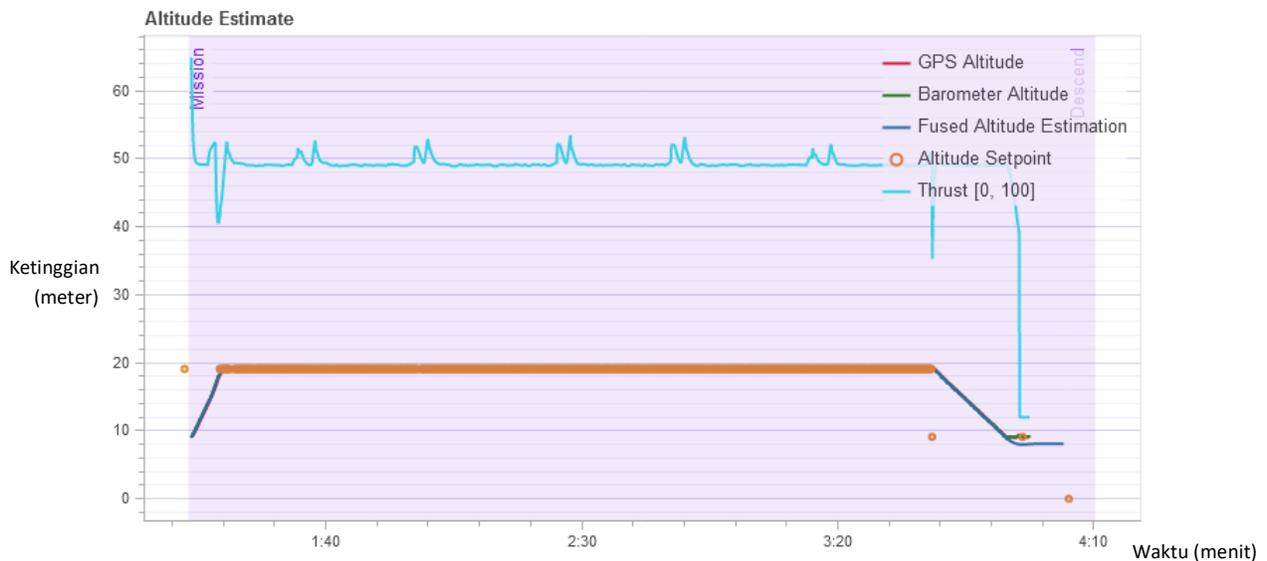
**Gambar 7.** Grafik sudut roll, pitch yaw quadrotor selama simulasi pertama



**Gambar 8.** Grafik sudut roll, pitch yaw quadrotor selama simulasi kedua



**Gambar 9.** Grafik perubahan ketinggian terhadap waktu selama simulasi pertama



**Gambar 10.** Grafik perubahan ketinggian terhadap waktu selama simulasi kedua

Pada Gambar 7 terlihat bahwa osilasi yang terjadi pada sudut *rol* dan *pitch* kurang dari 1 derajat yang menandakan bahwa quadrotor dalam keadaan stabil. Pada grafik sudut yaw, terjadi perubahan arah *heading* quadrotor pada saat quadrotor sudah mencapai target ketinggian 100 meter. Gambar 8 menunjukkan grafik perubahan sudut roll, pitch dan yaw selama simulasi kedua. Quadrotor terbang sesuai jalur yang sudah dibuat membentuk

persegi empat. Dari grafik dapat disimpulkan pada saat quadrotor mengalami perubahan heading, yang dapat dilihat dari grafik sudut yaw, maka mempengaruhi perubahan sudut roll dan pitch nya. Hal ini dikarenakan pada saat quadrotor berbelok, maka sikap terbang dari quadrotor cenderung tidak level dan membentuk sudut agar mempermudah mencapai titik jalur terbang yang sudah ditentukan. Besarnya perubahan sudut pada saat kondisi berbelok ini ditentukan oleh respon PID dari autopilot Pixhawk.

Gambar 9 menunjukkan data simulasi *take-off landing* pada quadrotor dengan ketinggian 100 meter dari home atau 109 meter MSL. Kecepatan vertikal quadrotor pada saat naik lebih cepat dari pada saat turun. Hal ini dikarenakan pada saat turun, quadrotor menjaga Trusst untuk menjaga daya angkat sehingga tidak terjadi *stall*. Grafik perubahan ketinggian pada simulasi kedua ditunjukkan pada Gambar 10. Quadrotor terbang dengan ketinggian 10 meter dari home atau 19 meter MSL. Dari grafik, terlihat bahwa quadrotor dapat mempertahankan ketinggian selama terbang sesuai jalur yang telah dirancang sebelumnya.

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan simulasi *take-off dan landing* otomatis dapat dilakukan dengan memperhatikan altitude pada saat merencanakan jalur terbang di *ground control station*. Kestabilan quadrotor tetap terjaga selama simulasi pertama berjalan. Dari hasil simulasi tersebut memungkinkan untuk dilakukan pengujian *take-off* dan *landing* otomatis secara langsung. Simulasi kedua memperlihatkan perilaku terbang quadrotor pada saat menyelesaikan jalur terbang yang sudah dirancang. Hasil simulasi menunjukkan ketika quadrotor berbelok maka akan mempengaruhi sudut roll, pitch dan yaw. Kecepatan quadrotor untuk kembali ke kondisi stabil sangat dipengaruhi pengaturan gain dari kontrol PID.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Al Ghafar, M. R., & Adiprawita, W. (2018). Simulasi Hardware in the Loop Untuk Redundansi Tiga Modul Autopilot. *Jurnal Inovasi Pertahanan Dan Keamanan*, 1(1), 29–37. <https://doi.org/10.5614/jipk.2018.1.1.4>
- de Sousa Barros, J., Oliveira, T., Nigam, V., & Brito, A. V. (2016). A Framework for the Analysis of UAV Strategies Using Co-simulation. *2016 VI Brazilian Symposium on Computing Systems Engineering (SBESC)*, 0, 9–15. <https://doi.org/10.1109/SBESC.2016.011>
- Garcia, J., & Molina, J. M. (2019). Simulation in Real Conditions of Navigation and Obstacle Avoidance with PIXHAWK/Gazebo Platform. *2019 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, 979–984. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2019.8730764>

*Hardware in the Loop Simulation (HITL)*. (2020).

<https://dev.Pixhawk.io/v1.8.2/en/simulation/hitl.html>

Hentati, A. I., Krichen, L., Fourati, M., & Fourati, L. C. (2018). Simulation Tools, Environments and Frameworks for UAV Systems Performance Analysis. *2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)*, 1495–1500. <https://doi.org/10.1109/IWCMC.2018.8450505>

Jang, J. T., Santamaria-Navarro, A., Lopez, B. T., & Agha-mohammadi, A. (2020). Analysis of State Estimation Drift on a MAV Using PIXHAWK Autopilot and MEMS IMU During Dead-reckoning. *2020 IEEE Aerospace Conference*, 1–11. <https://doi.org/10.1109/AERO47225.2020.9172736>

*jMAVSim with SITL*. (2020). <https://dev.Pixhawk.io/master/en/simulation/jmavsim.html>

Ma, C., Zhou, Y., & Li, Z. (2020). A New Simulation Environment Based on Airsim, ROS, and PIXHAWK for Quadcopter Aircrafts. *2020 6th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR)*, 486–490. <https://doi.org/10.1109/ICCAR49639.2020.9108103>

*QGroundControl Quick Start*. (2020).

[https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/getting\\_started/quick\\_start.html](https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/getting_started/quick_start.html)

Rodriguez-Ramos, A., Sampedro, C., Bavle, H., Milosevic, Z., Garcia-Vaquero, A., & Campoy, P. (2017). Towards fully autonomous landing on moving platforms for rotary Unmanned Aerial Vehicles. *2017 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 170–178. <https://doi.org/10.1109/ICUAS.2017.7991438>