Perancangan On-Board Data Handling Untuk Roket EDF (Electric Ducted Fan)

Agus Mulyana[1)], Lutfi Abdussalam Al Faiz[2)]

[1,2)]Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu komputer, Universitas Komputer Indonesia

[1)]bagus081@gmail.com, [2)]lutfi23alfaiz@gmail.com

ABSTRAK

Roket EDF *(Electric Ducted Fan)* untuk melakukan peluncuran memerlukan sistem pemantauan, pelacakan dan pengendalian agar roket tersebut dapat meluncur dengan baik. Salah satu komponen penting pada roket tersebut adalah OBDH (*On-Board Data Handling)* yang berfungsi sebagai media untuk melakukan perintah dan pengolahan data. Namun, diperlukan adanya TTC *(Telemetry, Tracking, and Command)* yang berguna untuk melakukan komunikasi antara GCS *(Ground Control Station)* dengan OBDH pada roket EDF.

Pada perancangan OBDH terintegrasi pengendali yaitu mikrokontroler, untuk mengetahui perilaku roket digunakan sensor IMU *(Inertial Measurement Unit)* yang di dalamnya terdiri dari sensor giroskop 3-sumbu dan Akselerometer 3-sumbu. Untuk melakukan *tracking* digunakan GPS, sensor kompas sebagai penentu arah hadap roket serta sebagai sudut referensi pada sumbu-z hasil pengolahan sensor giroskop dan digunakan sensor barometer untuk mengukur ketinggian roket pada saat meluncur. Data tersebut dapat diketahui secara *real-time* dengan mengirimkan data melalui modul radio pada frekuensi 2,4 GHz menggunakan XBee-Pro S2B kepada GCS.

Kata Kunci : OBDH, Roket EDF, Sensor IMU, GPS, XBee-Pro S2B, GCS

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi roket dan antariksa adalah salah satu sasaran teknologi unggulan bagi negara-negara di dunia ini untuk mendapatkan predikat sebagai negara maju. Tidak dipungkiri, suatu negara yang mampu menguasai teknologi ini akan disegani dalam percaturan politik dunia. Indonesia sebagai negara kepulauan yang besar dan luas sudah sepatutnya memiliki kemandirian dalam penguasaan teknologi roket dan antariksa. Oleh sebab itu diperlukan upaya yang terus menerus untuk mewujudkan kemandirian ini, salah satunya melalui usaha menumbuh kembangkan rasa cinta teknologi dirgantara, khususnya teknologi peroketan sejak dini.

Pentinganya perkembangan teknologi roket, maka kita harus mempunyai kemauan dan kemampuan untuk meneliti bidang teknologi peroketan, baik teknologi muatan roket maupun roket itu sendiri. Mulai dari mendesain, membuat, menguji fungsional sampai dengan melaksanakan uji terbang. Melalui pemahaman perilaku roket, baik roket RUM maupun roket EDF.

Adapun, pada penelitian ini akan memfokuskan Pada pembuatan sistem Pemantauan, pengolahan data prilaku roket dan Pengendalian Roket EDF secara OBDH (*On-Board Data Handling*). OBDH memiliki fungsi untuk melakukan perintah dan pengolahan data yang ada pada roket melalui TTC (*Telemetri, Tracking and Command*).

1.2 Tujuan

Tujuan dari pembuatan roket EDF ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem OBDH yang berisi sistem pengukuran data (sensor), pemrosesan data (mikroprosesor), komunikasi data (radio frekuensi), dan catu daya (baterai).
2. Dengan OBDH ditujukan agar dapat melakukan *telemetry*, *telecommand*, dan *tracking.*
3. Membangun Perangkat lunak *Ground Control Station* Menggunakan aplikasi Microsoft 2010 dengan kemampuan:
   - Dapat berkomunikasi dengan sistem OBDH pada roket EDF.
   - Dapat menampilkan data hasil pengukuran OBDH dalam format angka maupun grafik.

2. TEORI PENUNJANG

2.1 OBDH (*On-Board Data Handling*)

OBDH adalah sebuah mikrokontroler yang mempunyai input, output dan sensor yang berguna menunjang fungsi OBDH. OBDH juga berfungsi sebagai antarmuka atau penghubung antara subsistem lainya. Seperti komunikasi, dan sensor-sensor yang sudah terintegrasi dengan

mikrokontroller. Fungsi OBDH memiliki dua fungsi utama. Fungsi pertama adalah menerima, memvalidasi, mendekode, dan menyalurkan perintah ke sub-sistem roket lainnya. Fungsi kedua mengumpulkan, memproses dan mengatur dari kerja dan setatus dari OBDH. Selain itu, OBDH pada umumnya memiliki tambahan fungsi, seperti ketepatan waktu, monitoring (*watchdog*), dan antarmuka keamanan.

Ukuran dari subsistem OBDH biasanya berbanding lurus terhadap komplekstisitas serta fungsi sistem yang ingin dibuat. Semakin banyak sistem dan fungsi yang ingin digunakan, maka semakin banyak komponen yang dibutuhkan pada OBDH. Selain itu, untuk membuat sub-sistem OBDH semakin realiable, ukuran OBDH bisa diperbesar dan ditambahkan beberapa peripheral yang dapat mendukung stabiltas OBDH.

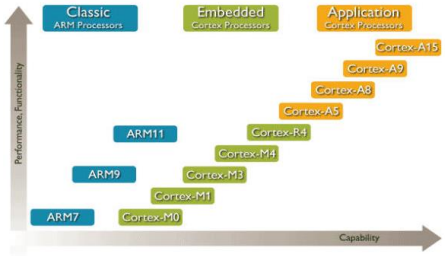
2.2 Roket EDF (*Electric Ducted Fan*)

Roket EDF ini merupakan salah satu teknologi roket dengan mengganti bahan bakar dengan menggunakan sistem motor elektrik sebagai pendorong.

2.3 ARM (*Advanced RISC Machines*)

ARM adalah arsitektur prosesor 32bit dengan set instruksi RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang dikembangkan oleh ARM Holdings.

Mikroprosesor dengan arsitektur ARM mempunyai beberapa jenis atau tipe untuk menjangkau berbagai aplikasi, yaitu:



Gambar 2.1 Jenis atau tipe Mikroprosesor Arsitektur ARM

2.4 Mikroprosesor ARM Cortex M4

ARM prosesor Cortex-M4 adalah prosesor berdaya rendah yang memiliki *low gate count*, *low interrupt latency*, dan *low-cost debug*. Cortex-M4F adalah prosesor dengan kemampuan yang sama seperti prosesor Cortex-M4, dan terdapat fungsi aritmatika *floating point*. Prosesor ini ditujukan untuk aplikasi yang memerlukan fungsi pemrosesan sinyal digital. ARM prosesor Cortex-M4 mengimplementasikan profil arsitektur ARMv7-M.

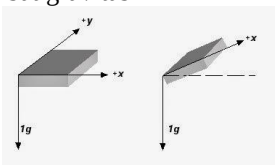
2.5 Sensor IMU

Sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) adalah perangkat elektronika yang mampu mengukur dan melaporkan kecepatan, orientasi, dan gaya grafitasi menggunakan kombinasi dari sensor akselerometer dan giroskop. Namun terkadang menggunakan sensor magnetometer dan barometer untuk fungsi yang lainnya.

Berikut ini penjelasan jenis perangkat sensor IMU:

1. Akselerometer

Akselerometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi



Gambar 2.2 Ilustrasi Pembacaan Sensor Akselrometer

Keterangan *Gambar 2.2* :

- +1g, posisi diam sensor searah dengan arah vertikal bumi dan menghadap ke atas.
- 0g, posisi diam sensor searah dengan arah horizontal bumi.

Sensor akselerometer juga dapat digunakan untuk mengukur sudut kemiringan suatu benda apabila dalam keadaan statis. Sudut kemiringan dapat dihitung dari percepatan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\theta x = \tan^{-1}\left(\frac{akselerometerX}{akselerometerZ}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.1$$

$$\theta y = \tan^{-1}\left(\frac{akselerometerY}{akselerometerZ}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.2$$

2. Giroskop

Giroskop adalah perangkat yang berfungsi untuk mengukur kecepatan sudut atau mempertahankan gerak rotasi. Satuan kecepatan sudut yang diukur dalam derajat per detik (°/s).

Dengan memanfaatkan data kecepatan sudut tersebut dapat diketahui sudut (*roll*, *pitch*, *yaw*) suatu benda. Untuk mengetahui nilai sudut, data kecepatan sudut harus terintegrasi. Persamaannya adalah berikut ini:

$$\theta_{(x,y,z)} = \int gyro(x,y,z)\,dt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.3$$

$$dt = T = t_n - t_{n-1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.4$$

dimana

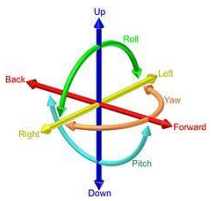
T = sample time atau waktu siklus

n = {1,2,3…} contoh nilai

$gyro_{(x,y,z)}$ = data giroskop (°/s)

adapun persamaan matematis yang aplikasikan pada mikrokontroler adalah sebagai beriku:

$$\theta(x,y,z)_{tn} = gyro(x,y,z) * T + \theta(x,y,z)_{tn-1} \ldots 2.5$$



Gambar 2.3 Ilustrasi gerakan sudut roll, pitch dan yaw

3. Magnetometer

Magnetometer adalah peralatan elektronik yang berguna untuk mengukur kekuatan dari medan magnet. Adanya medan magnet bumi yang berasal dari utara membuat sensor magnetometer dapat digunakan untuk mengukur sudut terhadap arah-arah utara bumi. persamaan untuk mengetahui nilai kompas adalah sebagai berikut:

$$\text{sudut}(\theta) = \text{arcTAN}(\frac{\text{MagY}}{\text{MagX}}) \quad \text{.....2.6}$$

Dimana :

MagX = nilai keluaran magnetometer sumbu X

MagY = nilai keluaran magnetometer sumbu Y

Sudut (θ) = sudut yang didapat hasil pemanfaatan sensor magnetometer (derajat)

4. Barometer

Barometer adalah sensor untuk mengukur tekanan udara dengan nilai output berupa satuan Pa (pascal). Dengan memanfaatkan tekanan udara, maka sensor ini juga dapat mengukur ketinggian (*Altimeter*).

Persamaan mengukur ketinggian menggunakan sensor barometer adalah sebagai berikut:

$$\text{altitude} = 44330 * \left(1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{5.255}}\right) \quad \text{.....2.7}$$

Dimana :

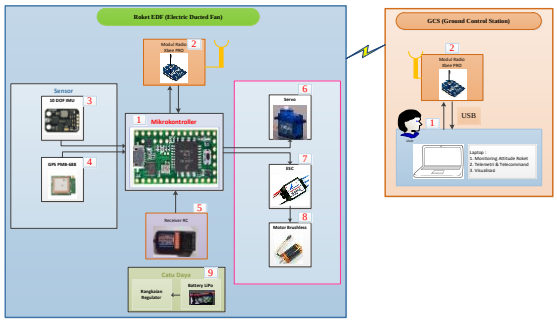
p = tekanan (Pa)

p_0 = *sea level standard atmospheric pressure* (101325Pa)

altitude = nilai ketinggian (mdpl)

3. PERANCANGAN

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1 Digram Blok Sistem

Berikut ini Penjelasan masing-masing Blok:

1. Teensy 3.1

   Mikrokontroler Teensy berfungsi sebagai pemroses data sensor IMU dan GPS Selain itu, mikrokontroler juga digunakan untuk memproses perintah yang diberikan oleh GCS.

2. Modem Radio XBee-PRO S2B

   Modem radio ini berfungsi sebagai Media transmisi pengiriman dan penerimaan data.

3. Modul 10 Dof IMU

   Modul ini digunakan sebagai pengukur percepatan, kecepatan sudut, kompas, dan ketinggian. Nilai keluaran sensor akan diproses oleh mikrokontroler kemudian datanya dikirim kepada GCS.

4. Modul GPS Ublox NEO-**6**

   Modul GPS ini digunakan untuk menentukan posisi roket dan juga digunakan untuk *tracking*.

5. *Receiver* RC (*Remote Control*)

   Receiver RC berfungsi sebagai penerima sinyal PPM (*Pulse Position Modulation)* dari *remote control.*

6. Motor Servo

   Pada perancangan OBDH servo berfungsi sebagai pemicu parasut ketika roket terjadi separasi.

7. ESC (*Electronic Speed Control*)

   ESC (*Elektronic Speed Control)* berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor *brushless*, selain itu juga berfungsi untuk menaikan jumlah arus yang diperlukan oleh motor. Kecepatan untuk motor yang keluar dari ESC diatur melalui pulsa dari mikrokontroler.

8. Motor Brushless

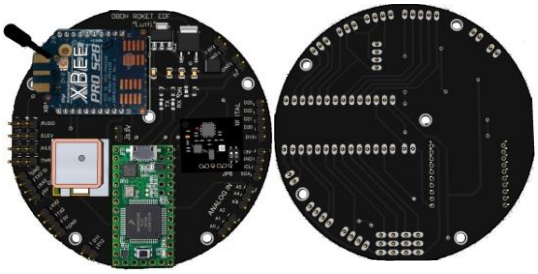
   Agar Roket dapat meluncur tinggi maka penulis menggunakan motor yang mempunyai *torque* yang besar, salah satu motor yang mempunyai *torque* yang besar adalah Motor *Brushless.*

9. Catu Daya

   Catu daya yang digunakan pada perancangan OBDH roket EDF ini adalah baterai *Lithium Polymer* (LiPo). Baterai yang digunakan memiliki tegangan 11,1 Volt dan arus sebesar 1300 mAh. Catu daya ini berfungsi sebagai sumber tegangan untuk mensuplai tenaga ke semua perangkat yang ada pada roket EDF

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Berikut ini tampilan Desain perangkat keras OBDH yang dibuat dengan ukuran diameternya adalah 80mm.



Gambar 3.2 Desain Perangkat keras OBDH

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak terdiri dari algoritma yang diterapkan pada mikrokontroler. Algoritma ini sangat penting untuk

setiap perancangan sistem kendali. Sehingga alat yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dan benar. Berikut ini algoritma dalam bentuk diagram alir.

Gambar 3.3 Diagram Alir Program Master

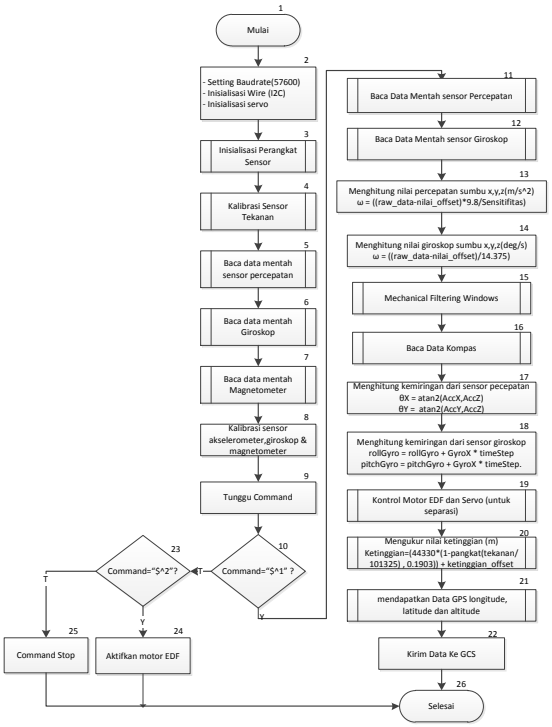
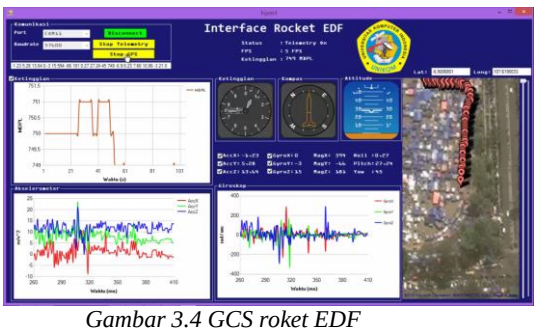


Diagram alir pada *Gambar 3.3* merupakan diagram alir program utama yang digunakan pada mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi melakukan pengolahan data sensor , menunggu *command* dari *Ground Control Station* (GCS) untuk mengaktifkan telemetri, dan mengaktifkan motor EDF. Setelah perintah *command* diterima oleh perangka keras OBDH maka akan membaca sensor akselerometer, giroskop, magnetometer, barometer, dan GPS. Kemudian data tersebut dikirim ke GCS untuk ditampilan datanya secara *real-time* dalam bentuk angka dan grafik.

3.4 Perancangan GCS

GCS digunakan untuk melakukan *telecommand*, telemetri, tracking GPS, mengaktifkan motor EDF dan menampilan data sensor dalam bentuk angka dan grafik. Pada perancangan GCS ini menggunakan Microsoft Visual Studio 2010. GCS yang ditampilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 GCS roket EDF

4. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian bertujuan untuk mengukur keberhasilan dari sistem yang dibuat dari perangkat keras dan perangkat lunak. Sehingga hasilnya dapat dicapai dengan baik. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahap mulai dari uji fungsionalitas sampai uji peluncuran.

4.1 Radio Komunikasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur seberapa jauh jarak komunikasi yang didapat dari modul radio yang digunakan.

Tabel 4.1 pengujian radio XBee-Pro ZB (S2B)

No	Jarak (meter)	Keterangan (data terkirim)
1	50	Berhasil
2	100	Berhasil
3	150	Tidak berhasil
4	200	Berhasil
5	250	Berhasil
6	300	Berhasil

Berdasarkan *Tabel 4.1* menunjukan hasil pengujian menggunakan modul radio komunikasi XBee-Pro ZB (S2B). Pada jarak 150 meter komunikasi terputus karena terhalang oleh pohon dan berada di dataran rendah. Akan tetapi setelah melewati pohon dan berada di dataran tinggi komunikasi terhubung kembali sampai jarak 300 meter.

4.2 Pengujian untuk membandingkan Mikroprosesor 32 bit dengan 8 bit

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan kecepatan eksekusi mikroprosesor 32 bit dengan 8 bit pada satu *looping* program menggunakan arduino IDE. Pada mikroprosesor 32 bit menggunakan ARM CortexM4 tipe MK20DX256VLH7 dengan kecepatan *clock* 72MHz, sedangkan mikroprosesor 8 bit menggunakan ATmega 2560 dengan kecepatan *clock* 16MHz. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada *Tabel 4.2*.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian untuk membandingakan kecepatan eksekusi prosesor 32bit dengan 8bit

Waktu eksekusi ARM Cortex M4 MK20DX256VLH7 (us)	Waktu eksekusi ATmega 2560 (us)
54429	62984

Berdasarkan *Tabel 4.2* menunjukan bahwa waktu eksekusi mikroprosessor 32 bit lebih cepat dibandingkan dengan mikroprosesor 8 bit.

4.3 Pengujian Fitur OBDH

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan keuntungan dan kelemahan perancangan sistem OBDH dengan tanpa OBDH.

Tabel4.3 Keuntungan dan kelemahan sistem dengan OBDH

No	Keuntungan	Kelemahan
1	Ukuran Kecil, namun bisa kompleks	1. Jika terjadi kerusakan pada komponen, ada kemungkinan akan menyebabkan semua sistem rusak. 2. Penyolderan komponen lebih sulit
2	Mudah melakukan *troubleshooting*	
3	Dari kehandalan tidak sensitif terhadap noise karena langsung menggunakan jalur PCB.	
4	Tidak membutuhkan banyak pengkabelan.	
5	Integrasi lebih mudah, karena alokasi pin yang akan digunakan dan penempatan komponen sudah ditentukan.	

Tabel4.4 Keuntungan dan kelemahan sistem tanpa OBDH

No	Keuntungan	Kelemahan
1	Jika terdapat kerusakan pada suatu modul tidak akan merusak semua sistem dan mudah untuk menggantinya karena masih dalam bentuk shield.	- Ukuran besar - Banyak menggunakan Pengkabelan - Sensitif *noise*, salah satunya penyebabnya karena banyak menggunakan pengkabelan. - Sulit dalam melakukan integrasi modul

4.4 Pengujian Sensor Akselerometer

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan data akselerometer adalah sebagai berkut:

$$a_{(x,y,z)} = \frac{Raw_{data} - nilai_{offset}}{sensitifitas} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.1$$

Tabel4.5 Pengujian Sensor Akselerometer

a_x	a_y	a_z
-0,01	-0,01	1,02
-0,01	-0,02	1,02
0,00	-0,02	1,02
-0,01	-0,02	1,02
-0,01	-0,02	1,02
-0,01	-0,01	1,02
-0,01	-0,01	1,02
-0,01	-0,02	1,02
-0,01	-0,02	1,02
-0,01	-0,01	1,02

Pengujian ini dilakukan dengan memposisikan sumbu z agar dapat mengukur nilai grafitasi bumi yaitu sebesar 1g ($9{,}8\ m/s^2$).

4.5 Pengujian Sensor Giroskop

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan data kecepatan sudut (◦/s) adalah sebagai berikut:

$$\omega_{(x,y,z)} = \frac{Raw_data - nilai_offset}{sensitifitas} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.2$$

Tabel4.6 Pengujian Sensor Giroskop

ω_x (◦/s)	ω_y (◦/s)	ω_z (◦/s)
0,49	-0,35	-0,21
0,49	-0,49	-0,35
0,56	-0,56	-0,28
0,49	-0,49	-0,35
0,56	-0,49	-0,21
0,49	-0,49	-0,28
0,49	-0,49	-0,35
0,49	-0,49	-0,28
0,42	-0,42	-0,28
0,49	-0,56	-0,28

Pengujian ini dilakukan pada kondisi sensor diam atau tidak bergerak. Sensor ini dalam keadaan diam akan menunjukan nilai 0 ◦/s. Pada data tersebut masih terdapat *random noise*. Maka diperlukan filter untuk mengurangi atau menghilangkan *noise* tersebut.

4.6 Pengujian sensor magnetometer untuk mendapatkan data kompas

Dalam analisa pengujian sensor ini, dilakukan perbandingan nilai kompas yang diperoleh dari sensor HMC5883L dengan kompas analog. Sensor kompas ini digunakan untuk menentukan arah hadap roket dan sebagai sudut referensi pada sumbu z hasil pengolahan sensor giroskop.

Tabel4.7 Pengujian Sensor Magnetometer Untuk mendapatkan data kompas

Kompas Analog (derajat)	Kompas (HMC5883L) (derajat)	Error (%)
0	0,00	0
22,5	23,86	6,04
45	46,72	3,82
67,5	68,14	0,95
90	89,75	0,28
112,5	115,89	3,01
135	134,92	0,06
157,5	156,31	0,76
180	176,21	2,11
202,5	201,99	0,25
225	226,96	0.87
247,5	241,99	2,23
270	269,73	0,10
292,5	292,40	0,03
315	312,00	0,95
337,5	338,78	0,38

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui persentase *error* adalah sebagai berikut:

$$Error = \text{ABS}\left(\frac{\theta hmc5883l - \theta referensi}{\theta referensi}\right) \text{ x } 100 \quad \ldots 4.3$$

Keterangan:

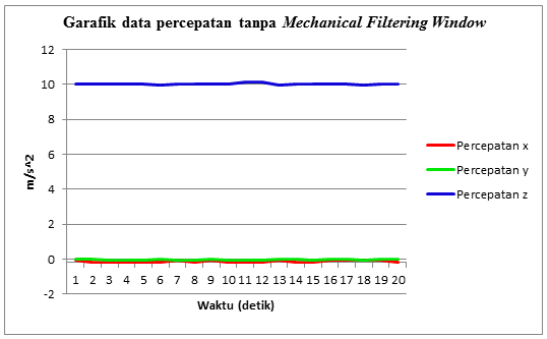
ABS : Fungsi *Absolute*

$Sudut_{(hmc5883l)}$: Sudut yang dihasilkan sensor magnetometer

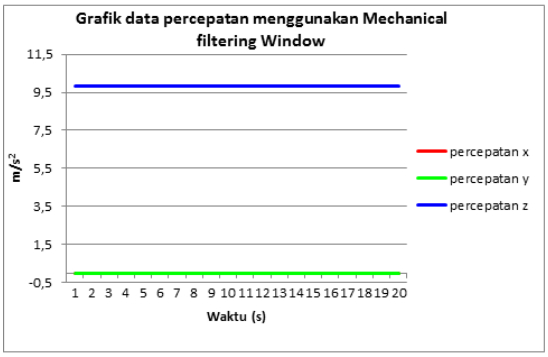
$Sudut_{(referensi)}$: Sudut referensi (Kompas Analog)

4.7 Pengujian Mechanical Filtering Window

Mechanical Filtering Window ini diterapkan pada data percepatan dan kecepatan sudut saja. Tujuannya adalah agar *noise* dari data percepatan dan kecepatan sudut yang muncul pada saat perangkat diam dapat difilter.

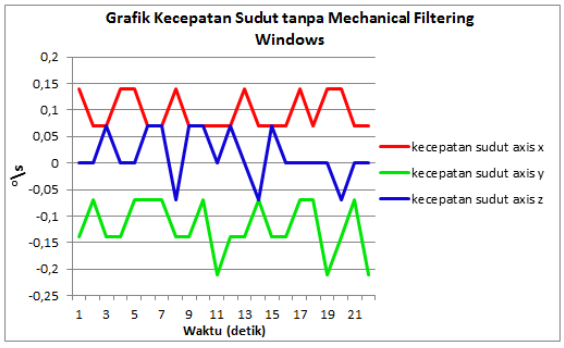


Gambar 4.1 Grafik percepatan tanpa mechanical filtering window

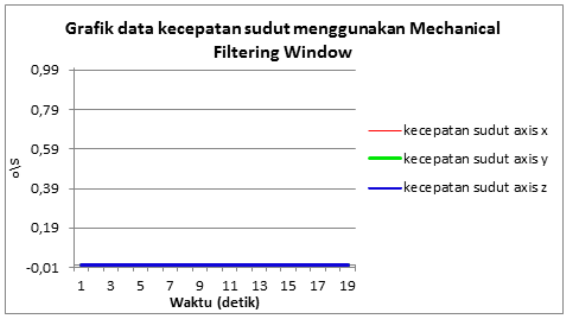


Gambar 4.2 Grafik percepatan menggunakan mechanical filtering window

Berdasarkan *Gambar 4.2* dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *Mechanical Filtering Window* dapat mengatasi data *error* pada perangkat OBDH dalam keadaan diam (tidak bergerak) yang diakibatkan getaran yang sangat kecil, *mechanical noise* atau kurang tepatnya dalam menentukan nilai *offset.*



Gambar4.3 Grafik Kecepatan sudut tanpa mechanical filtering window



Gambar4.4 Grafik Kecepatan sudut menggunakan mechanical filtering window

Berdasarkan *Gambar 4.4* Setelah digunakan *Mechanical Filtering Window* perubahan kecil pada data kecepatan sudut yang muncul pada saat perangkat OBDH dalam keaadaan statis telah berhasil difilter.

4.8 Pengujian Telemetri data GPS (*Altitude, Latitude dan longitude*)

Pengujian GPS dilakukan untuk memastikan bahwa GPS telah bekerja dengan baik, karena hal ini akan mempengaruhi pada pergerakan roket, karena jika pembacaan data dari GPS *error* maka pergerakan roket tidak dapat diketahui posisinya dengan benar. Data hasil dari pengujian GPS adalah sebagai berikut:

Tabel4.8 Pengujian GPS

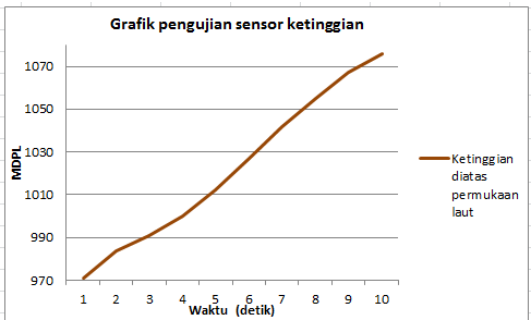
No	Lokasi	Altitude	Latitude	Longitude
1	Dipatiukur	792	-6,8866901	107,6156616
2	Dipatiukur	792	-6,8866901	107,6156616
5	Gasibu	750	-6,9000001	107,6187363
6	Gasibu	750	-6,9000001	107,6187363
9	Ledeng	1008	-6,8543901	107,6045914
10	Ledeng	1008	-6,8543901	107,6045914

4.9 Pengujian sensor Barometer

Pengujian sensor ini digunakan untuk mengukur ketinggian pada saat roket meluncur.

Tabel 4.9 pengujian sensor ketinggian pada saat roket meluncur

No	Waktu	Sensor ketinggian (meter)
1	Detik ke-1	971
2	Detik ke-2	984
3	Detik ke-3	991
4	Detik ke-4	1000
5	Detik ke-5	1012
6	Detik ke-6	1027
7	Detik ke-7	1042
8	Detik ke-8	1055
9	Detik ke-9	1067
10	Detik ke-10	1076



Gambar 4.5 Grafik pengujian sensor ketinggian pada saat roket meluncur

Pada *Tabel 4.9* dan *Gambar 4.5* didapat hasil pengujian sensor ketinggian pada saat roket meluncur. Waktu Peluncuran roket adalah 10 detik dan pada detik ke-10 ketinggian roket mencapai 1076 meter diatas permukaan laut atau sekitar 106 meter. Dengan demikian sensor ketinggian dapat berfungsi dengan benar.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka pada perancangan OBDH pada Roket EDF (*Electric Ducted Fan*) ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil rancang OBDH (*On-Board Data Handling*) memuat sistem catu daya, sensor, mikrokontroler dan komunikasi (radio frekuensi) telah berhasil dirancang. Dan Perangkat Keras OBDH telah berhasil melakukan telemetri, *telecommand* dan *tracking* GPS. Hal ini berdasarkan hasil uji peluncuran dimana data dapat diterima dengan baik pada aplikasi *GCS*.
2. Jarak maksimal pengiriman data menggunakan modul radio XBee-Pro ZB (S2B) diruang terbuka (tanpa halangan) menggunakan baudrate 57600 adalah 300 meter.
3. Dikarenakan terdapat sensor yang sensitif terhadap magnet. Maka penempatan sensor harus jauh dari benda yang mengandung magnet minimal 15cm.
4. Dengan menggunakan *Mechanical Filtering Window* dapat mendeskriminasi nilai *error* kecil yang timbul pada saat benda dalam keadaan diam. *Error* yang muncul pada saat Perangkat keras OBDH dalam keadaan diam tersebut 99% berhasil dihilangkan.
5. Berdasarkan pengujian kecepatan waktu eksekusi program pada satu kali *looping*, menggunakan mikroprosesor 32 bit lebih cepat dibandingkan dengan mikroprosesor 8 bit.
6. Berdasarkan pengujian fitur, penggunaan sistem OBDH lebih mudah dan kehandalannya lebih baik dibandingkan dengan sistem tanpa OBDH.

Sedangkan saran untuk pengembangan OBDH pada Roket EDF (Electric Ducted Fan) ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan metode pemrograman RTOS.
2. Dilengkapi dengan program kontrol PID untuk kesetabilan roket pada saat meluncur.
3. OBDH dilengkapi *Real-time clock* (RTC) dan *OpenLog*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Bayle Julien, 2013, *C Programing for Arduino*, Birmingham B3 2PB

[2] Kurt Seifert and Oscar Camacho, *Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometers.* 2007.

[3] Renaldi Ripharbowo, Mohammad Gavin, Perancangan Hardware & Software On-Board Data Handling UI-SAT dengan Prosesor LPC1768 ARM Cortex M-3, 2012.

[4] Tuck, Kimberly, *Implementing Auto-Zero Calibration Technique For Accelerometers Freescale Semiconductor Aplication Note*, 2007.

[5] 10 DOF Sensor (SKU:SEN0140) http://www.dfrobot.com/wiki/index.php/10_DOF_Sensor_(SKU:SEN0140).

[6] ARM ltd, *Cortex-M4 Prosessor*, diakses pada http://infocenter.arm.com/help/index.jsp tanggal 4 Januari 2015.

[7] Caspersen Gert, *Onboard Data Handling*. Diakses pada http://www.space.aau.dk/cubesat/documents/Onboard_Data_Handling.pdf tanggal 15 November 2014.

[8] Daniel Widyanto, Mengenal ARM CortexM0, diakses pada http://www.kelas-mikrokontrol.com/e-learning/mikrokontroler/mengenal-arm-cortex%C2%ADm0.html tanggal 4 Januari 2015.

[9] Kong Wai Weng, *Measuring Titl Angle With Gyro and Accelerometer*. 2009 diakses pada http://tutorial.cytron.com.my/2012/01/10/measuring-tilt-angle-with-gyro-and-accelerometer/ tanggal 20 Februari 2015.

[10] HobyLogs, *Arduino With* MPU6050 and *Angle Calculation*, 2014 diakses pada http://hobbylogs.me.pn/?p=47 tanggal 20 Februari 2015.