

Akurasi GPS pada Low-Budget 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

Quadcopter merupakan wahana terbang yang tidak stabil. Flight controller melakukan pengaturan kecepatan putar keempat motor, sehingga tiap propeller menghasilkan gaya angkat yang diperlukan agar quadcopter terbang stabil. Hal menarik untuk mengetahui apakah penggunaan komponen quadcopter generik yang diperoleh di pasaran dapat saling kompatibel. Quadcopter yang stabil dan dapat dikendalikan merupakan syarat quad copter dapat terbang secara autonomous. Tujuan penelitian ini melakukan rancang-bangun low-budget autonomous quad copter. Metode penelitian terdiri dari tiga tahap utama. Pertama, tahap rancang-bangun dan perakitan quadcopter. Frame utama dan lengan quadcopter dirancang dengan jarak diagonal antar rotor sebesar 45cm. Komponen dasar quadcopter dipilih yang saling kompatibel dan dirakit pada frame dan lengan. Flight controller dihubungkan dengan GPS, transmitter, dan receiver. Sistem autonomous juga melibatkan ground control system berupa Mission Planner. Kedua, tahap uji terbang pengaturan konstanta PID agar quadcopter dapat terbang stabil. Tuning PID menghasilkan konstanta proporsional 0.088, integral 0.016, dan derivatif

0.008. Ketiga, tahap uji terbang autonomous. Keberhasilan terbang autonomous diketahui dengan cara menganalisis selisih input koordinat waypoint melalui Mission Planner terhadap hasil pembacaan low-budget GPS receiver pada misi terbang autonomous. Akurasi GPS dianalisis dengan menghitung nilai CEP dan 2DRMS. Nilai terbaik CEP = 0,64m dan 2DRMS = 1,52m terjadi pada Waypoint-2.

Kata kunci: autonomous quadcopter, low-budget, akurasi GPS

1. Pendahuluan

Quadcopter merupakan wahana terbang yang tidak stabil. Flight controller melakukan pengaturan kecepatan putar keempat motor melalui ESC (electronic speed controller), sehingga tiap propeller menghasilkan gaya angkat yang diperlukan agar quadcopter dapat terbang stabil. Quadcopter yang stabil dan dapat dikendalikan merupakan syarat quadcopter dapat terbang secara autonomous.

Kowsalya dan Eswaran membuat autonomous quadcopter untuk tujuan pertanian. Navigasi way point disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Proteus [1]. Krishnan et al. melakukan verifikasi algoritma jalur terbang menggunakan TUM Simulator AR Drone [2]. Acharya et al. melakukan simulasi algoritma navigasi quadcopter di dalam ruangan gedung [3].

Sistem pengolahan citra (*image processing*) juga diterapkan pada autonomous quadcopter. Raj et al. membuat autonomous quadcopter dengan menggunakan pengolahan citra untuk navigasinya [4]. Rezende et al. menerapkan navigasi pada quadcopter dengan

menggabungkan data citra dari kamera on-board dengan data IMU [5]. Sementara Sharmadan Rajesh merakit quadcopter yang memiliki kemampuan mendeteksi dan menghindari rintangan. Pustaka OpenCV digunakan pada pemrograman pengolahan citra [6].

Autonomous landing pada quadcopter juga menjadi kajian tersendiri. Tran et al. menggunakan Arduino Uno microcontroller untuk mengendalikan quadcopter. Raspberry Pi 3 digunakan untuk pengolahan citra dengan tujuan autonomous landing [7]. Respass et al. menerapkan pengolahan citra pada Parrot AR.Drone 2.0 quadcopter untuk tracking obyek bergerak dan mendarat di atasnya [8]. Xuan-Mung, N. et al. menggunakan quadcopter DJI-F450 yang dilengkapi dengan sensor inframerah dan sensor laser jarak untuk autonomous landing [9].

Vivek et al. melakukan penelitian quadcopter untuk tujuan pemantauan dan pengawasan. Quadcopter memiliki kemampuan terbang otomatis menggunakan flight controller Arducopter v2.8. Brushless motor yang digunakan memiliki rating 1000 KV. GPS Ublox Neo-7 digunakan untuk mendapatkan posisi quadcopter selama misi terbang. Jalur terbang quadcopter ditentukan lebih dulu menggunakan perangkat Mission Planner [10].

Penelitian autonomous quadcopter Gururajan dan Bai [11, 12] menggunakan flight controller 3DR Pixhawk dan brushless motor 924 KV. Quadcopter melakukan terbang autonomous membentuk angka-8 yang berupa 10 dan 15 titik waypoint. Take off dilakukan oleh pilot dengan menggunakan radio control (RC). Lakshmanan et al. merakit autonomous quadcopter dengan controller Ardupilot 2.8 Mega dan motor 1,400 KV [13].

Pada penelitian ini, quadcopter yang dirancang-bangun memiliki spesifikasi komponen yang lebih rendah dibandingkan penelitian diatas. Flight controller yang digunakan merupakan kloningan APM v2.5 dengan brushless motor 920 KV dan perangkat GPS low-budget. Perangkat lunak Mission Planner digunakan sebagai ground control system.

Hal menarik untuk mengetahui apakah penggunaan komponen quadcopter generik dan berbiaya rendah (low-budget) yang diperoleh di pasaran dapat saling kompatibel. Keberhasilan terbang autonomous diketahui dengan cara menganalisis selisih input koordinat waypoint di Mission Planner dengan nilai koordinat GPS saat quadcopter terbang autonomous.

2. Metodologi

Metode penelitian terdiri dari tiga tahap utama. Pertama, tahap rancang-bangun dan perakitan quadcopter. Frame utama dibuat dari komposit dan lengan quadcopter dibuat dari aluminium hollow. Komponen dasar quadcopter dipilih yang saling kompatibel dan dirakit pada frame dan lengan. Flight controller dihubungkan dengan GPS, transmitter, dan receiver. Sistem autonomous juga melibatkan ground control system berupa Mission Planner. Kedua, tahap uji terbang pengaturan konstanta PID agar quadcopter terdapat terbang stabil. Ketiga, tahap uji terbang autonomous. Analisis akurasi GPS dilakukan dengan menghitung nilai CEP 50% dan 2DRMS95%.

3. Hasil dan Pembahasan

Rancang Bangun Low-Budget Autonomous Quadcopter

Rangka utama quadcopter terbuat dari composite fiber glass epoxy. Sementara empat lengan quadcopter terbuat dari aluminium hollow berukuran 220×120×1 mm. Brushless DC motor diletakkan pada tiap ujung lengan quadcopter (lihat **Gambar 1**). Jarak diagonal antar motor sejauh 45cm.



Gambar 1. T-Motor Air 2213/920KV dan T-9545 propeller

Berat total low-budget quadcopter adalah 915 gram. Tiger Motor Air 2213/920 KV dipilih untuk menghasilkan gaya dorong (thrust). Berdasarkan data spesifikasi teknis, tiap motor menghasilkan gaya dorong 240 gram pada tegangan 11,1 V, throttle 50%, dan T-9545 propeller. Dengan demikian, keempat motor dapat mengangkat wahana terbang quadcopter. Kendali terbang quad copter yang digunakan Arduflyerv2.5.ESC yang dipilih adalah Tiger Motor Air 20A. Perangkat low-budget GPS yang digunakan adalah u-Blox CN-06. Semua komponen dirakit pada rangka utama quadcopter (perhatikan **Gambar2**).



Gambar 2. Kendali terbang dan komponen elektronik generik pada low-budget quadcopter

Uji Terbang PID Tuning

Multirotor merupakan wahana terbang yang tidak stabil. Untuk menstabilkan gerak quadcopter diperlukan kendali terbang yang secara terus-menerus mengatur kecepatan putar

keempat rotor quadcopter. Low-budget quadcopter pada penelitian ini dapat terbang stabil dengan melakukan tuning PID pada flight controller. Berdasarkan uji terbang tuning, quadcopter terbang stabil dengan nilai konstanta proporsional 0.088, integral 0.016, dan derivatif 0.008. Input konstanta PID yang tepat membuat respon gerak quadcopter dapat mengikuti input kendali yang diberikan oleh pilot melalui remote control. Quadcopter yang stabil dan dapat dikendalikan merupakan syarat agar quadcopter dapat diterbangkan secara autonomous.

Pengukuran Akurasi Koordinat GPS

Jika koordinat GPS dicatat dari waktu ke waktu, maka posisi koordinat tersebar di suatu area akibat kesalahan pengukuran (*measurement error*). Titik-titik persebaran ini disebut scatter plot. Ini menjadi indikator akurasi GPS receiver.

Tabel 1. Nilai ΔX dan ΔY koordinat UTM

Pengukuran	ΔX Easting [m]	ΔY Northing [m]
1	-3,32	0,01
2	-3,33	-2,20
3	-1,89	-2,10
4	-3,33	-2,20
5	-3,32	-1,09
6	-0,79	-3,10

Pengukuran akurasi koordinat GPS dilakukan dengan mengambil sebanyak 6 sampel pada satu koordinat. Data koordinat yang dihasilkan modul GPS berbentuk latitude dan long itu de yang dikonversikan ke bentuk Universal Transverse Mercator (UTM) menggunakan WGS84. Selisih antara nilai koordinat dengan nilai koordinat hasil penginderaan u-Blox CN-06 GPS receiver ditampilkan pada **Tabel 1**.

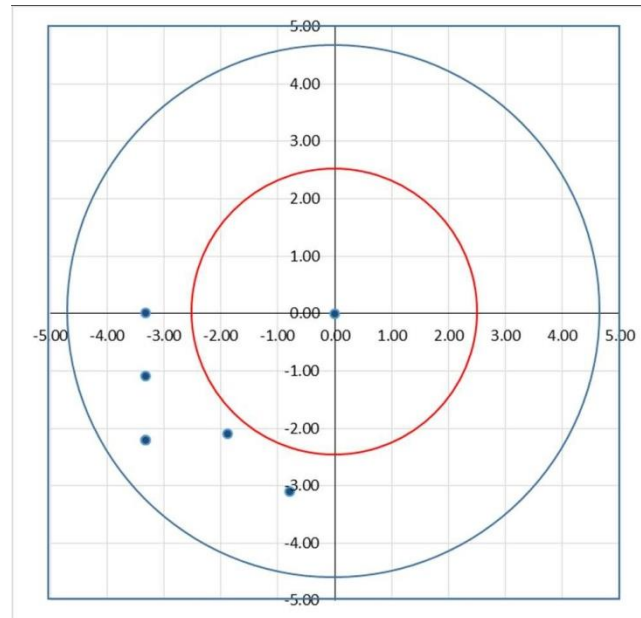
CEP mengacu pada radius lingkaran ketika 50% nilai terjadi. Sementara 2DRMS merupakan dua-kali DRMS yang menunjukkan kesalahan letak horizontal.; perhatikan **Tabel 2. Gambar 3** menunjukkan scatter plot hasil pengukuran GPS receiver pada **Tabel 1** dan nilai CEP dan 2 DRMS dari **Tabel 2** yang dihitung dengan **Persamaan (1)** dan **(2)**[14]

$$CEP = 0,59 \times (St. Dev UTM E + St. Dev UTM N)$$

$$2DRMS = 2 \times \sqrt{(St. Dev UTM E)^2 + (St. Dev UTM N)^2}$$

Tabel 2. Nilai CEP dan 2DRMS

	ΔX Easting [m]	ΔY Northing [m]
Rata-rata	-2,66	0,83
Standar Deviasi	1,08	1,08
CEP (50%)	3,06	
2DRMS (95%)	1,27	



Gambar 3. Scatter plot nilai ΔX dan ΔY dengan 2DRMS (warna biru) dan CEP (warna merah)

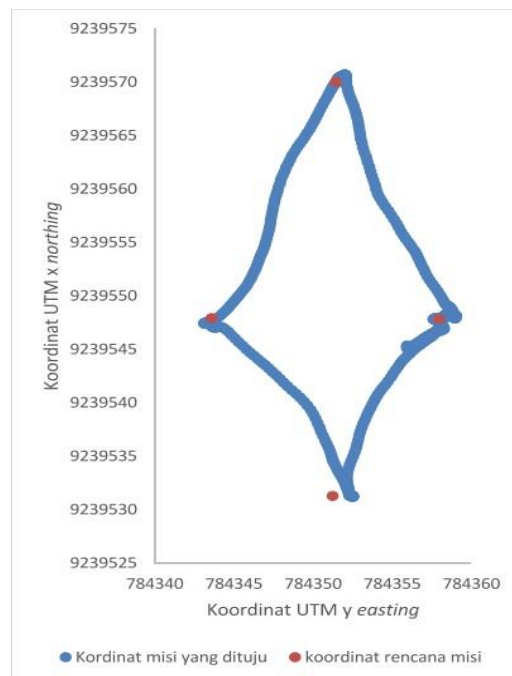
Uji Terbang Autonomous

Uji terbang utonomous dilakukan dari titik take off menuju tiga way point yang telah ditentukan koordinatnya, kembali ke titik take off, dan mendarat (landing) secara otomatis. Koordinat ketiga way point dimasukkan dalam perangkat lunak Mission Planner. Parameter pengujian terbang autonomous dengan radius waypoint 1 meter dapat dilihat pada **Tabel3**.

Gambar4 merupakan hasil koordinat GPS yang terbaca disetiap titik way point yang diplot dalam bentuk grafik. Keberhasilan terbang autonomous diketahui dengan cara menganalisis selisih input kooordinat waypoint melalui Mission Planner terhadap koordinat GPS receiver pada misi terbang autonomous. Akurasi GPS dilakukan dengan menghitung nilai CEP dan 2DRMS (perhatikan **Tabel4**).

Tabel 3. Parameter pengujian terbang autonomus

Parameter	Nilai	
Koordinat waypoint	784351	9239531
	784344	9239548
	784351	9239570
Relative altitude [meter]	12	
Absolute altitude [meter]	849.64	



Gambar 4. Grafik koordinat misi quadcopter terhadap koordinat rencana misi

Tabel 4. Nilai CEP dan 2DRMS koordinat uji terbang autonomus

Waypoint		ΔX Northing [m]	ΔY Easting [m]
1	Rata-rata	0,90	1,31
	Deviasi	0,44	1,48
	CEP	1,13	
	2DRMS	3,08	
2	Rata-rata	0,24	-0,31
	Deviasi	0,65	0,79
	CEP	0,85	
	2DRMS	2,05	
3	Rata-rata	0,33	-0,83
	Deviasi	0,71	1,61
	CEP	1,37	
	2DRMS	3,52	

4. Kesimpulan

Low-budget autonomous quadcopter telah berhasil dirancang-bangun dengan rangka utama dari komposit dan lengan quadcopter terbuat dari aluminium hollow. Empat brushless DC motor digunakan untuk menghasilkan gaya dorong. Quadcopter dapat terbang stabil dengan tuning PID flight controller menggunakan metode in-flight tuning.

Dengan menggunakan perangkat lunak Mission Planner, quadcopter dapat diterbangkan secara autonomous dari mulai take-off, terbang pada ketinggian yang ditentukan, dan terbang antar waypoint. Quadcopter terbang melalui empat waypoint yang telah ditentukan koordinatnya.

Analisis akurasi GPS yang dipasang pada sistem quadcopter dilakukan dengan menghitung nilai CEP dan 2DRMS. Nilai terbaik CEP=0,85m dan 2DRMS=2,05m terjadi pada Waypoint-2. Hasil penelitian ini menggambarkan kemampuan Arduflyer v2.5 dengan kombinasi low-budget u-Blox CN-06 GPS receiver yang digunakan mampu melakukan misi terbang autonomous. Akurasi GPS dipengaruhi oleh beragam faktor. Selain kualitas GPS module, kondisi cuaca juga mempengaruhi akurasiGPS.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Oki Setiawan, Siti Yuniar Mahardwita, dan Pandji Yusyidki Firdaus yang telah membantu penelitian berupa pengumpulan data uji terbang quadcopter.

Daftar Pustaka

- [1] Kowsalya, R. and Eswaran, P. 2018, Development of Autonomous Quadcopter for Farmland Surveillance, *ICSCS 2018*, pp.80-87.
- [2] Krishnan, A.R., Jisha, V.R. and Gokulnath, K. 2018, Path Planning of an Autonomous Quadcopter based Delivery System, *Proceedings of 2018 Conference on Emerging Trends and Innovations in Engineering and Technological Research (ICETIETR)*, IEEE.
- [3] Acharya, A.D., Bhandari, S. and Aliyazicioglu, Z. 2019, Autonomous Navigation of a Quadcopter in Indoor Environment, *AIAA SciTech Forum*, 7-11 January 2019, California.
- [4] Raj, S., Dreyer, M. and Gururajan, S. 2018, Autonomous Quadcopter Navigation Using Vision-Based Landmark Recognition, *2018 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, AIAA Aviation Forum, 25-29 June 2018, Atlanta, Georgia.
- [5] Rezende, A.M.C. et al. 2019, Autonomous System for a Racing Quadcopter, *2019 19th International Conference on Advanced Robotics (ICAR)*, IEEE, 2-6 December 2019, Brazil.
- [6] Sharma, A. and Rajesh, M. 2018, Building a Quadcopter: An Approach for an Autonomous Quadcopter, *IEEE*, pp.1252-1258.
- [7] Tran, L.A. et al. 2018, A Vision-Based Method for Autonomous Landing on a Target with a Quadcopter, *2018 4th International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)*, IEEE.
- [8] Respass, V.M., Sellami, S. and Afanasyev, I. 2019, Implementation of Autonomous Visual Detection, Tracking and Landing for AR.Drone 2.0 Quadcopter, *2019 Developments in eSystems Engineering (DeSE)*, IEEE.
- [9] Xuan-Mung, N. et al. 2020, Autonomous Quadcopter Precision Landing onto a Heaving Platform: New Method and Experiment, *IEEE Access*, Access2020.3022881.
- [10] Vivek, J.D.R., Mariappan, M. and Rickson, M.J. 2018, Autonomous Quadcopter for Surveillance and Monitoring, *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, Volume 7, Issue 4, April 2018.
- [11] Gururajan, S. and Bay, Y. 2019, Autonomous “Figure-8” Flights of a Quadcopter: Experimental Datasets, *MDPI Data Journal*, ISSN 2306-5729, Vol.4, Issue 1, March 2019.
- [12] Bay, Y. and Gururajan, S. 2019, Evaluation of a Baseline Controller for Autonomous “Figure-8” Flights of a Morphing Geometry Quadcopter: Flight Performance, *MDPI Drones Journal*, ISSN 2306-5729, Volume 70, Issue 3, August 2019.
- [13] Lakshmanan, D. et al. 2020, Performance Analysis of Medium Altitude Low-Cost Autonomous Quadcopter, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 764, No. 012037, 2020.
- [14] van Diggelen, F. 2007, Update: GNSS Accuracy: Lies, Damn Lies, and Statistics, dilihat 21 April 2020, <https://www.gpsworld.com/gpsgnss-accuracy-lies-damn-lies-and-statistics-1134/>.