PERANCANGAN SISTEM KONTROL ANTI ROTASI PADA ROKET EDF

Febri Rukayat

Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No 112, Bandung
Email : febri120@gmail.com

Abstrak

Roket merupakan peluru kendali atau wahana terbang multifungsi yang menghasilkan dorongan melalui reaksi pembakaran atau ledakan dari mesin roket. Semakin pesatnya perkembangan teknologi kini Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sebagai lembaga riset nasional melakukan penelitian dibidang roket elektrik yang bekerjasama dengan berbagai universitas di indonesia dengan cara menyelenggarakan kompetisi roket bertenaga motor *Electric Ducted Fan* (EDF) atau kipas angin yang tersalurkan dengan pemutar motor listrik sebagai pengganti bahan bakar roket. Penggantian dari jenis pendorong bahan bakar ke motor listrik ini akan menimbulkan efek perputaran pada tubuh roket yang disebabkan reaksi motor listrik dan penggunaan aktuator kendali berupa fin aktif yang di pasang di bagian bawah roket merupakan salah satu kontrol yang tepat untuk mengatasi efek perputaran dari motor roket. Teknik pengontrolan tersebut seperti *actuator* kontrol yang dipasang pada roket *thrust vector*. Proses pengontrolan fin aktif ini memerlukan data perilaku roket yang didapat dari sensor *Inersia Measurement Unit (IMU)*. Data yang didapat dari sensor ini akan di kirimkan melalui radio frekuensi dengan menggunakan modul XBee-pro yang akan diterjemahkan sebagai data prilaku dari roket. perpaduan data sensor accelero-meter gyro-meter dan magnetometer yang di peroleh dari sensor IMU ini akan menghasilkan suatu sistem yang mampu mengatasi efek reaksi dari motor roket sehingga wahana dapat meluncur sesuai lintasan yang di tentukan .

Kata kunci: roket, *electric ducted fan*, *thrust vector, IMU sensor*

Absrtact

Rocket can be interpreted as guided missile or multifunction aerial vehicle which result a thrust through the combustion reaction from motor rocket. Design and combination from various type of scientific make rocket can be an indicator of progress in a nation. The rapid development of technology currently Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) as national research institutes conducting research in the field of electric rocket in cooperation with various universities in Indonesia by way of organizing the competition powered rocket motors Electric ducted fan (EDF). This technology is new form of learning in field of rocket that developed. Replacement of type from booster rocket to elecrtic roket will cause rotation on body rocket caused Reaction of Electric motor an the use of control actuators in the mounted on the bottom of the rocket is one of the appropriate control to overcome the effects rotation of the rocket motor. The method that will applied is an active tail and thrust vector. Process control active tail require rocket attitude data which can obtained through sensoric component such as IMU sensor. To analysis of control was created, rocket attitude data will be sent via the radio signals at a frequency of 2.4 GHz using XBee-Pro module. Control activation process rocket will rely on long-distance remote control. Fusion of sensors data obtained from IMU sensors will result in a system that is able to overcome the effects reaction of the rocket motor so that the vehice can be launch with pah determined in accordance without affecting the rocket body.

Keywords: rocket, electric ducted fan, thrust vector, IMU sensors

I. PENDAHULUAN

Salah satu teknologi yang sedang berkembang di Indonesia adalah wahana antariksa roket yang dipakai di berbagai bidang seperti militer, telekomunikasi untuk peluncuran satelit dan pertahanan yang juga menunjukan kekuatan sebuah Negara. Banyak jenis dan macam-macam roket diantaranya roket tipe misil untuk tujuan militer seperti peluru kendali balistik (tujuan dan arahnya dapat di kendaikan otomatis), peluru kendali anti tank, serta roket-roket kecil dan sederhana yang mempunyai kecepatan tinggi mengunakan bahan bakar propelan, dan teknologi roket *Electric Ducted Fan* (EDF) yang sedang di kembangkan di Indonesia.

Roket motor elektrik merupakan bentuk pembelajaran baru dibidang roket yang dirancang oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada kompetisi Kontes Muatan Roket dan Roket Indonesia (KOMURINDO) dimulai sejak tahun 2013 untuk penelitian di bidang roket elektrik. Jenis roket ini memanfaatkan penggerak (motor roket) berjenis *electronic ducted fan* (EDF) atau *fan* (kipas angin) yang terbungkus/tersalurkan dengan pemutar motor listrik sebagai pengganti bahan bakar roket. Proses penggantian jenis motor roket ini menyebabkan adanya gaya yang berlaku pada hukum Newton III tentang aksi dan reaksi yang disebabkan karena motor listrik yang berputar begitu cepat sehingga akan menyebabkan pergerakan putaran badan roket kearah sebaliknya dari putaran motor pendorong. Pengaruh reaksi terhadap tubuh roket akan menimbulkan masalah pada tingkat efesiensi daya dorong roket dan jalur lintas roket.

Oleh karena itu teknologi roket elektrik ini akan sangat bermanfaat bilamana penulis dapat merancang sebuah sistem yang mampu meminimalisir efek-efek atau pengaruh yang tidak di inginkan ketika roket sedang menjalankan misinya.

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah yang timbul sebagai berikut.

1. Jenis kontrol roket harus mampu melawan gaya reaksi putaran yang dihasilkan dari putaran motor EDF.
2. Mekanika roket yang digunakan dapat mengontrol sikap roket secara langsung tanpa harus diluncurkan terlebih dahulu.

2. Tujuan

Untuk dapat menyelesaikan masalah-masalah pada bagian rumusan masalah diatas, maka penelitian tentang roket ini harus memiliki tujuan utama, yakni sebagai berikut:

1. Menerapkan teknik kendali *Proporsional, Integral, Derivatif* (PID) ke dalam mekanisme pengontrolan kecepatan putaran pada tubuh roket EDF.
2. Merancang mekanisme penggerak roket dengan kontrol *thrust vector via jet vane rudder*.

3. Batasan Masalah

Perancangan sistem akan memiliki batasan-batasan terhadap masalah yang ditemui, yakni:

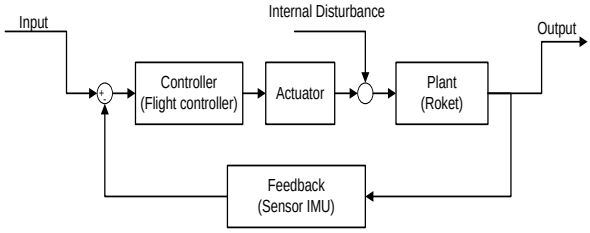
1. Perancangan kontrol akan berfokus pada penimplementasian algoritma kontrol PID
2. Jenis kontrol PID menggunakan metode tunning PID
3. Perancangan mekanik dan bentuk roket di desain dengan menggunakan software Rock-Sim.
4. Perancangan *Ground Control System*(GCS) sebagai *monitoring* data dianggap sudah tersedia.
5. IC mikrokontroler dan sensor mengunakan modul yang sudah terintegrasi dalam satu papan PCB yaitu Multiwii AIO Pro V2.

Berdasarkan pemaparan diatas, diharapkan batasan yang telah diberikan dapat meningkatkan efisiensi dalam penelitian.

4. Blok Diagram Sistem

Untuk melakukan proses kontrol, kecepatan putaran diperlukan untuk mengetahui berapa besar defleksi yang diperlukan untuk menghasilkan momen aerodinamis untuk menghentikan gangguan eksternal yang berasal dari putaran motor pendorong. Hal tersebut menyebabkan perlu adanya *feedback control* dalam pendesainan

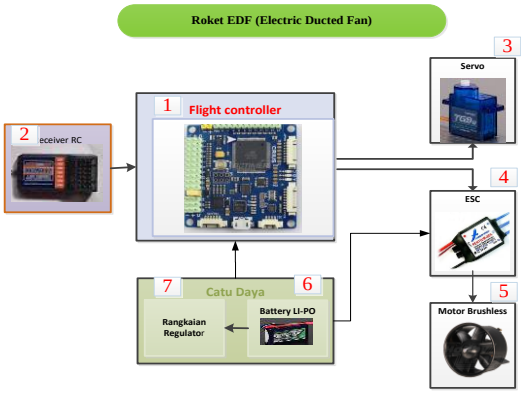
kontrol sistem. Oleh karena itu, closed-loop control dipilih sebagai jenis sistem kontrol yang digunakan karena adanya *feedback* atau timbal balik yang mempengaruhi proses kontrol. Sehingga dari sudut pandang kontrol maka sistem akan memiliki diagram blok seperti berikut ini.



Gambar- 1 Blok diagram sistem kontrol roket EDF

5. Penggunan perangkat keras

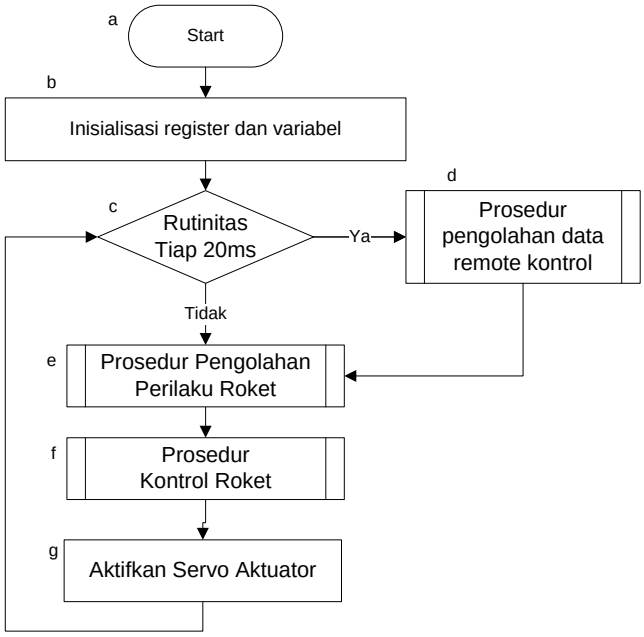
Pada Pemilihan perangkat keras ini di perlukan untuk menjabarkan keterkaitan tiap-tiap perangkat yang akan digunakan. Diagram blok dan Komponen yang digunakan pada roket EDF ini adalah sebagai berikut.



Gambar- 2 Blok diagram sistem elektronik roket EDF

6. Perancangan Diagram Alir Utama Mikrokontroller

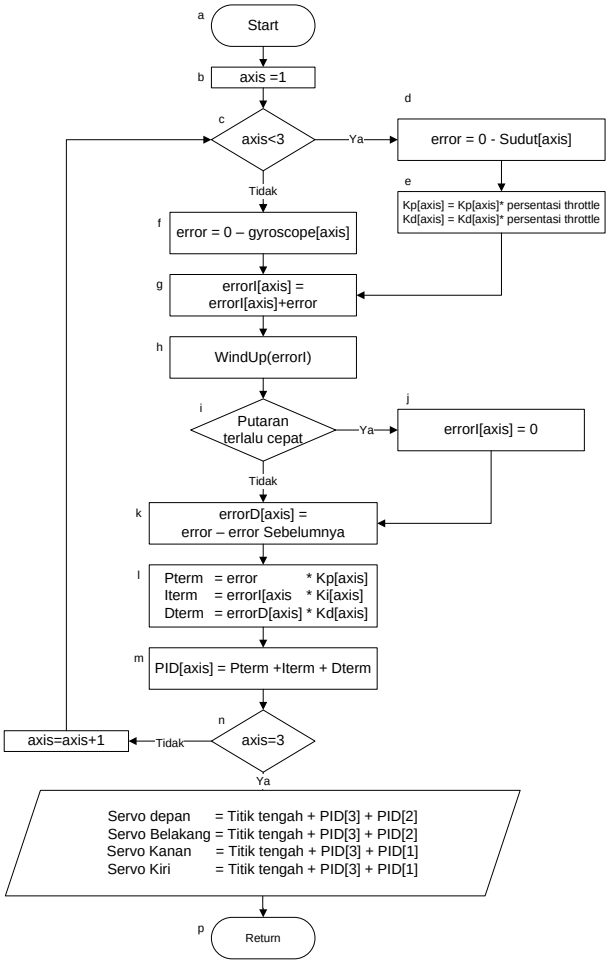
Diagram alir utama yang akan dikerjakan oleh mikrokontroller ditunjukan pada gambar di bawah ini.



Gambar- 3 Diagram alir utama mikrokontroller

7. **Perancangan Diagram Alir Kontrol** PID

Rancangan diagram alir kontrol yang akan dikerjakan oleh mikrokontroller ditunjukan pada Gambar-6.



Gambar- 4 Algoritma prosedur kontrol roket

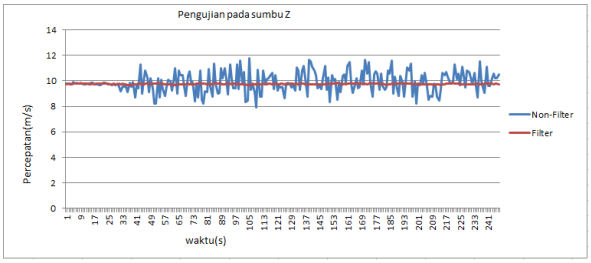
8. Hasil Akhir

Hasil dari perancangan yang telah dilakukan menghasilkan roket EDF dengan kendali anti rotasi yang baik dan mampu meluncur tegak lurus keatas. Dengan adanya sistem anti rotasi ini, gaya dorong yang di hasilkan oleh motor roket akan terkonversi maksimal menjadi *thruster* sehingga daya angkat akan bertambah karena ada balasan moment putar dari fin aktif yang di pasang pada ujung bawah roket..



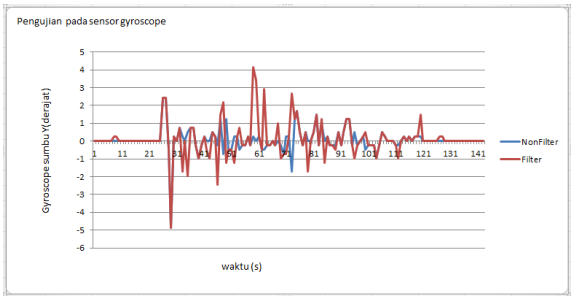
Gambar- 5 Roket EDF

9. Pengujian



Gambar- 6 Pengujian sensor accelerometer terhadap vibrasi motor

Pengujian sensor *accelerometer* dilakukan dengan mengukur besar akselerasi pada saat motor pendorong roket aktif dengan kondisi vertikal. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengukur kemampuan *low-pass filter* mengurangi noise yang dihasilkan motor pendorong roket.



Gambar- 7 Pengujian sensor gyroscope pada sumbu Yaw

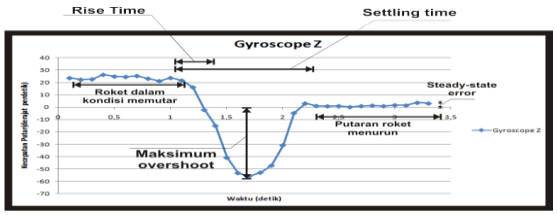
Proses pengujian sensor *gyroscope* yang menghasilkan kecepatan putar. Sumbu yang digunakan pada pengujian ini adalah sumbu yaw dikarenakan fungsi *gyroscope* pada kontrol sistem hanya digunakan pada sumbu yaw. Proses pengujian dilakukan dengan meletakan sensor *gyroscope* diatas motor *brushless* yang diaktifkan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur peran dari *low-pass filter* dalam mengurangi efek guncangan yang terjadi pada saat motor aktif.

10. Pengujian roket skala laboratorium

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan respon sistem kontrol dalam mengatasi efek reaksi dari motor yang terjadi pada kondisi gangguan angin nol. Sistem akan diuji dengan parameter sebagai berikut

- Konstanta Proportional sebesar $\frac{100}{128}$

- Konstanta Integral sebesar $\frac{15}{128}$
- Konstanta Derivatif sebesar $\frac{6}{128}$
- Time sampling sebesar 2500 mikrodetik.



Gambar- 8 Pengujian roket skala laboratorium

Berdasarkan data pada gambar diatas didapatkan beberapa parameter yaitu

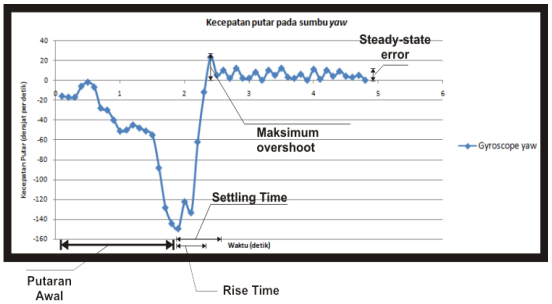
- rise time sebesar 0,4 detik
- maksimum overshoot sebesar 31%
- settling time sebesar 1,3 detik
- Steady-state error sebesar 2,2%

Pada pengujian ini dapat diamati saat waktu dibawah 1 detik, roket diputar secara manual tanpa mengaktifkan motor pendorong dan menghasilkan data putaran sebesar 21-28 derajat perdetik. Setelah itu, motor mulai aktif bersamaan dengan sistem kontrol. Saat *overshoot* terjadi, roket mulai mampu mengkompensasi efek reaksi dari motor. Pada detik ke 2,2 , roket memasuki nilai statisnya dimana akan timbul *steady-state error*.

11. Pengujian peluncuran

Pengujian peluncuran merupakan tahap akhir dari pembuktian seberapa baik sistem kontrol yang dibuat dalam memenuhi tujuannya. Pengujian peluncuran akan dilakukan selama 10 detik seperti pada simulasi peluncuran yang dilakukan pada kontes muatan roket dan roket indonesia (KOMURINDO) tahun 2014.

- Konstanta Proportional sebesar $\frac{100}{128}$
- Konstanta Integral sebesar $\frac{15}{128}$
- Konstanta Derivatif sebesar $\frac{6}{128}$
- Time sampling sebesar 2500 mikrodetik.



Gambar- 9 Pengujian lapangan

Pada pengujian saat waktu dibawah 1,8 detik, roket meluncur dengan adanya gangguan berupa gangguan eksternal yakni perubahan arah angin sekitar tempat peluncuran dan gangguan internal berupa efek reaksi dari motor dari motor pendorong. Kecepatan putaran yang dihasilkan dapat mencapai 160 derajat perdetik. Setelah itu, sistem kontrol mulai diaktifkan. Pada saat *overshoot* terjadi (pada detik 2,4) , roket mulai mengkompensasi efek reaksi dari motor yang ditimbulkan motor pendorong. Settling time dicapai pada saat detik ke 2,5 dimana roket memasuki nilai statisnya yang memunculkan *steady-state error*.

12. Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari beberapa pengujian mengenai perancangan sistem kontrol anti rotasi pada roket EDF dapat disimpulkan bahwa :

1. Kontrol PID yang dipadukan dengan *thurst vector* aktuator jenis *jet vane* mampu meminimalisir terjadinya reaksi putaran motor terhadap tubuh roket. Tetapi hasil yang didapat masih belum maksimal karena bebrapa faktor sebagai berikut :

- Vibrasi yang terjadi merambat ke bagian sistem sensor yang menyebabkan adanya gangguan pembacaan data perilaku roket. Gangguan pembacaan dapat menyebabkan kesalahan pada sistem kontrol roket.
- Adanya perbedaan respon sistem pada pengujian laboratorium dan pengujian lapangan dikarenakan adanya pengabaian pada faktor perubahan aliran angin saat pengujian laboratorium dimana angin ada dalam keadaan nol dan uji peluncuran dimana aliran angin tidak tetap.

2. Perancangan roket EDF dengan menggunakan mekanisme t*hrust vector via jet vane rudder* berhasil di realisasikan dengan tingkat keberhasilan yang sangat memuaskan diatas 90%.

13. Saran

Untuk proses pengembangan dan mengatasi beberapa masalah yang terjadi diberikan saran berupa:

1. Gunakan jenis *filter* yang lebih baik untuk mengurangi gangguan vibrasi yang terjadi atau memilih motor yang berkualitas bagus dan memiliki getaran yang halus serta menambahkan anti vibrator pada bagian sensor dan mikrokontroler.
2. Tambahkan sensor kecepatan angin untuk menghitung faktor perubahan aliran angin agar sistem kontrol menjadi lebih baik karena adanya perbedaan respon sistem saat pengujian laboratorium dan pengujian lapangan.

14. Daftar Pustaka

[1]. Giancoli, Douglas C., Fisika Jilid I, Terjemahan, Jakarta : Penerbit Erlangga.

[2]. Tamer Mansour, PID Control, Implementation and Tuning, Edited Volume, InTech, April 19, 2011

[3]. Forouzan, Behrouz A, Data Communications and Networking, 4th Edition, McGraw Hill, 2007.

[4]. Artikel non-personal, 30 Oktober 2006, Control System, Wikibooks, diakses pada tanggal 5 Februari 2017, dari world wide web : http://en.wikibooks.org/wiki/Control_System.

[5]. Artikel, 29 Desember 2009, A Guid To using IMU(Accelerometer and Gyroscope devices) in Embedded aplication: Theory diakses pada tanggal 20 Februari 2017 , dari world wide web:http://www.starlino.com/imu_guide.html, Februari 2017

[6]. Richard Nakka's, Fin for Rocket Stabiliy, diakses pada tanggal 1 Maret 2017, dari world wide web : http://www.nakka-rocketry.net/fins.html

15. BIODATA PENULIS

Nama : Febri Rukayat
Tempat/Tgl Lahir : Majalengka, 12 februari 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Ds MAndapa, Blok Ahad RT/RW 001/001 Kec.Dawuan Kab.Majalengka
No. HP : 081321496703
Email : febri120@gmail.com

Pengalaman Kompetisi :

Tahun	Prestasi
2013	Finalis Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) 2013 Kategori Roket EDF, Yogyakarta
2013	Finalis Kompetisi Robot Terbang Indonesia (KRTI) 2013 Kategori Fix Wing, ITB Jatinangor
2014	Finalis Kompetisi Robot Terbang Indonesia (KRTI) 2014 Kategori Kategori Fix Wing, Surabaya
2014	Juara 1 Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) 2014 Kategori Roket EDF, Yogyakarta
2015	Finalis Capston design in Busan ,Korea