

PERANCANGAN SISTEM *AUTONOMOUS QUADCOPTER*

M. Latif¹

t1ffo@yahoo.co.id

Program Studi Mekatronika,
Universitas Trunojoyo Madura

Jalan Raya Telang PO. Box 2 Kamal, Bangkalan

Hairil Budiarto²

irelunud@yahoo.com

Program Studi Mekatronika,
Universitas Trunojoyo Madura

Jalan Raya Telang PO. Box 2 Kamal, Bangkalan

ABSTRAK

Paper ini mengusulkan sebuah perancangan sistem *autonomous quadcopter*. *Quadcopter* adalah sejenis pesawat terbang yang memiliki empat motor sebagai penggerak utamanya. *Quadcopter* memiliki kemampuan untuk lepas landas, *hover*, terbang manuver dan mendarat bahkan ditempat yang memiliki ruang terbatas. Sistem *autonomous quadcopter* yang dibangun didesain untuk memiliki kemampuan mengendalikan sistem secara mandiri. Sistem tersebut diupayakan memiliki seminimal mungkin pengendalian dari *user*. Semua elemen *autonomous quadcopter* akan dijelaskan dalam paper ini; termasuk struktur mekanik, sistem kontrol, komputer, sensor, actuator dan sumber energinya. Sistem tersebut juga dirancang agar dapat di bekerja pada area *out door*. Pengujian dalam penelitian ini dilakukan fokus terhadap sensor *Accelerometer* dan sensor *Gyroscope*. Berdasarkan hasil pengujian, rentang nilai ADC sensor *gyroscope* dengan kemiringan sudut 0 hingga 180 adalah 67 sampai 101. Sedangkan pengujian pada kecepatan keempat motor dengan nilai tegangan yang sama, terdapat selisih kecepatan dari beberapa motor dengan nilai maksimal 2.

Kata Kunci: *Autonomous, quadcopter, sensor, actuator, navigasi*

I. Pendahuluan

Penelitian yang saat ini berkembang adalah mengenai auto pilot atau bahkan sampai pada pesawat tanpa awak. Hal tersebut terlihat dari banyak ditemuinya penelitian berkenaan dengan pengendalian gerakan *quadcopter*. Penelitian pesawat tanpa awak banyak dikemukakan untuk berbagai tujuan, di antaranya adalah untuk uji coba pesawat pengambilan foto atau video, pelaksanaan misi yang beresiko tinggi dan lain-lain.

Quadcopter merupakan salah satu jenis pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang memiliki empat buah baling-baling (*propeller*) dan empat buah motor *brushless* sebagai actuator[1][2]. Penggunaan UAV saat ini sangat dibutuhkan baik itu dibidang militer maupun sipil. Contoh penggunaan tersebut untuk pencarian korban bencana pada kondisi ekstrim, penginderaan jarak jauh seperti sistem monitoring serta bermanfaat sebagai alat pemetaan dan pengawasan pada suatu wilayah. Permasalahan yang sering dihadapi dalam mengoperasikan *quadcopter* ini adalah masalah kestabilan yang tidak bisa hanya dengan menggunakan sensor *gyroscope*[3]. Salah satu alternatif untuk mengimplementasikan derajat kemiringan dari

robot adalah dapat menggunakan sensor *accelerometer* untuk mendeteksi kemiringan sudut (*pitch, roll, yaw*) agar *robot* dapat bergerak dengan baik dan mampu mempertahankan kestabilannya sendiri (*self balancing*). Tujuan dalam penelitian ini merancang sebuah sistem *autonomous quadcopter* yang dapat bekerja pada area *outdoor*.

II. Kajian Pustaka

a. *Quadcopter*

Quadcopter memiliki 6 *Degree Of Freedom* (DoF) yang menentukan *attitude* dari *quadcopter*. *Quadcopter* tersebut terdiri dari empat buah motor *brushless* dan *propeller* sebagai penggerak agar menghasilkan gaya angkat. Tipe *quadcopter* terdiri dari dua jenis, yaitu tipe X dan tipe +[4].

Kecepatan setiap motor memiliki pengaruh dalam gerakan *quadcopter*. Agar dapat bergerak naik dan stabil, diperlukan kecepatan yang sama dan cukup besar pada setiap rotornya. Pada Gambar 1, terdapat beberapa kombinasi kecepatan rotor sehingga menghasilkan gerakan *quadcopter* yang berbeda.

Terdapat beberapa gerakan dasar yang dimiliki oleh *quadcopter* [1]. Gerakan tersebut adalah sebagai berikut;

1. Throttle atau height

Gerakan ini dapat dilakukan dengan menaikkan atau menurunkan kecepatan semua *propeller* dalam jumlah yang sama, sehingga *quadcopter* dapat bergerak naik atau turun.

2. Roll

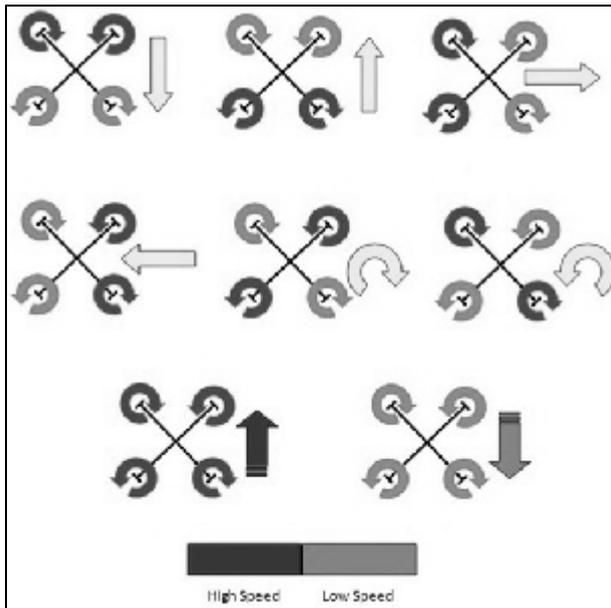
Gerak ini dapat dilakukan dengan menambah atau mengurangi kecepatan salah satu *propeller* yang kiri atau yang kanan.

3. Pitch

Gerak ini dapat dilakukan dengan menambah atau mengurangi kecepatan salah satu *propeller*, yang depan atau yang belakang.

4. Yaw

Gerak ini dapat dilakukan dengan menambah atau mengurangi *propeller* depan belakang dan kanan-kiri secara bersama.



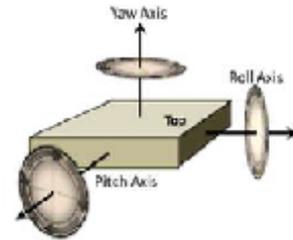
Gambar 1. Pergerakan dari *quadcopter*

b. Sensor Gyroscope

Sensor *gyroscope* merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan sudut atau mempertahankan posisi terhadap perubahan gravitasi bumi. Sensor *gyroscope* memiliki keluaran berupa perubahan kecepatan sudut dari sumbu x, sumbu y dan sumbu z (Endra, 2006). Ketiga sumbu tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.

Sensor *gyroscope* dapat ditemukan pada modul *inertial measurement unit* (IMU). Modul tersebut merupakan suatu unit dalam modul elektronik yang bertugas mengumpulkan data

kecepatan angular dan akselerasi linear. Kemudian data dikirim ke *central processing unit* (CPU) untuk menghasilkan data keberadaan dan pergerakan suatu benda. IMU merupakan kombinasi *accelerometer* (sensor percepatan) dan *gyroscope* (sensor kecepatan angular). *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan suatu benda sedangkan *gyroscope* digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi dari suatu benda[6]. Tegangan masukan sensor *gyroscope* adalah tegangan DC 5 volt sedangkan keluarannya antara 0,25 volt sampai 3,75 volt.



Gambar 2. Sumbu pada sensor *gyroscope*

Bagian dari *gyroscope* terdiri dari sebuah piringan (*rotor*) yang berputar pada sumbu putar (*spin axis*). Sumbu putar ini terpasang pada suatu kerangka yang disebut *gimbal* (*inner-most gimbal*). *Inner-most gimbal* terpasang pada *inner gimbal*. Dan *inner gimbal* terpasang pada *outer gimbal* yang merupakan kerangka terluar. Dengan memiliki tiga *gimbal* maka *gyroscope* mempunyai kemampuan untuk berputar pada tiga sumbu putar (*3 degree of rotational freedom*).

Walaupun *gyroscope* mempunyai *3 degree of rotational freedom*, namun rotor akan selalu tetap berada pada posisinya, selama dia berputar. Saat ketiga kerangka *gimbal* berputar, rotor tidak mengikuti putarannya.

c. Model Matematika *Quadcopter*

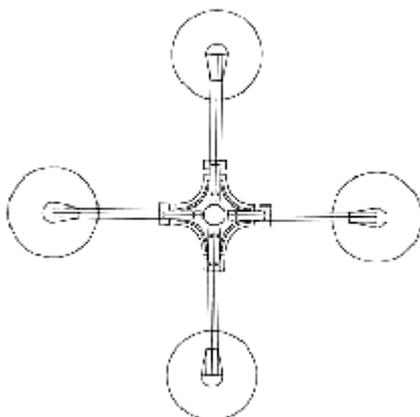
Model kinematika dan dinamika berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Tommasso, diperoleh persamaan matematika dari *quadcopter* seperti ditunjukkan Persamaan 1, sedangkan model matematis kecepatan ditunjukkan pada Persamaan 2[4][5].

$$\begin{cases} \ddot{X} = \frac{U_1}{m} (\cos \psi \sin \theta \cos \phi + \sin \psi \sin \phi) \\ \ddot{Y} = \frac{U_1}{m} (\sin \psi \sin \theta \cos \phi - \cos \psi \sin \phi) \\ \ddot{Z} = -g + \frac{U_1}{m} (\cos \theta \cos \phi) \\ \dot{p} = \frac{I_{yy} - I_{zz}}{I_{xx}} qr - \frac{I_r}{I_{xx}} q\Omega + \frac{U_2}{I_{xx}} \\ \dot{q} = \frac{I_{zz} - I_{xx}}{I_{yy}} pr + \frac{I_r}{I_{yy}} p\Omega + \frac{U_3}{I_{yy}} \\ \dot{r} = \frac{I_{xx} - I_{yy}}{I_{zz}} pq + \frac{U_4}{I_{zz}} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} U_1 = b (\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ U_2 = lb (-\Omega_2^2 + \Omega_4^2) \\ U_3 = lb (-\Omega_1^2 + \Omega_3^2) \\ U_4 = d (-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ \Omega = -\Omega_1 + \Omega_2 - \Omega_3 + \Omega_4 \end{cases} \quad (2)$$

III. Perancangan Sistem

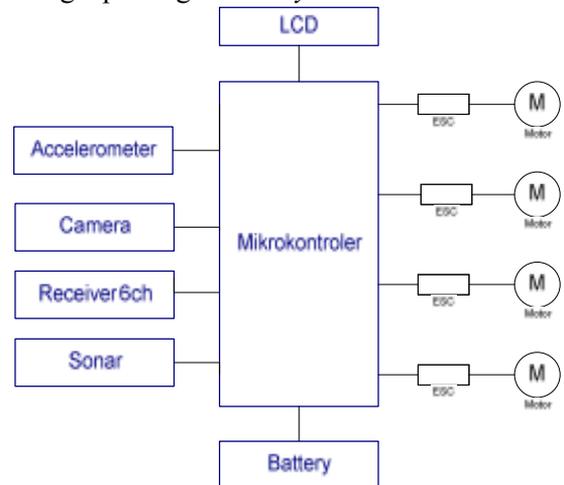
Perancangan *quadcopter* ini dirancang dengan model (+). Motor brushless bagian depan dan belakang berputar searah jarum jam, sedangkan bagian kanan dan kiri berputar berlawanan arah jarum jam. *Body* dari *robot* terbuat dari acrylic dengan tebal 3mm kemudian kaki-kaki dari *quadcopter* terbuat dari aluminium kotak agar *body robot* menjadi lebih kokoh. Titik berat dari *robot* juga diperhitungkan untuk meminimalisir ketidakseimbangan beban pada *robot*. Rancangan *quadcopter* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Fisik *Quadcopter*

Perancangan elektronik dalam sistem ini mengacu pada pengendalian empat buah motor brushless sebagai penggerak *quadcopter*. Berdasarkan skema sistem elektronik pada Gambar 4, motor brushless kecepatannya dikendalikan oleh ESC berdasarkan *output* yang

diberikan oleh kontroler. Sensor accelerometer memberikan masukan berupa nilai kemiringan sudut *roll*, *pitch* dan *yaw* kedalam kontroler untuk selanjutnya diproses dan diolah sebagai nilai referensi untuk mencapai kestabilan dari *quadcopter*. *Transmitter* memberikan sinyal *control manual* yang diterima oleh *receiver* untuk diproses oleh mikrokontroler agar *robot* dapat dikendalikan secara manual. LCD 16x2 berfungsi sebagai output untuk menampilkan informasi. Sebagai sumber energi, sistem ini dilengkapi dengan *battery*.



Gambar 4. Skema sistem elektronik

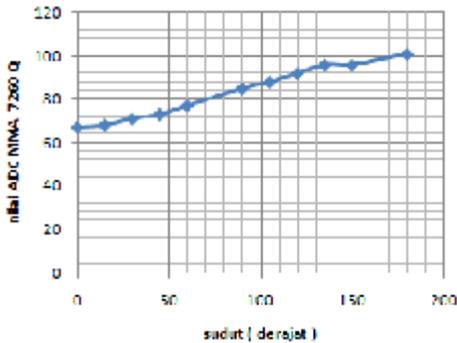
IV. Pengujian

Pengujian dalam sistem ini dilakukan dua jenis pengujian terhadap sensor utama, yaitu pengujian sensor *Accelerometer* dan sensor *Gyroscope*. Pengujian yang dilakukan pada sensor accelerometer bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon dari sensor terhadap kemiringan yang diberikan. Output dari sensor accelerometer adalah nilai tegangan analog sehingga pada penggunaannya nilai ini akan dibaca kedalam bentuk nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk membaca kemiringan dari *quadcopter*, nilai pembacaan sensor yang digunakan adalah nilai dari sumbu x dan y. Hasil pengujian sensor tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. Jika Tabel 1 diubah menjadi bentuk grafik, perbandingan nilai sudut terhadap nilai ADC ditunjukkan seperti pada Gambar 5.

Tabel 1. Nilai ADC pada sumbu x gyroscope

No	Sudut (derajat)	Nilai ADC MMA /260 Q
1	0	67
2	15	68
3	30	71
4	45	73
5	60	77
6	90	85
7	105	88
8	120	92
9	135	96
10	150	96
11	180	101

Pengujian sensor Gyroscope dilakukan untuk mengetahui keluaran dan respon dari sensor dengan cara merubah posisi dari sensor tersebut untuk condong ke berbagai arah. Hasil pengukuran keluaran tegangan dijelaskan pada Tabel 2.



Gambar 5. Grafik sudut vs ADC

Tabel 2. Keluaran sensor gyroscope

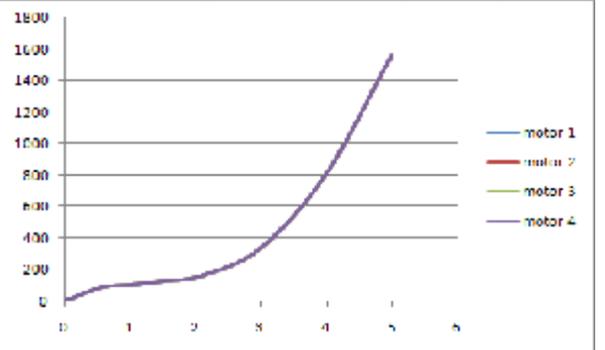
Kondisi quadcopter	Tegangan output sensor (volt)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
Miring ke kanan	1.32	2.22	2.22	1.29
Miring ke kiri	2.29	1.31	1.31	2.32
Miring ke depan	2.52	2.52	1.29	1.31
Miring ke belakang	1.51	1.52	3.1	2.99

Berdasarkan Tabel 2 diatas, bahwa pada saat *quadcopter* miring ke kanan, maka motor 2 dan 3 tegangan yang masuk pada motor tersebut sebesar 2,2 volt, sedangkan motor 1 dan 4 tegangan motornya 1,3 volt, hal tersebut menyebabkan putaran motor 2 dan 3 lebih cepat dari pada motor 1 dan 4, begitupun sebaliknya untuk posisi miring ke kiri. Pada saat *quadcopter* miring ke depan, tegangan yang terukur dari pada motor 1 dan motor 2 adalah 2,52 volt, sedangkan motor 3 dan 4 keluar sekitar 1,3 volt, sehingga menyebabkan putaran motor 1 dan 2 lebih cepat, begitupun sebaliknya pada saat posisi miring ke belakang. Setelah

diberikan tegangan berjenjang mulai dari 0 volt sampai 5 volt, putaran motor brushless ditunjukkan seperti Tabel 3. Hubungan tegangan motor terhadap putaran juga ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 6. Grafik respon keempat motor tersebut berhimpit karena nilainya cenderung sama dan perbedaan nilainya kecil.

Tabel 3. Tegangan motor terhadap putaran (Rpm)

Tegangan (volt)	Putaran motor (RPM)			
	Motor 1	Motor 2	Motor 3	Motor 4
0	0	0	0	0
0.56	85	85	86	86
1	101	102	102	102
1.5	125	127	126	126
2.1	160	160	160	161
3	335	335	337	336
4	807	807	808	807
5	1500	1500	1500	1559



Gambar 6. Grafik tegangan (volt) vs Rpm motor

V. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian, rentang nilai ADC sensor *gyroscope* dengan kemiringan sudut 0 hingga 180 adalah 67 sampai 101. Sedangkan pengujian pada kecepatan keempat motor, dengan nilai tegangan yang sama terdapat selisih dari beberapa motor dengan nilai maksimal 2.

Untuk pengembangan lebih jauh, diharapkan dapat di dilakukan pengujian dengan kemampuan pengendalian terbang yang stabil.

VI. Daftar Pustaka

- [1]. Hamdani, CN. Rusdhianto, EAK. Iskandar, E. 2013. Perancangan Autonomous Landing pada Quadcopter Menggunakan Behavior-Based Intelligent Fuzzy Control. *JURNAL TEKNIK POMITS. 2 (2):E63-E68.*
- [2]. Swamardika, IBA. 2014. Hand Motion Control Untuk Menggerakkan Quadcopter Robot Dengan Menggunakan Sensor Accelerometer Adxl335 Dan Wireless Xbee-Pro Series 1 60 Mw

- Berbasis Mikrokontroller ATmega32. *Jurnal Ilmiah Mikrotek*. 1 (2): 47-54.
- [3]. Sirajuddin. 2013. Rancang Bangun Robot Terbang Quadcopter Berbasis Mikrokontroler ATmega16. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. 1 (1).
- [4]. Kardono, Rusdhianto, EAK. Fatoni, A. 2012. Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Optimal *LQR* untuk Menjaga Kestabilan Hover pada *Quadcopter*. *JURNAL TEKNIK ITS*. 1 (1):F7-F13.
- [5]. Tommaso, B. 2008. Modelling, Identification and Control of a Quadcopter Helicopter. *Thesis*. Department of Automatic Control Lund University.
- [6]. Riyadi, M. Wahyudi. Setiawan, I. 2010. Pendeteksi Posisi Menggunakan Sensor Accelerometer MMA7260Q Berbasis Mikrokontroler Atmega 32. *TRANSMISI*. 12 (2):76-81.