

**Perancangan dan Realisasi Alat Bantu *Tuning* untuk *Quadcopter*
Menggunakan Data Akuisisi dari Sensor *Accelerometer***

Disusun Oleh:

Nama : Denny Kurniawan

NRP : 1222007

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha,
Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri, MPH no. 65, Bandung, Indonesia.

Email : dkc_mc@hotmail.com

ABSTRAK

Quadcopter merupakan robot terbang yang menggunakan empat baling-baling untuk terbang. *Quadcopter* memiliki kemampuannya untuk terbang bebas ke segala arah, sehingga *quadcopter* banyak digunakan untuk mengambil foto ataupun video dari udara. Selain itu, *quadcopter* banyak juga digunakan untuk perlombaan robot cerdas. *Quadcopter* menggunakan kontrol PID pada keempat motornya. Agar dapat terbang dengan stabil, maka diperlukan parameter PID yang sesuai melalui proses *tuning* PID. Berdasarkan pengalaman, *tuning* PID manual dilakukan dengan memegang *quadcopter* di atas kepala lalu dilakukan *tuning* berdasarkan perasaan. Hal tersebut membuat sulitnya mendapatkan hasil *tuning* yang sesuai dengan yang diinginkan, selain itu adanya faktor bahaya pada memegang *quadcopter* ketika melakukan *tuning* manual.

Alat bantu *tuning* untuk *quadcopter* dirancang berdasarkan model *gyroscope* dengan bahan aluminium. *Quadcopter* yang diletakkan pada alat bantu *tuning* akan diamati menggunakan sensor IMU. Data dari sensor IMU difilter menggunakan Kalman Filter, lalu dikirim ke perangkat komputer melalui modul Bluetooth. Pada perangkat komputer, data dari sensor IMU akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang nantinya akan diamati oleh pengguna.

Alat bantu *tuning* yang dibuat dapat bekerja dengan baik. Proses akuisisi data sudut *roll* dan *pitch* dari *quadcopter* dapat berfungsi sesuai dengan perancangan. Dari data pengamatan, proses pengiriman data tidak memiliki *error*, sedangkan untuk pembacaan sudut *roll* memiliki simpangan rata-rata *error* maksimum sebesar $\pm 0.4^\circ$, sedangkan untuk *pitch* memiliki simpangan rata-rata *error* maksimum sebesar $\pm 2^\circ$. Kalman Filter juga mampu memberikan pembacaan sensor lebih presisi. Adanya perbedaan respon ketika *quadcopter* terbang bebas dan terbang pada alat bantu *tuning* disebabkan oleh pembuatan alat bantu *tuning* yang tidak presisi dan bergetar, sehingga pilot lebih menyukai *quadcopter* yang terbang dengan PID *default*.

Kata Kunci : *Quadcopter*, Kalman Filter, IMU, *tuning* PID.

***Design and Realization Tuning Tool for Quadcopter using Acquisition Data
from Accelerometer Sensor***

Composed by:

Nama : Denny Kurniawan

NRP : 1222007

Electrical Engineering, Maranatha Christian University,
Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri, MPH no.65, Bandung, Indonesia

Email: dkc_mc@hotmail.com

ABSTRACT

Quadcopter is a flying robot using four propellers to fly. Quadcopter has the ability to fly freely in all directions, so the quadcopter is widely used for taking photo or video from the air. In addition, many quadcopter is also used for intelligent robots competition. Quadcopter using PID control on four motor. Appropriate PID parameter is required through the process of PID tuning, so quadcopter is able to fly stable. Based on experience, manual PID tuning is done by holding the quadcopter above the head and then tune based on feelings. It is made of the difficulty of getting the results of the tuning to suit the desired, and there is a danger factor on the person who hold quadcopter when doing manual tuning.

Tuning tool for quadcopter designed based on models of gyroscope with aluminum. Quadcopter placed on the tuning tools will be observed using IMU sensor. Data from the IMU sensor will be filtered using Kalman Filter, and then sent to the computer through Bluetooth module. On the computer, the data from the IMU sensor will be showing in the form of charts that will be observed by the user.

Tuning tools that are made can work well. Process data acquisition angle of roll and pitch from quadcopter can function in accordance with the design. From observation data, process data transmission doesn't have error, while the reading of the roll has maximum mean deviation of error $\pm 0.4^\circ$ and the pitch has maximum mean deviation of error $\pm 2^\circ$. Kalman Filter also can give a reading of sensor with greater precision. The imperfect tuning tool that has been created and vibration causing difference responses when quadcopter fly freely and fly on the tuning tool, so the pilots prefer quadcopter to fly with the default PID.

Key words: Quadcopter, Kalman Filter, IMU, PID tuning.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN	
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR	
KATA PENGANTAR	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Spesifikasi Alat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Pengenalan Pengontrol Mikro	4
2.1.1 Pengenalan ARM <i>Architecture</i> ^[1]	4
2.1.2 Pengontrol Mikro XMC 1100 ^[2]	4
2.1.3 Fitur XMC1100 PG-VQFN-24	5
2.1.4 Konfigurasi Pin XMC1100 PG-VQFN-24	6
2.2 Sensor IMU (<i>Inertial Measurement Unit</i>) ^[3]	8
2.3 Euler Angle ^[4]	11
2.4 <i>Sensor Fusion</i> ^[5]	13
2.5 Kalman Filter ^[6]	13
2.6 <i>Quadcopter</i> ^[7]	16
2.7 Kontrol PID	16
2.7.1 Aksi Kontrol Proporsional ^[8]	17

2.7.2	Aksi Kontrol Integral ^[8]	17
2.7.3	Aksi Kontrol Derivatif ^[8]	18
2.7.4	Aksi Kontrol PID (Proporsional Integral Derivatif) ^[8]	18
2.8	Sistem PID <i>Quadcopter</i> ^[9]	19
2.9	Modul Bluetooth HC-05	20
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI		22
3.1	Perancangan Sistem Akuisisi Data	22
3.2	Perancangan dan Realisasi Alat Bantu <i>Tuning</i>	23
3.2.1	Desain Alat Bantu <i>Tuning</i>	24
3.2.2	Bentuk dan Ukuran Alat Bantu <i>Tuning</i>	25
3.3	Sensor MinIMU	29
3.4	Modul Bluetooth HC-05	30
3.5	Susunan Data Serial	31
3.6	Pengontrol Mikro XMC2Go	31
3.7	Implementasi Kalman Filter	36
3.8	Perangkat Lunak pada Perangkat Komputer	39
BAB IV DATA PENGAMATAN DAN ANALISIS		41
4.1	Data Sensor	41
4.1.1	Pengamatan Sudut Tertentu	41
4.1.2	Pengamatan Sudut 360°	45
4.1.3	Pembuktian Rumus Euler Angle dengan Perhitungan pada Program	46
4.2	Pengujian Paket Data	49
4.3	Percobaan <i>Tuning</i> PID	52
4.4	Percobaan Quadcopter Terbang Tanpa Alat Bantu <i>Tuning</i>	56
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Simpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Tuning</i> PID <i>Quadcopter</i> Manual.....	2
Gambar 2.1 Konfigurasi pin XMC1100 PG-VQFN-24	6
Gambar 2.2 Diagram Blok XMC2Go.....	7
Gambar 2.3 Sensor <i>Inertial Measurement Unit</i> (IMU)	8
Gambar 2.4 <i>Accelerometer</i> Kapasitif Tampak Samping	9
Gambar 2.5 <i>Accelerometer</i> Kapasitif Tampak Atas	9
Gambar 2.6 Rangkaian Capacitance-to-Voltage Conversion	10
Gambar 2.7 Coriolis <i>Acceleration</i>	10
Gambar 2.8 <i>Vibrating Ring Micromachined Structure</i>	11
Gambar 2.9 Proses Iterasi Kalman Filter.....	13
Gambar 2.10 Pengukuran Dimensi <i>Frame</i> dan <i>Propeller</i>	16
Gambar 2.11 Diagram Blok Kontrol PID pada <i>Quadcopter</i>	19
Gambar 2.12 Modul Bluetooth HC-05	20
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Akuisisi Data.....	23
Gambar 3.2 Model <i>Gyroscope</i>	23
Gambar 3.3 Desain Alat Bantu <i>Tuning</i>	24
Gambar 3.4 Desain <i>Frame</i>	25
Gambar 3.5 Desain Ring Terluar.....	26
Gambar 3.6 Desain Ring Tengah	26
Gambar 3.7 Desain Ring Dalam.....	27
Gambar 3.8 Desain Kaki Pendukung.....	27
Gambar 3.9 Desain Kaki Pendukung Bagian 2.....	28
Gambar 3.10 Desain Sambungan Aluminium (Tampak Atas)	28
Gambar 3.11 Desain Sambungan Aluminium.....	28
Gambar 3.12 Sensor MinIMU-9 v2.....	29
Gambar 3.13 Diagram Alir Inisialisasi.....	29
Gambar 3.14 Diagram Alir <i>Receive Data</i>	30
Gambar 3.15 Susunan Data Serial.....	31
Gambar 3.16 <i>Wiring</i> Sistem Akuisisi Data.....	32

Gambar 3.17 Diagram Alir Program Utama XMC2Go.....	33
Gambar 3.18 Diagram Alir <i>Subprogram</i> Initialize.....	34
Gambar 3.19 Diagram Alir <i>Subprogram</i> Calculate.....	35
Gambar 3.20 Diagram Alir <i>Subprogram</i> Send Serial.....	35
Gambar 3.21 Tampilan Program pada Perangkat Komputer	39
Gambar 3.22 Diagram Alir <i>Display</i> HMI pada Perangkat Komputer.....	40
Gambar 4.1 Sudut Aktual Menggunakan Busur Derajat	42
Gambar 4.2 Hasil Pembacaan Sensor Pada Perangkat Lunak	42
Gambar 4.3 Proses Pengambilan Data <i>Pitch</i> 360°.....	45
Gambar 4.4 Hasil Pengamatan <i>Pitch</i> 360°	45
Gambar 4.5 Proses Pengambilan Data <i>Roll</i> 360°	46
Gambar 4.6 Hasil Pengamatan <i>Roll</i> 360°.....	46
Gambar 4.7 Paket Data saat <i>Debuging</i> di XMC2Go.....	50
Gambar 4.8 Paket Data saat <i>Debuging</i> di Visual Studio 2013	51
Gambar 4.9 Grafik $K_p = 0.003$; $K_i = 0$; $K_d = 0$	52
Gambar 4.10 Grafik $K_p = 0.01$; $K_i = 0$; $K_d = 0$	53
Gambar 4.11 Grafik $K_p = 0.02$; $K_i = 0$; $K_d = 0$	53
Gambar 4.12 Grafik $K_p = 0.01$; $K_i = 0.001$; $K_d = 0$	54
Gambar 4.13 Grafik $K_p = 0.01$; $K_i = 0.001$; $K_d = 0.0001$	55
Gambar 4.14 Grafik $K_p = 0.01$; $K_i = 0.001$; $K_d = 0.00005$	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi PIN XMC1100 PG-VQFN-24.....	7
Tabel 2.2 Notasi Pada Algoritma Kalman Filter.....	14
Tabel 3.1 Koneksi XMC2Go dan HC-05	30
Tabel 4.1 Informasi Arah.....	41
Tabel 4.2 Data Sudut <i>Roll</i>	43
Tabel 4.3 Data Sudut <i>Pitch</i>	44
Tabel 4.4 Percobaan <i>Pitch</i>	47
Tabel 4.5 Percobaan <i>Roll</i>	48

