

Ratna Aisuwarya
Dodon Yendri
Fitra Marta Yonas
Ibrahim Saputra



Kontrol Pid **Pada Robot** **Quadcopter**





eureka
media aksara

Anggota IKAPI

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-487-333-7



KONTROL PID PADA ROBOT QUADCOPTER

Ratna Aisuwarya
Dodon Yendri
Fitra Marta Yonas
Ibrahim Saputra



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

KONTROL PID PADA ROBOT QUADCOPTER

Penulis : Ratna Aisuwarya
Dodon Yendri
Fitra Marta Yonas
Ibrahim Saputra

Editor : Darmawan Edi Wiyoto, S.Pd., M.Pd.

Desain Sampul : Satria Panji Pradana

Tata Letak : Meilita Anggie Nurlatifah

ISBN : 978-623-487-333-7

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, NOVEMBER 2022**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi :
Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2022

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan buku ini. Penulisan buku merupakan buah karya dari pemikiran penulis yang diberi judul “Kontrol PID Pada Robot Quadcopter”. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Robot merupakan teknologi yang dikembangkan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu. Perkembangan teknologi robot saat ini telah menjadikan robot sebagai alat yang dapat dikembangkan ke berbagai fungsi. Robot penjelajah udara ini sering disebut dengan kendaraan udara tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV atau Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) merupakan kendaraan udara tanpa awak (pilot pengendali) didalamnya. Salah satu jenis UAV yang termasuk kedalam kategori mikro dan cukup banyak digunakan adalah *quadcopter*.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna penyempurnaan buku ini. Akhir kata saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga buku ini akan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
BAB 2 UNNAMED AERIAL VEHICLE (UAV).....	4
A. Definisi <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV).....	4
B. <i>Quadcopter</i>	6
C. Baling-Baling (<i>Propeller</i>)	11
D. <i>Brushless Motor</i>	13
E. <i>Brushless DC Motor</i> (BLDC).....	13
BAB 3 MIKROKONTROLLER.....	18
A. <i>Arduino Pilot Mega</i>	18
B. Mikrokontroler	19
C. CMOS	20
D. MPU 9250	21
E. <i>Accelerometer Micro Electro Mechanical System</i> (MEMS)	24
F. <i>Gyroscope MEMS</i>	29
G. <i>Mission Planner</i>	32
H. <i>ArduPilot Library</i>	33
BAB 4 PERANGKAT SENSOR.....	35
A. <i>Sensor Orientasi</i>	35
B. <i>Magnetometer</i>	35
C. <i>ESC (Electrical Speed Controlling)</i>	37
D. <i>Pulse-Width Modulation (PWM)</i>	39
E. <i>Bluetooth Module</i>	39
F. <i>Kontrol Proportional Integrative Derivative (PID)</i>	42
BAB 5 MOMEN DAN ANALISA WAKTU.....	47
A. <i>Momen Gaya</i>	47
B. <i>Momen Inersia</i>	48
C. <i>Analisa Waktu Respon</i>	50
BAB 6 RANCANG BANGUN AUTONOMOUS QUADCOPTER MENGUNAKAN SENSOR ORIENTASI	51
A. <i>Perencanaan Sistem Utama Rancang Bangun</i>	51
B. <i>Implementasi Sistem dan Perangkat Rancang Bangun</i>	59

BAB 7 SISTEM KENDALI KECEPATAN BALING-BALING PADA <i>AUTONOMOUS QUADCOPTER</i>.....	66
A. Perancangan Sistem Kendali Kecepatan	
Baling-Baling	66
B. Implementasi Sistem Kendali Kecepatan	
Baling-Baling	72
DAFTAR PUSTAKA	79



KONTROL PID PADA ROBOT QUADCOPTER

**Ratna Aisuwarya
Dodon Yendri
Fitra Marta Yonas
Ibrahim Saputra**



BAB

1

PENDAHULUAN

Robot merupakan teknologi yang dikembangkan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan tertentu, misalnya pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi, berisiko tinggi, pekerjaan yang membutuhkan tenaga besar, ataupun pekerjaan yang berulang-ulang dan monoton. Beberapa tahun terakhir negara-negara Eropa, Amerika dan Asia telah memulai mengembangkan robot terbang, yaitu robot yang dapat menjelajah udara bebas. Salah satu kategori robot terbang yaitu pesawat tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle* (UAV).

Perkembangan teknologi robot saat ini telah menjadikan robot sebagai alat yang dapat dikembangkan ke berbagai fungsi, salah satunya untuk menjelajahi udara. Robot penjelajah udara ini sering disebut dengan kendaraan udara tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV atau Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) merupakan kendaraan udara tanpa awak (pilot pengendali) didalamnya. Salah satu jenis UAV yang termasuk kedalam kategori mikro dan cukup banyak digunakan adalah *quadcopter*.

UAV merupakan pesawat yang tidak memerlukan operator manusia di dalamnya, menggunakan gaya aerodinamis untuk mengangkat kendaraan, dapat terbang mandiri maupun dikendalikan dari jarak jauh, dan dapat membawa muatan. Salah satu contoh dari UAV adalah *quadcopter*. *Quadcopter* memiliki kelebihan mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan panjang, serta bergerak pada 3 sumbu. *Quadcopter* digunakan untuk berbagai fungsi misal untuk keperluan yang tidak

BAB

2

UNNAMED AERIAL VEHICLE (UAV)

A. Definisi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

UAV merupakan kendaraan udara tanpa awak (pilot pengendali) didalamnya. Karena tidak memiliki awak, UAV harus dikendalikan dari jarak jauh menggunakan remote control dari luar kendaraan atau biasa disebut *Remotely Piloted Vehicle (RPV)*. Selain itu, UAV juga dapat bergerak secara otomatis berdasarkan program yang sudah ditanamkan pada sistem komputernya.

UAV atau disebut wahana udara tak berawak merupakan sebuah wahana terbang yang mempunyai kemampuan dapat beroperasi tanpa adanya pilot di dalam wahana tersebut. UAV merupakan wahana udara tak berawak yang salah satu pengoperasiannya dengan cara dikendalikan dari jarak jauh. UAV dapat berupa pesawat atau helikopter yang menggunakan sistem navigasi mandiri. Pada dasarnya pesawat, atau helikopter dapat dipertimbangkan untuk menjadi kendaraan udara yang dapat melakukan misi yang berguna dan dapat dikendalikan dari jauh atau memiliki kemampuan terbang secara otomatis

Pada masa kini UAV telah berkembang dengan sangat pesat dan digunakan dalam berbagai aplikasi. Berikut ini beberapa contoh aplikasi dari UAV:

- a. Melakukan penginderaan jarak jauh, seperti memantau jaringan listrik, melakukan pemetaan suatu daerah, melihat keadaan geologi suatu daerah, dan memantau lahan pertanian.

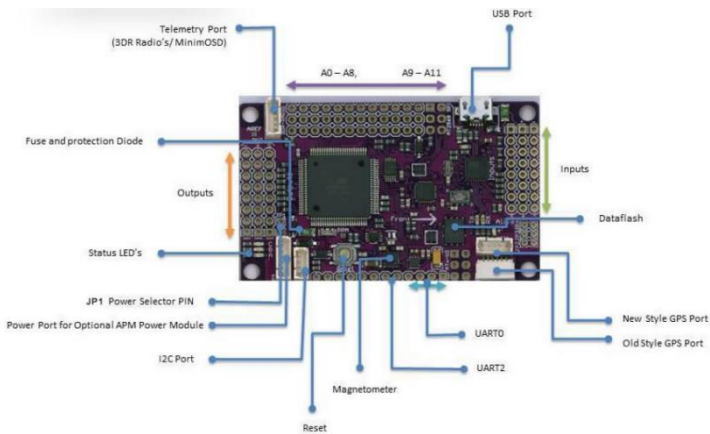
BAB

3

MIKROKONTROLLER

A. Arduino Pilot Mega

ArduPilot Mega adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik kendaraan udara tak berawak yang bersifat *open source*. Ardupilot adalah *platform* pemenang penghargaan yang memenangkan 2012 dan 2014 UAV *Outback Challenge*.



Gambar 3.1 Datasheet ArduPilot Mega

BAB

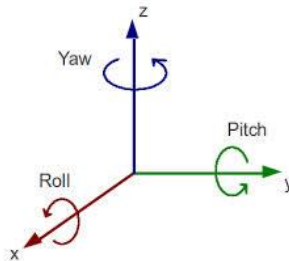
4

PERANGKAT SENSOR

A. Sensor Orientasi

Sensor orientasi adalah sensor perangkat berasal dari sensor percepatan 3-axis. Gambar 4.1 menunjukkan tiga sumbu rotasi antara vektor gravitasi dan proyeksi vektor gravitasi (*yaw*, *pitch*, *roll*).

Sensor orientasi meliputi sensor *accelerometer*, *gyroscope* dan *magnetometer*.



Gambar 4.1 Tiga sumbu rotasi

B. Magnetometer

Sensor *magnetometer* adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengukur arah atau kuat lemahnya medan magnet secara absolut. Sensor ini banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti kapal selam, pesawat terbang, bahkan dalam bidang arkeologi. Teknologi sensor *magnetometer* yang pertama kali diciptakan oleh PNI, Inc. untuk kepentingan militer Amerika Serikat. Kemampuan sensor sangat tergantung dengan

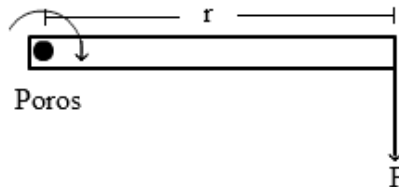
BAB

5

MOMEN DAN ANALISA WAKTU

A. Momen Gaya

Momen gaya atau torsi (τ) merupakan besaran yang menyebabkan benda berotasi. Momen gaya merupakan hasil kali antara lengan gaya dan gaya yang saling tegak lurus. Torsi merupakan besaran vektor yang dihasilkan dari perkalian silang antara vektor r dan vektor F . Karena momen gaya adalah besaran vektor, maka harus diperhatikan arahnya. Umumnya arah momen gaya disepakati berdasarkan arah putaran jarum jam dimana torsi (τ) berharga positif jika berputar searah jarum jam dan torsi (τ) berharga negatif jika berputar melawan arah jarum jam. Misalkan sebuah batang dengan panjang l diberi gaya sebesar F pada salah satu ujungnya dan ujung yang lain sebagai poros sehingga batang berputar terhadap ujung yang lain. Jika gaya yang diberikan berjarak r dari poros dan F saling tegak lurus dengan r seperti ditunjukkan pada gambar di atas, maka secara matematis, momen gaya yang dialami batang dapat dihitung dengan rumus:



Gambar 5.1 Ilustrasi kerja momen gaya

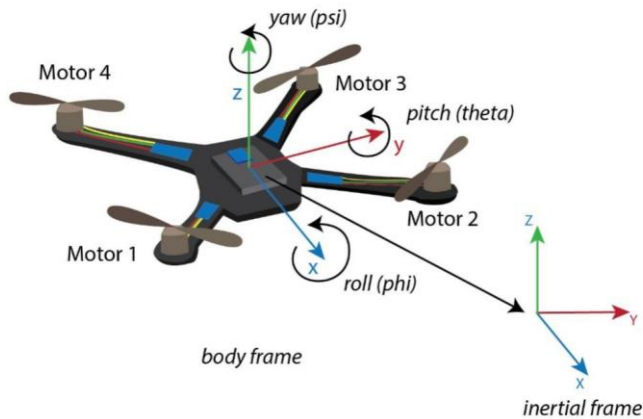
BAB 6

RANCANG BANGUN AUTONOMOUS QUADCOPTER MENGUNAKAN SENSOR ORIENTASI

A. Perencanaan Sistem Utama Rancang Bangun

1. Perancangan Simulasi MATLAB dan Simulink

a. Model Matematika *Quadcopter*



Gambar 6.1 Pergerakan *quadcopter*, *body frame* dan *inertial frame quadcopter*

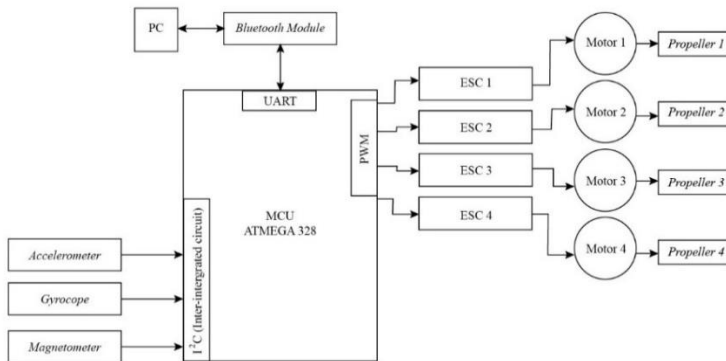
Ketika *quadcopter* terbang pada ruang tiga dimensi, terdapat dua buah sistem koordinat, yaitu *body frame* yang berarti koordinat yang bergerak bersamaan dengan *quadcopter*, dan *inertial frame* yang berarti koordinat poin referensi yang digunakan untuk *quadcopter*. *Inertial frame* atau set poin posisinya tetap dan tidak bergerak, sehingga bisa menjadi acuan keseimbangan untuk *quadcopter*.

BAB 7

SISTEM KENDALI KECEPATAN BALING-BALING PADA AUTONOMOUS QUADCOPTER

A. Perancangan Sistem Kendali Kecepatan Baling-Baling

Spesifikasi *quadcopter* yang akan digunakan memiliki komponen motor *Brushless*, *ESC*, *propeller*, *frame*, baterai, *bluetooth*, dan *ArduPilot Mega*, dimana untuk mengontrol motor digunakan metode PID dengan output PWM. Blok diagram *quadcopter* dapat dilihat pada gambar 7.1.



Gambar 7.1 Blok Diagram Perancangan *Quadcopter*

Tahap ini juga dilakukan perancangan blok diagram untuk simulasi sistem yang akan dibangun, fungsi dari blok diagram ini adalah untuk menjelaskan bagaimana sistem terbentuk serta alur kerja dari sistem tersebut. Dengan menggunakan beberapa Model matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajie, A.K.B., 2007. Penerapan Mikrokontroler AVR dalam Pembuatan UAV Sebagai Sarana Fotografi Udara. Jurusan Fisika, Fakultas Mipa, UNDIP, Semarang.
- Anderson, John D. (2004), Introduction to Flight (5th ed.), McGraw-Hill, pp. 257-261, ISBN 0-07-282569-3
- ArduPilot Online Manual and Support Forum, <http://code.google.com/p/ardupilot-mega/wiki/Introduction>
- ArduPilot Product Page, http://www.sparkfun.com/commerce/product_info.php?products_id=8785
- Batchelor, G.K. (1967), An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, pp. 14-15, ISBN 0-521-66396-2
- Cutler, Mark Johnson. 2010. Design and Control of an Autonomous Variable-Pitch Quadrotor Helicopter. Massachusetts Institute of Technology
- D. Hartman, K. Landis, dll. *Quadcopter Dynamic Modelling and Simulation Using MATLAB*. Drexel University.
- Datasheet Bluetooth module HC-05. www.iteadstudio.com
<http://cyberions.blogspot.com/2009/01/apa-itu-bluetooth-dan-carakerja.html> (diakses pada tanggal 1 Desember 2015 pukul 7:57 WIB)
- <http://experimentaltechnik.com/a2212-motor-teststand/> (diakses pada tanggal 1 April 2015 pukul 7:57 WIB)
- http://www.starlino.com/imu_guide.html (diakses pada tanggal 9 Desember 2015 pukul 8:57 WIB)
- <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=1542653> (diakses pada tanggal 9 Desember 2015 pukul 8:53 WIB)
- Jatmiko, Wisnu, Petrus Mursanto, dkk. 2012. Robotika Teori dan Aplikasi. Jakarta: UIP

- Luukonen, T., 2011, *Modeling and Control of Quadcopter*, Aalto University, Espoo.
- Magnussen, Øyvind and Kjell Eivind Skjønhaug. 2011. *Modeling, Design and Experimental Study for a Quadcopter System*. University of Agder
- MPU-9250 Product Specification Revision 1.0.
www.invensense.com
- Norman F Smith Bernoulli, Newton and Dynamic Lift Part I School Science and Mathematics Vol 73 Issue 3
- Ogata Katsuhiko.1997. *Modern Control Engineering Third Edition*. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey.
- Rademacher Wayne. 2009. *Electric Flight "The Power System Basics"*. Minneapolis-St. www.skyhighhobby.com (diakses pada tanggal 27 Oktober 2015)
- Rademacher Wayne. 2009. *Electric Flight "The Power System Basics"*. Minneapolis-St. www.robot.gmc.ulaval.ca (diakses pada tanggal 9 Desember)
- Romero, Luis.E, dkk. 2014. *Quadcopter stabilization by using PID controllers*. Ecuador
- Saputra, Arya Adi dan Andi Dharmawan. 2013. *Rancang Bangun Quadcopter untuk Pemantauan Kadar Karbon Monoksida di Udara*. UGM. Yogyakarta
- Sirajudin. 2013. *Rancang Bangun Robot Terbang Quadcopter Berbasis Mikrokontroler ATmega16*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Tanjung Pura. Kalimantan Barat.
- Tareq Abu Aisha, *Time Response Analysis*. Islamic University of Gaza. Palestina.
- Ulya Darajat Anisa. 2012. *Sistem Telemetri Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Berbasis Inertial Measurement Unit (IMU) Dengan Menggunakan Kalman Filter*. Universitas Lampung.

Wicaksono, Hendri. 2014. *Self Stabilizing 1 Axis Quadcopter Using T2-Fuzzy Controller*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Surabaya. Makasar

www.seedstudio.com/bluetooth (diakses pada tanggal 9 Desember 2015)