

Kaji Penerapan Pengolahan Citra untuk Target Landing pada Autonomous Quadcopter

Budi Hartono

Prodi Teknik Aeronautika, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40012
email : buhar@polban.ac.id

Abstrak

Pada operasi SAR, pesawat udara dan helikopter diterbangkan pada daerah pencarian yang ditetapkan. Selanjutnya, jika tim SAR mengenali obyek yang dicari, maka wahana terbang tersebut melakukan proses pendaratan dan penyelamatan. Pada penelitian ini quadcopter digunakan dalam simulasi misi terbang SAR. Quadcopter melakukan tinggal landas otomatis dan terbang dari waypoint pertama menuju waypoint kedua yang ditentukan dalam Mission Planner. Sepanjang perjalanan menuju waypoint kedua, sistem pengolahan citra dengan menggunakan kamera memindai permukaan tanah. Jika penanda di tanah dikenali oleh sistem pengolahan citra, maka program pada Raspberry Pi memberikan perintah kendali ke flight controller untuk mendaratkan quadcopter di atas penanda (target landing). Jika sampai pada waypoint kedua, sistem pengolahan citra tidak menemukan penanda, maka quadcopter diprogram untuk kembali ke waypoint pertama dan mendarat otomatis di tempat quadcopter tinggal landas. Hal menarik untuk mengetahui apakah low-budget camera dapat memindai penanda sebagai target landing. Spesifikasi kamera yang digunakan adalah 5 MegaPixel dengan resolusi frame 1280×720 pixel. Parameter yang diteliti berupa diameter penanda, tinggi terbang, dan kecepatan terbang quadcopter. Quadcopter v4.1 mampu mendeteksi target landing hingga tinggi terbang 3 meter di atas permukaan tanah dengan kecepatan maksimum 1 m/s dan 3 m/s pada ketinggian 2 meter. Diameter terkecil penanda yang masih dikenali adalah 40 cm.

Kata kunci: quadcopter, pengolahan citra, target landing

1. Pendahuluan

Pada operasi pencarian dan penyelamatan (SAR = *Search and Rescue*), pesawat udara dan helikopter diterbangkan pada suatu daerah pencarian yang telah ditetapkan. Selanjutnya, jika tim SAR mengenali obyek yang dicari, maka wahana terbang tersebut segera melakukan proses pendaratan dan penyelamatan. Pada penelitian ini quadcopter digunakan untuk melakukan simulasi misi terbang tersebut.

Pada penelitian sebelumnya, Hartono (2015-2019) telah berhasil merancang-bangun fully autonomous quadcopter yang dapat melakukan tinggal landas (*take off*), terbang antar waypoint yang telah ditentukan, dan mendarat (*landing*) di tempat quadcopter tinggal landas [2,3,4,5]. Quadcopter tersebut dapat terbang pada suatu ketinggian yang tetap dan mendarat secara akurat.

Cano et al. (2017) [1] melakukan penelitian yang membandingkan hasil pengolahan citra menggunakan kamera profesional GoPro dengan sistem gimbal pada quadcopter 3DR Iris+ dan DJI Phantom 2. Uji terbang yang dilakukan berupa hovering dan terbang membentuk garis lurus. Luo et al. (2016) [6] menggunakan quadcopter AR Drone dengan dua kamera di posisi depan dan bawah frame. Teknologi pengenalan citra digunakan untuk sistem kendali autonomous quadcopter.

Pada penelitian ini, quadcopter yang digunakan harus memiliki kemampuan terbang otomatis. Quadcopter melakukan tinggal landas otomatis dan terbang dari waypoint pertama

menuju waypoint kedua yang telah ditentukan dalam misi terbangnya melalui perangkat lunak Mission Planner. Sepanjang perjalanan menuju waypoint kedua, sistem pengolahan citra (*image processing*) dengan menggunakan kamera memindai permukaan tanah. Jika penanda (*marker*) di permukaan tanah dikenali oleh sistem pengolahan citra, maka program pada Raspberry Pi akan memberikan perintah kendali ke flight controller untuk mendaratkan quadcopter di atas penanda (*target landing*). Jika sampai pada waypoint kedua, sistem pengolahan citra tidak menemukan penanda, maka quadcopter diprogram untuk kembali ke waypoint pertama dan mendarat otomatis di tempat quadcopter tinggal landas.

Hal menarik untuk mengetahui apakah *low-budget camera* dapat memindai penanda sebagai target landing pada autonomous quadcopter. Parameter yang diteliti berupa diameter penanda, tinggi terbang, dan kecepatan terbang quadcopter.

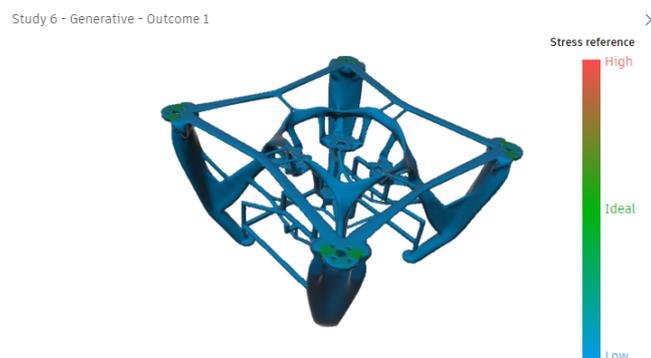
2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan rancang-bangun Autonomous Quadcopter v4.1 dengan frame (rangka) terbuat dari hasil 3D-printing. Sensor LiDAR digunakan untuk memastikan quadcopter terbang pada ketinggian yang telah ditentukan. Sistem pengolahan citra yang dirancang menggunakan Raspberry Pi dan *low-budget camera*. Uji terbang autonomous yang dilakukan berupa tinggal landas, terbang antar waypoint, dan mendarat secara otomatis. Selanjutnya, uji terbang dengan misi terbang simulasi SAR. Parameter yang diteliti berupa diameter penanda, tinggi terbang, dan kecepatan terbang quadcopter.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 3D-Printed Frame

Frame (rangka) quadcopter hasil 3D-printing telah dirancang-bangun. Perangkat lunak Autodesk Fusion 360 digunakan dalam perancangan frame. Hasil rancangan Fusion 360 tergantung simulasi letak pembebanan pada rangka dan kendala desain. Opsi terbaik rancangan studi desain generatif tersebut (lihat Gambar 1) dicetak dengan menggunakan mesin 3D-printer. Pada rancangan ini terlihat bahwa dudukan brushless motor memiliki tegangan (*stress*) yang ideal, sedangkan frame secara keseluruhan memiliki tegangan yang rendah. Material printing yang dipakai merupakan material filamen jenis PLA (*Polyactic Acid*). Rangka quadcopter hasil 3D-printing dan Autonomous Quadcopter v4.1 yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Studi desain generatif frame quadcopter hasil simulasi Autodesk Fusion 360



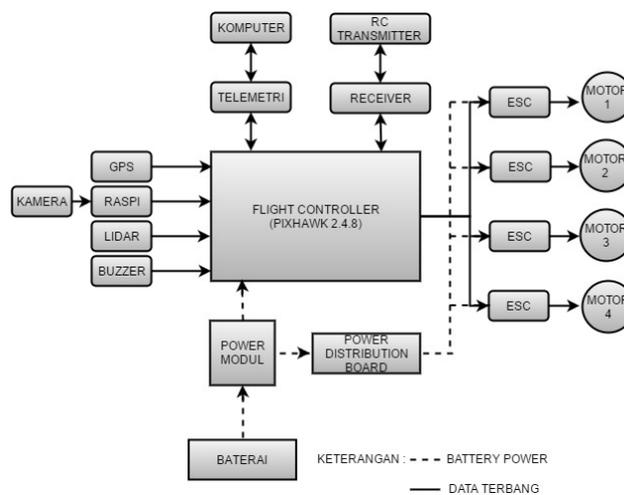
Gambar 2. 3D-printed frame (kiri) dan Autonomous Quadcopter v4.1 with Image Processing System (kanan)

3.2 Autonomous Quadcopter v4.1

Autonomous Quadcopter v4.1 yang digunakan pada penelitian ini merupakan quadcopter dengan konfigurasi X (perhatikan Gambar 2) dan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Massa take off : 1,300 gr
- Panjang lengan : 18 cm
- Flight controller: Pixhawk 2.4.8
- GPS : GPS Neo M8N
- Brushless motor: DJI Motor 2212 / 920KV
- Propeller : 9047 propeller 9×4.7

Kendali terbang quadcopter yang digunakan adalah Pixhawk 2.4.8. Sistem pengolahan citra menggunakan Raspberry Pi 3 B+ dan *low-budget* kamera modul 5 MegaPixel dengan resolusi frame 1280×720 pixel. TF Mini LiDAR (*Light Detection and Ranging*) digunakan sebagai sensor tinggi terbang quadcopter. Semua komponen tersebut dirakit pada 3D-printed frame quadcopter. Gambar 3 menunjukkan diagram blok sistem Autonomous Quadcopter v4.1.

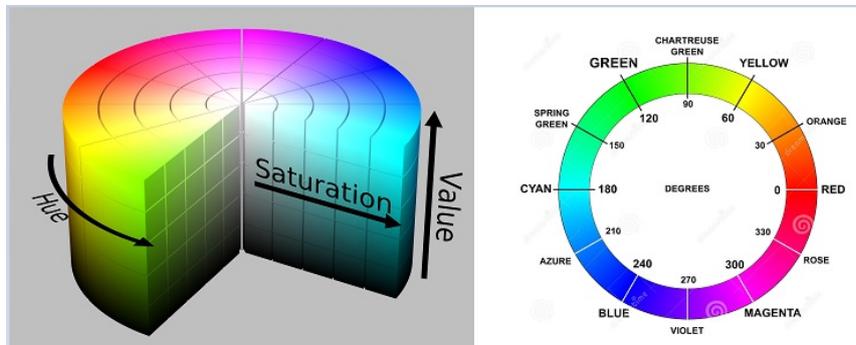


Gambar 3. Diagram blok sistem Autonomous Quadcopter v4.1

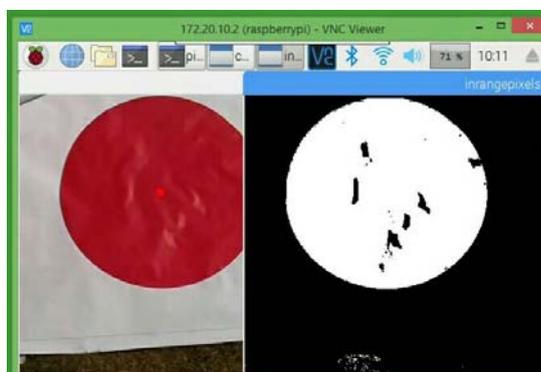
Komunikasi dari Raspberry Pi ke Pixhawk menggunakan bahasa pemrograman Python dan Dronekit. Python merupakan bahasa pemrograman bawaan yang sudah terinstal di beberapa sistem operasi berbasis Linux dan merupakan basis dari sistem operasi raspbian untuk perangkat Raspberry Pi. Dronekit adalah sebuah pustaka perangkat lunak yang ditujukan untuk memudahkan pengguna dalam memberikan perintah kepada wahana terbangnya; sehingga memungkinkan pengguna mengendalikan flight controller menggunakan bahasa pemrograman Python.

3.3 Sistem Pengolahan Citra

Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman OpenCV yang biasa dipakai untuk memudahkan proses pengolahan citra secara realtime. Pada pustaka OpenCV, rentang nilai Hue 0-180, Saturation 0-255, dan Value 0-255 (perhatikan Gambar 4). Tuning nilai HSV dilakukan untuk mendapatkan nilai HSV yang tepat. Rentang nilai HSV untuk tujuan pemindaian target landing ini: Hue 5-130, Saturation 5-40, dan Value 60-180. Gambar 5 menunjukkan photo tangkapan kamera dengan rentang nilai HSV yang telah ditentukan dan dikonversi ke warna hitam putih (threshold).



Gambar 4. HSV (hue, saturation, and value) pada pustaka OpenCV



Gambar 5. Photo tangkapan kamera dan konversi HSV threshold

Sistem pengolahan citra telah diaktifkan sejak quadcopter tinggal landas dan bekerja memindai penanda berupa lingkaran merah di permukaan tanah sebagai target landing. Jika sistem mengenali penanda, maka Raspberry Pi akan memberikan perintah kendali ke flight controller Pixhawk untuk melakukan pendaratan otomatis di atas penanda tersebut.

3.4 Uji Terbang Autonomous

Quadcopter merupakan wahana terbang yang tidak stabil. Untuk menstabilkan gerak quadcopter diperlukan kendali terbang yang secara terus-menerus mengatur kecepatan putar keempat rotor quadcopter. Quadcopter v4.1 pada penelitian ini dapat terbang stabil dengan melakukan tuning PID flight controller menggunakan metode autotune.

Selanjutnya, uji terbang autonomous dilakukan, yaitu quadcopter tinggal landas (*take off*), terbang pada ketinggian tetap (*altitude hold*), terbang dari satu waypoint menuju waypoint kedua, dan mendarat (*landing*) secara otomatis. Sensor LiDAR yang dipasang pada quadcopter digunakan untuk memastikan tinggi terbang quadcopter konstan (*altitude hold*). Untuk menguji kemampuan terbang autonomous, quadcopter terbang melalui lima waypoint. Koordinat kelima waypoint dimasukkan dalam perangkat lunak Mission Planner (perhatikan Gambar 6). Quadcopter yang dirancang-bangun juga dapat terbang kembali ke titik tinggal landas, yakni kemampuan terbang RTB (*return to base*).



Gambar 6. Tampilan Mission Planner saat setting waypoint pada uji terbang autonomous

3.5 Uji Terbang Simulasi SAR

Pada uji terbang simulasi SAR ini, quadcopter tinggal landas secara otomatis dengan sistem pengolahan citra yang telah diaktifkan. Selanjutnya quadcopter terbang dari waypoint pertama ke waypoint kedua pada tinggi terbang konstan. LiDAR sebagai sensor ketinggian digunakan untuk menjaga tinggi terbang quadcopter tetap sesuai misi terbang.

Tabel 1. Uji terbang pada kecepatan terbang 1 m/s dengan variasi tinggi terbang dan diameter penanda

| Tinggi terbang (meter) | Diameter marker (centimeter) | Jarak pusat marker ke pusat quadcopter (cm) |
|------------------------|------------------------------|---|
| 2 | 40 | 33 |
| | | 46 |
| | | 35 |
| | 50 | 47 |
| | | 97 |
| | | 68 |
| | 60 | 20 |
| | | 32 |
| | | 140 |
| | 70 | 90 |
| | | 114 |
| | | 110 |
| 3 | 40 | 23 |
| | | 95 |
| | | 10 |
| | 50 | 20 |
| | | 62 |
| | | 49 |
| | 60 | 84 |
| | | 120 |
| | | 110 |
| | 70 | 145 |
| | | 190 |
| | | 190 |

Uji terbang autonomous dilakukan pada ketinggian 2, 3, dan 4 meter di atas permukaan tanah. Rangkaian uji terbang ini dilakukan sebanyak tiga kali pada tiap tinggi terbang. Target landing hanya terdeteksi pada ketinggian 2 dan 3 meter, sedangkan pada tinggi terbang 4 meter, penanda lingkaran merah tidak dapat dideteksi. Dalam kasus seperti ini, quadcopter tetap menuju ke waypoint kedua dan kembali ke waypoint pertama untuk melakukan pendaratan otomatis.

Rangkaian uji terbang kedua dilakukan dengan menjaga tinggi terbang 2 dan 3 meter di atas permukaan tanah. Uji terbang autonomous ini dilakukan pada kecepatan terbang 1 m/s. Diameter penanda berupa lingkaran merah divariasikan sebesar 40, 50, 60, dan 70 cm. Selain itu, jarak titik pusat lingkaran target landing ke titik pusat quadcopter juga diukur. Berdasarkan Tabel 1, tidak terdapat trend antara tinggi terbang, diameter marker, dan ketepatan titik pendaratan.

Rangkaian uji terbang ketiga dilakukan dengan menjaga tinggi terbang 2 dan 3 meter di atas permukaan tanah, seperti pada uji terbang kedua. Pada uji terbang autonomous ini kecepatan terbang divariasikan dari 1 m/s hingga 5 m/s; sementara diameter target landing dibuat sama sebesar 70 cm. Pada pengujian ini, jarak titik pusat lingkaran target landing ke titik pusat quadcopter juga diukur. Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa pada tinggi terbang 2 meter, marker tidak terindra pada kecepatan terbang 4 dan 5 m/s. Pada tinggi terbang 3 meter, target landing hanya terdeteksi pada kecepatan terbang 1 m/s. Quadcopter mendarat otomatis di atas marker sebagai target landing. Pada kasus sistem pengolahan citra tidak dapat mendeteksi marker; maka quadcopter terbang hingga waypoint kedua, kemudian terbang RTB (*return to base*) dan mendarat otomatis di lokasi tinggal landas.



Hasil uji terbang menunjukkan bahwa dengan spesifikasi *low-budget camera* yang digunakan, terjadi delay yang cukup lama dan lagging pada saat pemindaian. Sistem pengolahan citra tidak mampu mendeteksi penanda berupa lingkaran merah pada tinggi terbang di atas 4 meter. Hal yang sama terjadi pada tinggi terbang 3 meter dengan kecepatan terbang 2 m/s ke atas.

Tabel 2. Uji terbang menggunakan diameter penanda 70 cm dengan variasi tinggi terbang dan kecepatan terbang

| Diameter marker (centimeter) | Tinggi terbang (meter) | Kecepatan terbang (m/s) | Jarak pusat marker ke pusat quadcopter (cm) | Tempat mendarat | |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|---|-----------------|------------------|
| 70 | 2 | 1 | 90 | marker | |
| | | | 114 | | |
| | | | 110 | | |
| | | 2 | 240 | | |
| | | | 220 | | |
| | | | 245 | | |
| | | 3 | 320 | | |
| | | | 295 | | |
| | | | 380 | | |
| | 3 | 4 | tidak terdeteksi | base | |
| | | | 5 | | tidak terdeteksi |
| | | 1 | 145 | | marker |
| | | | 190 | | |
| | | | 190 | | |
| | | 2 | tidak terdeteksi | | base |
| 3 | tidak terdeteksi | | | | |
| 4 | tidak terdeteksi | | | | |
| 5 | tidak terdeteksi | | | | |

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan perangkat lunak Mission Planner, quadcopter dapat diterbangkan secara autonomous mulai dari tinggal landas, terbang pada ketinggian yang ditentukan, dan terbang dari waypoint pertama menuju waypoint kedua yang telah ditentukan koordinatnya. Autonomous Quadcopter v4.1 berhasil terbang RTB (*return to base*) kembali ke waypoint pertama dan melakukan landing otomatis. Ini dilakukan jika dari waypoint pertama ke waypoint kedua, sistem pengolahan citra pada quadcopter tidak dapat memindai penanda di daratan. Jika penanda di daratan dapat dipindai, maka quadcopter melakukan pendaratan otomatis di atas penanda tersebut sebagai target landing.

Kamera modul yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi 5 MegaPixel dengan resolusi frame 1280x720 pixel. Dengan spesifikasi kamera yang *low-budget* tersebut, sistem pengolahan citra memiliki keterbatasan. Autonomous Quadcopter v4.1 hanya mampu mendeteksi target landing hingga tinggi terbang 3 meter di atas permukaan tanah. Kecepatan terbang quadcopter maksimum 3 m/s pada tinggi terbang 2 meter dan kecepatan maksimum 1 m/s pada tinggi terbang 3 meter. Diameter terkecil penanda (marker) yang masih dikenali adalah 40 cm.



Daftar Pustaka

- [1] Cano, E. Horton, R. Liljegren, C. and Bulanon, D.M. 2017, Comparison of Small Unmanned Aerial Vehicles Performance using Image Processing, *Journal of Imaging*, vol.3, no.4.
- [2] Hartono, B. 2017, Penerapan Kendali Terbang PID pada Fully Autonomous Quadcopter, *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri XVI*, p. TSKP 1-7.
- [3] Hartono, B. 2017, Fully Autonomous Quadcopter Menggunakan ArduFlyer, *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri XVI*, p. TSKP 8-13.
- [4] Hartono, B. 2018, Respon Gerak Kestabilan Dinamik Quadcopter Akibat Input Kendali pada Matra Longitudinal dan Lateral, *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri XVII*, p. TSKP 7-13.
- [5] Hartono, B. 2018, Pengaturan Konstanta Acro dan PID Setting pada Autonomous Tilted Tail-Rotor Tricopter, *Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri XVII*, p. TSKP 14-20.
- [6] Luo, H. Niu, Y. Liang, Z. and Fang, X. 2016, Quadcopter Autonomous Control System Based on Image Recognition, *2016 12th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA)*, p. 2237-2240.