

Rancang Bangun Robot Terbang Penghindar Halangan Dalam Ruangan Bersekat

Sugianto K. Indrawan¹⁾, Ferry Hadary²⁾, dan Aryanto Hartoyo³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura

email: ¹⁾sugianto.kusuma25@gmail.com, ²⁾ferry.hadary@invent.untan.ac.id, ³⁾hartoyoaryanto@yahoo.com

Abstrak— Perkembangan teknologi di dalam dunia elektronika khususnya robotika berkembang pesat. Kebutuhan manusia akan alat bantu yang kuat, murah, dan efisien mendorong manusia terus melakukan penelitian untuk menghasilkan robot-robot yang dapat digunakan untuk membantu mengerjakan tugas-tugas manusia yang selama ini masih dikerjakan secara manual. Salah satu jenis robot yang sedang dikembangkan saat ini adalah robot terbang atau sering dikenal dengan istilah *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Pada penelitian ini, peneliti merancang bangun *quadcopter* dengan menambahkan sensor Ultrasonik sebagai penghindar halangan (*avoider*). Perancangan *quadcopter* pada penelitian ini menggunakan empat sensor ultrasonik yang terpasang pada keempat sisi *quadcopter*. Pada saat pengujian *quadcopter*, sensor sudah dapat membaca jarak dengan baik, sehingga *quadcopter* dapat menyelesaikan misi dengan baik. Jarak efektif sensor ultrasonik antara 3 cm sampai 300 cm. Apabila lebih dari jarak tersebut maka sensor tidak bekerja dengan baik, sehingga *quadcopter* tidak dapat menghindari dengan baik. Apabila dalam jarak efektif sensor *quadcopter* bekerja dengan efektif sehingga penelitian dapat dikatakan berhasil.

Kata Kunci: UAV, *quadcopter*, APM 2560, sensor ultrasonik, Arduino Nano

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan alat bantu yang kuat, murah, dan efisien mendorong manusia terus melakukan penelitian untuk menghasilkan robot-robot yang dapat digunakan untuk membantu mengerjakan tugas-tugas manusia yang selama ini masih dikerjakan secara manual. Salah satu jenis robot yang sedang dikembangkan saat ini adalah robot terbang UAV jenis *quadcopter*, yaitu *multicopter* yang memiliki empat baling-baling yang diletakkan secara simetris pada setiap ujung sisinya. *Quadcopter* dapat dilengkapi dengan fitur FPV untuk menampilkan hasil tangkapan kamera secara *real time*.

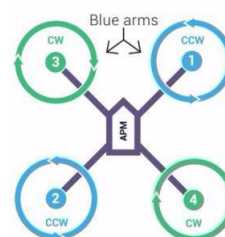
Dengan adanya *quadcopter* berkemampuan seperti itu, diharapkan dapat membantu tugas manusia dalam melakukan pekerjaan di tempat yang berbahaya misalnya mencari korban pada gedung pasca kebakaran, gempa bumi ataupun ruangan terpapar gas beracun dan sebagainya. Sehingga proses evakuasi korban akan lebih gampang dan menurunkan tingkat resiko bahaya bagi para petugas.

II. METODELOGI PENELITIAN

2.1. *Quadcopter*

Quadcopter adalah salah satu jenis UAV yang memiliki empat buah motor dan baling-baling dengan kemampuan untuk melakukan manuver yang sulit dilakukan oleh

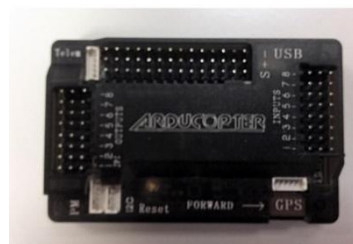
wahana lain [1]. Pada penelitian ini yang dirancang adalah *quadcopter* dengan model “X”.



Gambar 1. *Quadcopter* dengan model “X” [2]

2.2. Ardupilot Mega (APM) 2560

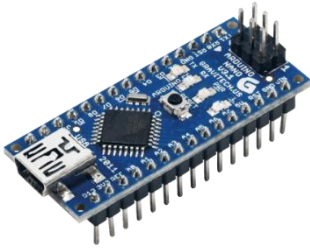
Flight controller (FC) adalah kumpulan dari berbagai komponen dan sensor yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan dan dapat terkendali. Dalam penelitian FC yang digunakan adalah APM 2560. APM 2560 dilengkapi dengan modul *Inertial Measurement Unit* (IMU) MPU-600 dan Barometer MS5611-01BA03. IMU bekerja menggunakan kombinasi *accelerometer* dan *gyroscope* untuk mendeteksi perubahan sumbu rotasi. Sedangkan barometer menggunakan prinsip perbedaan tekanan udara untuk mengetahui ketinggian terbang [3].



Gambar 2. *Flight Controller* Ardupilot Mega (APM) 2560 [4]

2.3. Arduino Nano

Arduino Nano digunakan untuk membaca *input* dari *radio remote controller* (RC) dan sensor ultrasonik. Sinyal *input* yang masuk akan diolah terlebih dahulu di *board* Arduino Nano kemudian diteruskan ke APM 2560. *Board* Arduino Nano adalah sebuah kontroler yang bersifat *open source* yang dapat diprogram dengan bahasa program bawaannya yaitu Arduino IDE.



Gambar 3. Arduino Nano [5]



Gambar 6. Radio remote control [6]

2.4. Brushless Direct Current Motor (BLDC)

Dalam penelitian ini, motor yang digunakan adalah seri DJI2212 920KV. Apabila motor ini diberikan tegangan kerja 14,8 Volt, maka motor akan menghasilkan putaran dengan perhitungan $14,8 \times 920 = 13.616$ RPM.



Gambar 4. Jenis motor brushless DJI2212 [4]

2.5. Electronic Speed Controller (ESC)

Pemilihan ESC tergantung dari besar arus maksimal motor brushless yang digunakan. Penggunaan ESC yang memiliki arus yang lebih kecil dibandingkan dengan motor yang digunakan dapat mengakibatkan ESC cepat panas dan terbakar [4]. Dalam penelitian ini menggunakan ESC *opto simonK 30A*.



Gambar 5. Electronic Speed Controller (ESC) [4]

2.6. Radio Remote Control (RC)

RC merupakan alat yang terdiri dari *Transmitter (Tx)* sebagai pengirim sinyal dan *Receiver (Rx)* sebagai penerima sinyal. Fungsi dari RC ini adalah sebagai pengendali jarak jauh ketika dioperasikan pada mode manual. Untuk *quadcopter*, RC yang sebagai Tx minimal memiliki empat saluran untuk mengendalikan empat gerakan dasar *quadcopter* yaitu *pitch*, *roll*, *throttle* dan *yaw*.

2.7. Power Supply

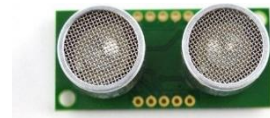
Power supply yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua buah baterai *lithium polymer (Li-Po)* 2 cell berkapasitas arus 1.500 mAh dan tegangan 7,4 Volt. Dari menghubungkan seri kedua baterai tersebut menghasilkan tegangan 14,8 Volt, *cell* baterai juga ikut naik menjadi 4 *cell*, sedangkan kapasitas arus tetap 1.500 mAh.



Gambar 7. Baterai lithium polymer (Li-Po) [7]

2.8. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi halangan yang berupa dinding dan sekat-sekat dalam ruangan. Sensor membaca jarak antara *quadcopter* dengan dinding penghalang, sehingga dengan cepat *quadcopter* dapat mengetahui jika terdapat halangan dan akan segera mengambil tindakan.

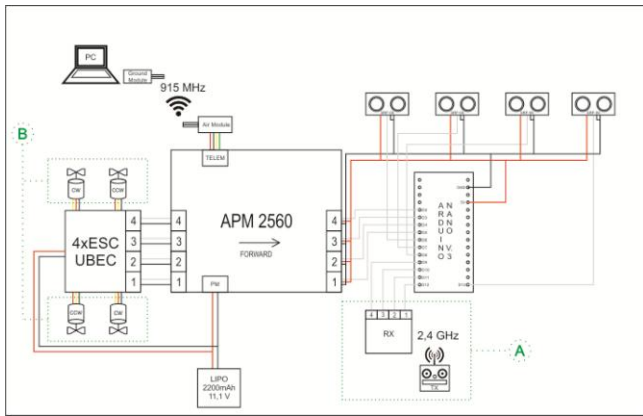


Gambar 8. Sensor ultrasonik SRF-05 [8]

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Dalam melakukan perancangan sistem, diawali dengan membuat diagram blok perancangan perangkat keras *quadcopter* terlebih dahulu. Diagram blok perancangan ditunjukkan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram blok perancangan perangkat keras *quadcopter*

Spesifikasi dari *quadcopter* yang sudah dirancang adalah sebagai berikut:

1. Dimensi *quadcopter* dari ujung ke ujung baling-baling adalah 62cmx62cm
2. Berat *quadcopter* 1,2kg
3. *Flight Controller* yang digunakan adalah Ardu Pilot Mega 2560
4. Motor yang digunakan adalah jenis BLDC DJI2212 920KV
5. *Power Supply*: Baterai Li-Po 1.500mAh 14,8V 4S 35C
6. Kemampuan waktu terbang *quadcopter* ±5 menit
7. Sensor untuk mendeteksi halangan adalah sensor ultrasonik SRF-05.



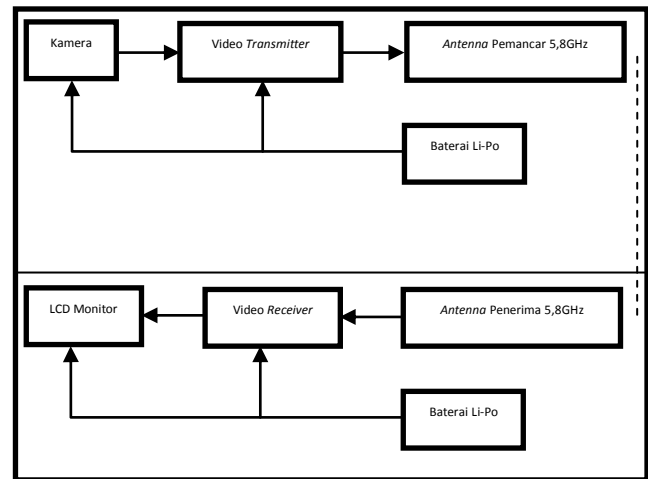
Gambar 10. Hasil perancangan *quadcopter*

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak adalah untuk pemrograman pada Arduino Nano. Modul Arduino Nano berfungsi untuk mengolah sinyal perintah dari RC serta membaca sensor ultrasonik. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk Arduino Nano adalah bahasa C yang merupakan bahasa bawaan dari Arduino. Untuk menulis dan mengunggah program pada Arduino Nano dibutuhkan *software* Arduino IDE (*Integrated Development Enviroment*).

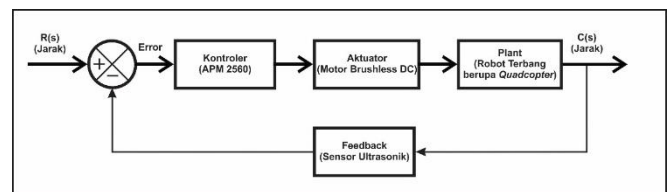
3.3. Perancangan Sistem First Person View (FPV)

Sistem FPV diintegrasikan pada *quadcopter* untuk mendukung fitur pengambilan data berupa gambar ataupun video pada saat *quadcopter* sedang dioperasikan dan dikirimkan secara *real time* ke *ground system*.



Gambar 11. Diagram koneksi FPV *system*

Setelah melakukan semua perancangan, maka dibutuhkan sebuah diagram blok untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang sudah bekerja dengan baik atau belum. Dengan adanya diagram blok, hasil pengujian terhadap sistem yang sudah dirancang akan lebih jelas dan terstruktur.



Gambar 12. Diagram blok sistem kendali *quadcopter*

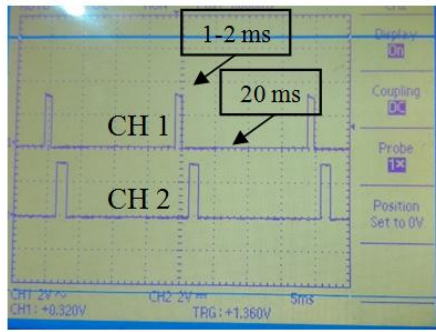
Diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 12 dibuat untuk menganalisis hasil dari perancangan sistem *quadcopter*. Diagram blok ini bersifat *close loop*, dimana hasil pembacaan dari sensor ultrasonik yang berupa jarak dimasukkan kembali sebagai pembanding untuk mengetahui nilai *error* dari hasil pembacaan sensor itu sendiri. Nilai *error* bisa plus, bisa minus. Semakin kecil nilai bacaan sensor (semakin dekat dengan dinding penghalang), maka nilai *error* semakin *plus*, dan sebaliknya. Hal ini diketahui dari rumus untuk menghitung *error* adalah sebagai berikut:

$$Error = \text{set point} - \text{nilai pembacaan sensor} [9]$$

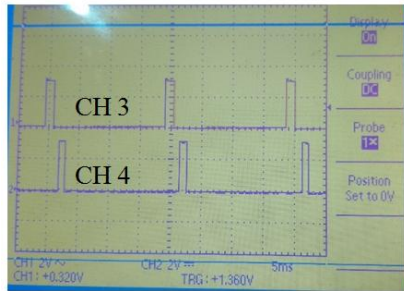
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Komunikasi Pengiriman Data Transmitter dan Receiver RC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan *transmitter* dari RC mengirimkan sinyal ke *receiver*. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran pada perangkat RX, gambar rujukan dapat dilihat kembali pada Gambar 9 Blok A. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Bentuk sinyal keluaran Rx Ch1 1000us CH2 1500us



Gambar 14. Bentuk sinyal keluaran Rx Ch3 1500us CH4 1000us

Lebar sinyal keluaran dari RC berada pada rentang 1000us sampai 2000us. Setelah itu selang 20 ms baru ada pengiriman sinyal lagi dari RC. Setelah mengetahui rentang nilai sinyal keluaran RC, maka rentang nilai tersebut yang digunakan untuk pemrograman sistem pergerakan *quadcopter*.

4.2. Pengujian Tegangan Motor terhadap RPM Motor

Tegangan yang masuk ke motor berpengaruh terhadap berapa kali putaran motor dalam satu menit (RPM). Oleh karena itu dibutuhkan pengujian tegangan terhadap putaran motor untuk mengetahui berapa RPM maksimal yang dapat dihasilkan oleh motor. Pengujian ini menggunakan alat ukur *tachometer* untuk mengukur RPM motor. Gambar acuan dalam pengujian ini dapat dilihat kembali pada Gambar 9 Blok B.

Tabel 1. Hasil Pengujian RPM Motor

Tegangan (Volt)	Putaran Motor (RPM)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
0	0	0	0	0
1	920	908	912	920
3,7	3.404	3.404	3.404	3.404
7,4	6.808	6.608	6.808	6.598
11,1	9.876	9.733	9.876	9.876
14,8	13.500	13.616	13.498	13.498

Setelah melakukan pengujian diketahui bahwa nilai RPM motor BLDC berbanding lurus dengan nilai tegangan masukannya. Dari Tabel 1 menunjukkan keempat motor yang digunakan sudah linear. Respon putaran motor terhadap tegangan yang diberikan mendekati satu nilai yang sama. Kelinearitasan motor yang digunakan sangat dibutuhkan untuk menghasilkan sistem kestabilan yang baik.

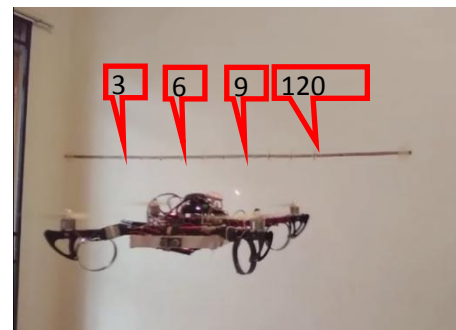
4.3. Pengujian Sensor Ultrasonik pada Saat Terbang

Pengujian kinerja sensor ultrasonik bertujuan untuk memastikan bahwa sensor ultrasonik yang digunakan sebagai pendeteksi halangan bekerja dengan baik, dengan parameter ketepatan hasil pembacaan sensor ultrasonik terhadap data jarak yang sudah ditentukan nilainya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Jarak terhadap Dinding (cm)	Rentang Pembacaan Ultrasonik (cm)
30	29 - 35
40	39 - 44
50	49 - 52
60	59 - 61
70	70 - 75
80	79 - 85
90	88 - 93
100	99 - 102
110	108 - 112
120	119 - 123

Nilai yang terbaca oleh sensor ultrasonik memiliki rentang nilai. Hal ini dikarenakan selama terbang, *quadcopter* mengalami osilasi pergerakan ke kiri dan kanan. Dengan mengacu pada Tabel 2, diketahui bahwa rentang nilai osilasi *quadcopter* ketika berada di suatu titik tertentu adalah ± 5 cm terhadap posisinya.



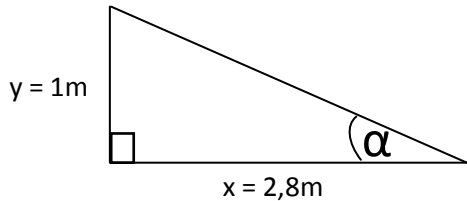
Gambar 15. Pengambilan data sensor ultrasonik pada saat terbang

4.4 Pengujian Sudut Keoptimalan Kamera FPV dalam Menangkap Objek

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan sudut keoptimalan kamera terhadap objek gambar. Objek yang digunakan dalam pengujian berupa sebuah boneka yang disimulasikan sebagai manusia diposisikan dalam ruangan pada titik tertentu. Hasil pengujian untuk mendapatkan sudut keoptimalan kamera FPV dalam menangkap objek ditunjukkan pada Gambar 16. Mengacu pada Gambar 16 didapatkan sudut kamera terhadap objek membentuk sebuah segitiga siku-siku. Dengan menggunakan fungsi trigonometri [10], maka sudut yang dibentuk oleh kamera terhadap objek dapat dihitung dengan persamaan sebagai pada gambar 17.



Gambar 16. Sudut optimal kamera terhadap objek



Gambar 17. Persamaan sudut kamera terhadap objek

$$\tan \alpha = \frac{y}{x}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{1}{2,8} \right)$$

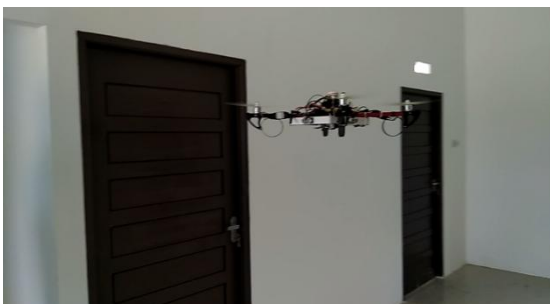
$$= 19,65^\circ$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan sudut paling optimal bagi kamera untuk menangkap objek adalah $19,65^\circ$.

4.5. Pengujian Keseluruhan dari Sistem Robot Terbang Penghindar Halangan dalam Ruang Bersekat

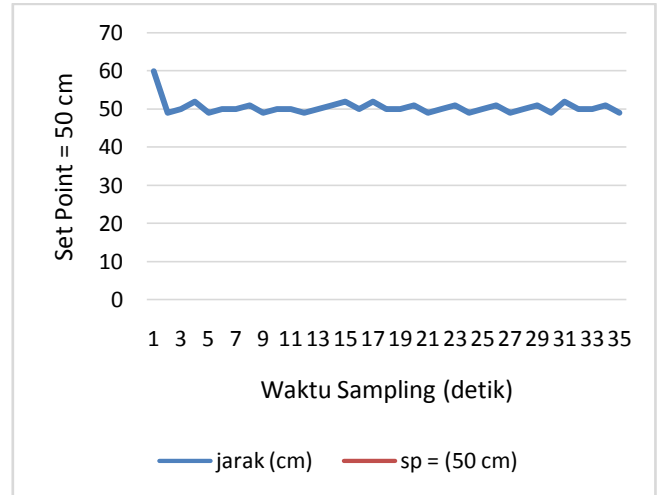
Pengujian keseluruhan dari sistem perancangan *quadcopter* adalah dengan cara uji terbang. Uji terbang yang digunakan adalah sistem semi-otomatis. Sistem ini dikatakan semi-otomatis karena dalam sistem terbang ini, terdapat dua input yang menjadi pengendali dari pergerakan *quadcopter*. Input pertama adalah sinyal perintah dari RC yang dikendalikan oleh pilot, sedangkan input kedua adalah sinyal perintah dari sensor ultrasonik.

Quadcopter ditugaskan masuk ke dalam bangunan untuk mengambil data berupa gambar ataupun video. Data yang diambil bertujuan untuk mengetahui kondisi di dalam bangunan tersebut.



Gambar 18. Pengujian *quadcopter* di dalam ruangan

Setelah melakukan pengujian keseluruhan sistem didapatkan data pergerakan *quadcopter* dari hasil bacaan sensor kiri terhadap dinding selama menyusuri dinding kiri. *Set point* diatur pada nilai 50 cm jarak dari sensor kiri terhadap dinding kiri dengan ketinggian terbang adalah 100 cm.



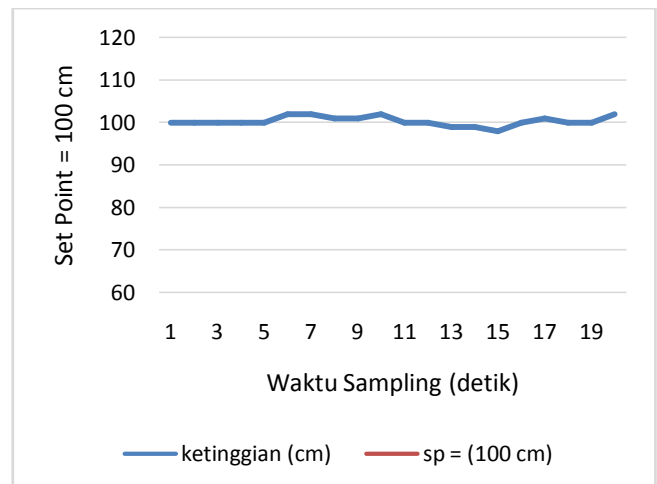
Gambar 19. Grafik kestabilan posisi *quadcopter* terhadap dinding kiri

Dengan merujuk pada Gambar 20, maka diketahui data statistik dari kestabilan pergerakan *quadcopter* terhadap dinding kiri sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata (Mean)} = \frac{\text{Jumlah semua nilai data}}{\text{Banyaknya data}}$$

$$\text{Mean} = \frac{1.766 \text{ cm}}{35} = 50,457 \text{ cm}$$

Dari grafik tersebut terlihat bahwa pergerakan *quadcopter* selama menyusuri dinding kiri mengalami osilasi. Rentang jaraknya terhadap dinding kiri berada pada nilai 49 cm hingga 52 cm, dengan rata-rata 50,457 cm. *Error* yang terjadi terhadap set point 50 cm adalah 0,457 cm dengan waktu sampling 35 detik.



Gambar 20. Grafik kestabilan ketinggian terbang *quadcopter*

Sedangkan data statistik dari kestabilan ketinggian terbang *quadcopter* dengan merujuk pada Gambar 21, diketahui bahwa:

$$\text{Rata - rata (Mean)} = \frac{\text{Jumlah semua nilai data}}{\text{Banyaknya data}}$$

$$\text{Mean} = \frac{2007 \text{ cm}}{20} = 100,35 \text{ cm}$$

Kestabilan ketinggian *quadcopter* selama terbang juga mengalami osilasi. Rentang jaraknya berada pada nilai 98 cm hingga 102 cm, dengan rata-rata 100,35 cm. *Error* yang terjadi terhadap set point 100 cm adalah 0,35 cm dengan waktu sampling 20 detik.

V. KESIMPULAN

Dari keseluruhan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan:

1. *Quadcopter* yang dirancang berhasil menghindari halangan dan berhasil melakukan navigasi dalam ruangan bersekat.
2. Kemampuan waktu terbang *quadcopter* ± 5 menit hingga baterai berada pada status *safe flight* dan *return-to-launch*.
3. Waktu yang dibutuhkan *quadcopter* untuk menyelesaikan misinya adalah 1 menit 52 detik dengan panjang lintasan 37,4 meter.
4. Gambar ataupun video yang berhasil diambil terkirim secara *real time* dan memiliki kualitas yang baik.
5. Video pengujian keseluruhan sistem *quadcopter* dalam penelitian ini dapat dilihat pada pranala/link video berikut:
<https://www.youtube.com/watch?v=kn7a9HWYhg8&feature=youtu.be>

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya Artikel ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan untuk dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan Karya Ilmiah.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara penulis yang senantiasa menjadi motivasi.
3. Adik yang selalu memberikan semangat dan dampingan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian hingga Karya Ilmiah ini bisa selesai ditulis.
4. Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan Artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, Nur. 2009. *Rancang Bangun Sistem Kendali Quadrotor untuk Kesetimbangan Posisi dengan PID*. Universitas Indonesia.
- [2] Inven Sense. 2013, August 19. *MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4*. May 05, 2015. <http://www.Invensense.com>
- [3] ArduPilot Dev Team. 2016. Ardupilot Development. February 24, 2016. <http://ardupilot.org/copter/index.html>
- [4] Aero Engineering. 2018. "Pemilihan Komponen Elektronik Pesawat Aeromodelling." Mei, 2018. <http://aeroengineering.co.id/2016/02/pemilihan-komponen-elektronik-motor-baterai-esc-pesawat-aeromodelling/>
- [5] Avrchip.com. 2018. "AVR Microcontroller and Arduino Tutorial." Mei, 2018. <http://avrchip.com/arduino-nano-datasheet-and-tutorial/>
- [6] DIYDrones Development Team. 2015. *Arduino-based autopilot for multirotor craft, from quadcopters to multirotor*, February 24, 2016. <http://copter.ardupilot.com/>
- [7] Cheap Drones UK. 2018. <https://cheapdrone.co.uk/drone-parts/Drone-Bags-Tools/zop-power-7-4v-1500mah-2s-35c-lipo-battery-xt60-plug-drone-parts>
- [8] Datasheet SRF05. (n.d.). May 5, 2018.
- [9] Ogata, K., Teknik Kontrol Otomatis, Jilid 1, Edisi 2, Erlangga, Jakarta, 1996.
- [10] Valeree Falduto, Algebra of Trigonometry, Rice University, Texas, 2015.