

RANCANG BANGUN GROUND STATION DENGAN TAMPILAN GRAPHICAL USER INTERFACE PADA WAHANA ROKET BERBASIS PROCESSING DAN MENGGUNAKAN ATMEGA 328

I Nyoman Sumitra Tanaya¹, Ida Bagus Alit Swamardika², Duman Care Khrisne²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus UNUD, Kampus Bukit Jimbaran, Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

inymsumitratanaya@gmail.com, gusalit@unud.ac.id, duman@unud.ac.id

ABSTRAK

Rancang bangun *Ground Station* dengan tampilan *Graphical User Interface* pada wahana roket berbasis *Processing* dan menggunakan ATmega328 dirancang untuk dapat membantu dalam memantau keadaan lingkungan wahana roket pada *Ground Station* dengan tampilan *Graphical User Interface*. Keadaan lingkungan yang dipantau antara lain, parameter *Altitude* (meter di atas permukaan air laut) yang dideteksi menggunakan *Altimeter*, *Attitude Indicator* (sikap keadaan posisi roket yang meliputi nilai sudut putar dari *Pitch*, *Roll*, dan *Yaw*), posisi dari wahana menurut nilai sudut *longitude* (garis bujur) dan *latitude* (garis lintang) yang dideteksi oleh GPS (*Geographical Positioning System*), tampilan *pointer* pada setiap nilai titik *latitude* dan *longitude* di *Geographic Information System*, *Heading Indicator* dan *log data real time*. GS dapat menampilkan data dengan menggunakan IC (*Integrated Circuit*) yang telah terintegrasikan dengan sensor *accelerometer*, *gyro*, GPS, dan modul komunikasi pada *Microcontroller* yang dapat ditempatkan pada wahana roket, sehingga IC tersebut dapat disebut dengan modul roket. Modul roket selanjutnya disambungkan agar dapat berkomunikasi dengan GS dengan menggunakan xbee 2.4 GHz. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa GUI dapat menampilkan sudut nilai *Pitch* dan *Roll* sebesar $32,75^\circ$ dan $4,15^\circ$ yang diimplementasikan dengan pergerakan tampilan *indicator Attitude*, mendapatkan nilai sudut *Yaw* sebesar $132,23^\circ$, dapat menampilkan *Altimeter* dengan ketinggian wahana sejauh 79 meter di atas permukaan air laut, diikuti dengan tampilan *log data real time* dan GIS sebagai tampilan map berisikan poin – poin setiap perubahan nilai *latitude* dan *longitude*.

Kata Kunci : *Ground Station*, Modul Roket, *Graphical User Interface*

ABSTRACT

The design of the Ground Station with a Graphical User Interface display on a Processing-based rocket vehicle and using the ATmega328 is designed to be able to assist in monitoring the environment of the rocket vehicle on the Ground Station with a Graphical User Interface display. The monitored environmental conditions include the Altitude parameter (Meter above sea level) which is detected using an Altimeter, Attitude Indicator (the position of the rocket which includes the value of the rotation angle of the Pitch, Roll, and Yaw), the position of the vehicle according to the longitude value and latitude detected by GPS (Geographical Positioning System), pointer display on each latitude and longitude point value in the Geographic Information System, Heading Indicator and real-time log data. GS can display data using an IC (Integrated Circuit) which has been integrated with an accelerometer, gyro, GPS sensors, and a communication module on a Microcontroller that can be placed on a rocket vehicle so that the IC can be called a rocket module. The rocket module is then connected to communicate with the GS using the 2.4 GHz XBee. The results of this research indicate that the GUI can display the Pitch and Roll value angles of 32.75° and 4.15° which are implemented with the attitude indicator display movement, get a Yaw angle value of 132.23° , can display an Altimeter with a ride height of 79 meters above sea level, followed by real-time log data display and GIS as a map display containing points for each change in latitude and longitude.

Keywords : *Ground Station*, Rocket Module, *Graphical User Interface*

1. Pendahuluan.

Sebelum dilakukannya uji terbang pada roket, sebaiknya dilkakukan perancangan dan mendesain sehingga lebih efisien dalam segi waktu dan biaya, maka karena itu perlu adanya kepeahaman untuk mendesain dan mengetahui bahan atau komponen yang dibutuhkan untuk membuat roket yang akan diuji terbangkan. Wahana roket yang digunakan dalam perlombaan KOMURINDO menggunakan motor EDF (*electric ducted fan*), yang merupakan tipe *brushless motor*[1].

Pengaturan dan pemantauan wahana tidak dilakukan secara langsung melainkan dengan menggunakan sistem visualisasi atau yang biasa disebut GS (*Ground Station*). Sistem visualisasi mempermudah seseorang dalam mengoperasikan wahana, dikarenakan terdapat banyak aspek kondisi yang harus diperhatikan[2].

Instrumen yang mampu ditampilkan pada GS meliputi *Altimeter*, *Attitude Indicator* (sikap keadaan posisi roket yang meliputi nilai sudut putar dari *Pitch*, *Roll*, dan *Yaw*), *Heading Indicator*, dan posisi wahana yang ditentukan dengan GPS (*geographic positioning system*) sehingga dapat digunakan pada GIS (*Geographic Information System*). GS dapat menampilkan data dengan menggunakan modul roket. Modul roket adalah IC (*Integrated Circuit*) yang berisikan sensor *accelerometer*, *gyro*, *GPS*, dan modul komunikasi pada *Microcontroller* yang dapat ditempatkan pada wahana roket. Modul roket disambungkan agar dapat berkomunikasi dengan GS dengan menggunakan *xbee 2.4 Ghz*, yang merupakan modul RF (radio frekuensi) yang beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz. IDE (*Integrated Development Environment*) yang digunakan dalam membangun semua utilitas GS adalah *Processing*, menggunakan bahasa *java* dalam menuliskan kode atau pembuatan programnya.

Penelitian ini sebelumnya masih mengalami masalah dalam pengintegrasian antara motor roket EDF dan GS yang menyebabkan EDF tidak dapat menggunakan kecepatannya maksimalnya. Masalah tersebut terjadi karena pengiriman data informasi pada mikrokontroler dan pengiriman data sinyal analog motor yang dilakukan bersamaan pada satu mikrokontroler. Penggunaan algoritma yang salah pada pemrograman mikrokontroler menyebabkan perintah yang terbagi dan menjadikan penumpukan untuk

mengeksekusi perintah kode. Masalah kedua adalah menentukan sistem pembuatan dan penempatan sistem tatap muka untuk mempermudah menentukan posisi yang menggunakan sensor GPS, sehingga nilai koordinat *World Geodetic System* (WGS84) yaitu sistem yang digunakan pada pemberian nilai koordinat di *Google Map* dapat digambarkan, maka seseorang yang mengoperasikan GS dapat dimudahkan untuk pembuatan *trajectory* (sistem *mapping*) dari roket edf. Sistem tatap muka yang digunakan untuk mapping GPS adalah GIS (*Geographic Information System*). Berdasarkan permasalahan yang terjadi maka dalam penelitian ini akan dirancang sistem *Ground Station* dengan tampilan *Graphical User Interface* di wahana roket berbasis *processing* yang memonitoring keadaan lingkungan roket yang menggunakan ATmega 328 sebagai mikrokontrollernya.

2. Tinjauan Pustaka.

2.1. Dasar Pemrograman pada PDE

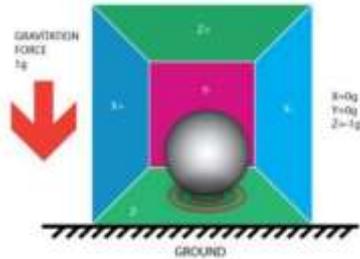
The Processing Development Environment (PDE) membuatnya mudah untuk menulis program *processing*. Program ditulis dalam *Text Editor* dan dimulai dengan menekan tombol *Run*. Di *Processing*, program komputer disebut *sketch*. *Sketches* disimpan di *Sketchbook*, yang merupakan *folder* di komputer *user*.

Sketches dapat menggambar grafik dua dan tiga dimensi. *The default renderer* adalah untuk menggambar grafik dua dimensi. *P3D renderer* memungkinkan untuk menggambar grafik tiga dimensi, yang meliputi mengendalikan kamera, pencahayaan, dan material. *Renderer P2D* adalah *renderer* yang cepat, tetapi kurang akurat untuk menggambar grafik dua dimensi. Kedua penyaji P2D dan P3D dipercepat jika komputer *user* memiliki kartu grafis yang kompatibel dengan *OpenGL*[3].

2.2. Prinsip Cara Kerja Accelerometer

Prinsip kerja *Accelerometer* digambarkan seperti suatu benda ditempatkan dalam sebuah kotak seperti kubus tanpa gravitasi bidang atau hal lain yang mungkin mempengaruhi posisi benda, bayangkan bahwa setiap dinding sensitif tekanan. Jika bergerak tiba-tiba kotak ke kiri (mempercepatnya dengan percepatan $1G = 9.8 \text{ m/s}^2$), bola akan memukul dinding -X [4]. *Accelerometer* akan mendeteksi kekuatan yang diarahkan ke arah yang

berlawanan dari vektor percepatan sehingga kekuatan tekanan bola berlaku untuk dinding dan output nilai - 1G pada sumbu X, seperti pada gambar 1 [4].



Gambar 1. Accelerometer dengan percepatan 1g di bumi

2.3. Prinsip Cara Kerja Gyroscope.

Gyroscope adalah alat yang digunakan untuk mengukur atau mempertahankan orientasi yang menggunakan prinsip momentum angular. Prinsip *mechanical gyroscope* adalah piringan berputar yang bisa bergerak ke setiap *axis*. Gyroscope memiliki tiga gimbal yang dapat berputar pada tiga sumbu putar atau yang biasa disebut 3 *degree of rotational freedom*. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan pada instrumentasi pesawat terbang dalam mendeteksi sikap sudut *Yaw*, *Roll* dan *Pitch* pesawat.

2.4. Inter Integrated Circuit (I2C)

I2C bekerja dengan cara komunikasi antara *Master* dan *Slave*, yang mana *Master* dapat mengontrol *serial clock line* (SCL), mengatur kondisi memulai dan menghentikan pada saat pengiriman data dan pengontrolan dari perangkat lain dan *Slave* adalah perangkat yang dialamatkan oleh *master*[5].

Inter Integrated Circuit (I2C) adalah standar jalur komunikasi pada IC yang dikembangkan oleh Philips Inc. Dasar dari I2C adalah sebagai berikut :

1. *Master* dan *Slave*
 - a. *Master*
Dapat mengatur *serial clock line* (SCL), Kondisi mulai dan berhenti pada saat pengiriman dan pengaturan data dapat dilakukan dengan perangkat lain.
 - b. *Slave*
Perangkat yang dituju pada *master* yang berisikan alamat.
2. Memiliki kecepatan 3,4Mbps (*high – speed*) , 400kbps (mode cepat) dan 100kbps (mode standar).

3. Menggunakan sistem 7 bit atau 10 bit pada pengalamatannya.
4. *Master* dapat dioperasikan sebagai *reciver* maupun *transmitter*.

2.5. Penentuan Penggunaan Data pada GPS Neo6mv2

GPS merupakan sistem koordinat global yang dapat menentukan koordinat posisi benda di permukaan bumi. *Converter* tidak diperlukan untuk menyambungkan sensor GPS dengan mikrokontroler dikarenakan keluaran dari GPS ini langsung berupa UAR TTL. Data yang dikeluarkan GPS adalah data dengan *protocol* NMEA (*National Marine Electronics Association*), keluaran data berupa GPFGA (*Global Positioning Sytem Fix Data*) untuk mendapatkan data waktu, *latitude* (*garis lintang*) dan *longitude* (*garis lintang*) dan kecepatan dalam km/jam dapat menggunakan kularan data GPVTG (*Course over ground and ground speed*) [6].

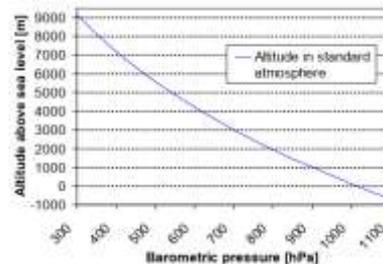
2.6. Barometric Pressure Sensor (BMP180)

Barometric Pressure Sensor adalah Sensor tekanan udara, digunakan dalam wahana agar dapat mengetahui nilai ketinggian dari atas permukaan air laut. Ketinggian level wahana dapat di ketahui dengan menggunakan tekanan udara yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut [7] :

$$ketinggian = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{1}{5,255}}\right) \dots\dots\dots(1)$$

Dengan $P_0 = 1013.25hPa$

Jadi setiap perubahan tekanan udara = 1hPa sebanding dengan 8.43 meter dari permukaan laut. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 2 [7].



Gambar 2. Perbandingan antara Tekanan atmosfer dan elevasi diatas air laut

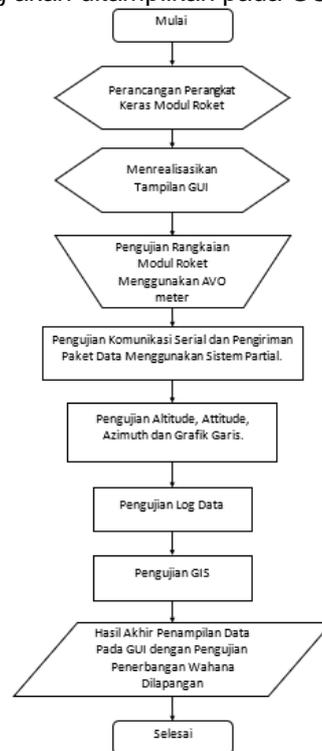
3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dilakukan dengan beberapa tahapan yang diakhiri dengan penjelasan dengan diagram alur pada gambar 4

1. Perancangan perangkat keras modul roket yang berisikan rangkaian *power supply*, rangkaian modul sensor MPU6050, HMC5883L, BMP180, modul Neo6mv2 dan modul XBEE S2C, serta memogram mikrokontroler ATmega328 yang telah terintegrasi dengan modul roket tersebut yang menggunakan *Arduino IDE* dan pengintegrasian komunikasi pengiriman data menggunakan modul radio komunikasi XBEE pada modul roket dan GS.
2. Merealisasikan tampilan GUI dengan memogram tiap komponen tampilan secara terpisah, berikut adalah komponen – komponen yang akan ditampilkan pada GUI :
 - a. *Initialize Serial Port*.
 - b. GIS (*Geographic Information System*).
 - c. *Altimeter*, *Attitude Indicator*, dan *Heading Indicator*.
 - d. Grafik Garis Data Fusion (*Pitch*, *Roll*, *Yaw*).
 - e. *Log data Real Time*.
 - f. *Save Data to CSV*
3. Setelah rangkaian telah terintegrasi dilanjutkan dengan menguji rangkaian modul roket dengan menggunakan AVO meter yang berfungsi untuk pengecekan tegangan *input* dari baterai, tegangan output yang telah tersambung dengan rangkaian *power supply*, dan tegangan masukan dari setiap modul yang terpasang.
4. Berikutnya pengujian komunikasi serial dan pengiriman paket data dengan sistem *partial*. Pengujian ini dimaksud untuk dapat mengetahui apakah modul roket dapat berkomunikasi dan paket data dapat terkirim pada GS.
5. Pengujian *Altimeter*, *Attitude*, *Heading* dan Grafik Garis *Fusion*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa indikator instrumentasi dapat menunjukkan nilai yang sesuai. Pengujian *attitude* menggunakan busur sebagai pembanding tiap sudut *Pitch* dan *Roll* yang ujikan. *Altimeter* diujikan dengan membandingkan nilai ketinggian menggunakan aplikasi pengukuran ketinggian pada aplikasi *Altimeter*. *Heading Indicator* akan diuji menggunakan aplikasi *compass*, dan grafik fusion data akan diujikan dengan menampilkan kesesuaian nilai data yang terekam.
6. Pengujian *Log data* dilakukan dengan menampilkan data yang telah

ditampilkan yang selanjutnya ditulis kembali menjadi 1 kalimat dalam satuan waktu tertentu. Data yang dicatat adalah data accelerometer, *Pitch*, *Roll*, *Yaw*, GIS, dan gyro dijadikan 1 kalimat yang dipisahkan dengan koma.

7. Pengujian GIS dilakukan di Jl. Bija Perumahan pondok intan asri Blok E 2 Desa Sedang, Abiansemal, Badung. Pengujian ini dilakukan dengan membawa modul wahana yang berisikan modul GPS untuk mendeteksi nilai *latitude* dan *longitude* (garis lintang) sehingga data dapat disimpan dan digunakan kembali untuk menampilkan poin – poin *mark* (tanda) pada map.
8. Terakhir pengujian hasil akhir yang akan dilakukan dilapangan terbuka dengan menerbangkan wahana roket yang berkomunikasi langsung dengan GS yang akan ditampilkan pada GUI.



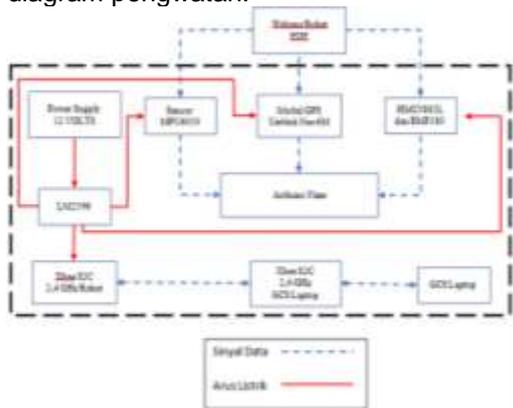
Gambar 3. Diagram Alur Metode Penelitian

3.1.1. Perancangan Perangkat Keras

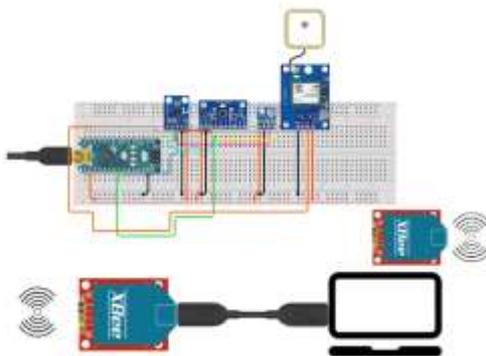
Pada perancangan perangkat keras akan dirangkai modul roket yang berisikan sensor MPU6050, GPS Neo6mv2, HMC5883L, dan BMP180 yang akan disambungkan dengan rangkaian *power supply* yang berisikan dan rangkaian komunikasi XBee pada modul roket dan GS.

Perancangan perangkat keras sistem yang diusulkan terdapat pada gambar 4 yang dibuat dalam bentuk blok

diagram dan gambar 5 dalam bentuk diagram pengawatan.



Gambar 4. Blok Diagram Perangkat Keras

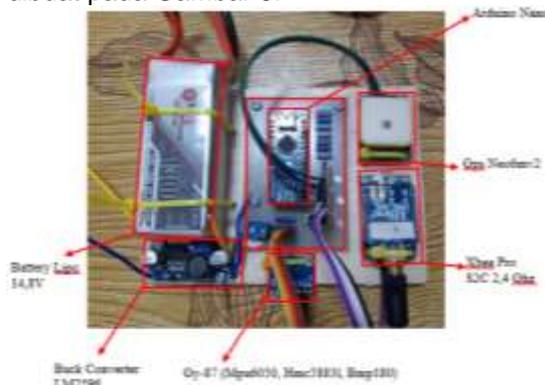


Gambar 5. Diagram Wiring Perangkat Keras

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras ini dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya bagian modul roket dan bagian perangkat *Ground Station*. Berikut adalah gambaran perancangan alat uji yang telah dibuat pada Gambar 8.



Gambar 8. Modul Sensor Pada Wahana Roket EDF

4.2. Hasil Perancangan Tampilan GUI pada GS

Tampilan GUI pada GS digunakan sebagai instrumentasi *user* dalam

mengetahui gerak sudut dari wahana, ketinggian, lokasi, dan juga penyimpanan data dalam bentuk grafik dan *log data* agar dapat dianalisa. didesain dan diprogram menggunakan *processing IDE* yang menampilkan nilai data modul roket yang sebelumnya diprogram menggunakan *Arduino IDE*. Berikut merupakan tampilan GUI :



Gambar 9. Tampilan GUI GS.

4.3. Pengujian Rangkaian Modul dan Sensor pada Wahana dan Ground Station

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran dari setiap komponen yang terdapat pada alat. Tegangan masukan yang digunakan sebesar 16.6 V dan tegangan keluaran yang selanjutnya digunakan pada setiap modul dan sensor sebesar 5 V. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tegangan sebelum sumber tegangan digunakan pada mikrokontroler. Berikut adalah pengujian tegangan pada setiap komponen.

4.4. Pengujian Komunikasi Serial dan Pengiriman Paket Data Menggunakan Sistem Parsial.

Pengujian komunikasi serial dan pengiriman paket data menggunakan sistem partial dilakukan dengan cara mengirimkan data Serial.print melalui Arduino dengan menggunakan komunikasi SPI pada Xbee yang dihubungkan secara seri, namun kedua xbee pada wahana dan Ground Station. Penyambungan secara seri yang pertama harus melalui perangkat keras dengan menyambungkan pin tx dan rx dari Xbee S2C ke Arduino, selanjutnya xbee pada Ground Station disambungkan pada pc user. Pengujian komunikasi serial dapat dilakukan pada Arduino IDE dengan mencari port yang telah tersambung pada pc user.



Gambar 10. Pengaturan Penggunaan Port pada Arduino IDE

4.5. Pengujian *Altimeter*, *Attitude*, *Heading* dan Grafik Garis.

Pengujian *Altimeter*, *Attitude*, *Heading* dan grafik garis dapat dilakukan untuk mengetahui apakah nilai data yang didapat dapat tampil pada GUI sesuai dan bisa digunakan sebagai acuan.

1. *Altimeter*

Untuk mendapatkan nilai *Altitude* dalam satuan Meter di atas permukaan air laut (mdpl) digunakan sensor *barometer* yang menggunakan nilai tekanan permukaan air laut. Pengujian pengukuran ketinggian dilakukan di Student Center Universitas Udayana Jl. DR. Goris No.10, Daging Puri Klod, Kecamatan. Denpasar Timur, Kota Denpasar. Pada pengujian ini membandingkan nilai *Altitude* pada aplikasi di android “barometer” dengan nilai *Altitude* pada *Altimeter* GUI.



Gambar 11. Pengujian Perbandingan Nilai Data *Altitude*.

2. *Attitude Indicator*

Attitude digunakan sebagai acuan wahana dalam menentukan bagian mengontrol gerakan wahana untuk menghasilkan gaya aerodinamis pada arah tertentu sehingga menghasilkan arah yang diinginkan. Sikap – sikap sumbu rotasi utama pada wahana yaitu *Pitch* (mengangguk), *Roll* (memutar) dan *Yaw* (menggeleng). Pengujian sikap rotasi dilakukan dengan cara menggunakan busur sebagai titik acuan tiap sudut yang ditampilkan pada GUI.



Gambar 12. Pengujian Perbandingan Nilai Data Sudut *Pitch*.



Gambar 13. Pengujian Perbandingan Nilai Data *Roll*.



Gambar 14. Pengujian Perbandingan Nilai Data *Yaw*.

3. *Heading Indicator*

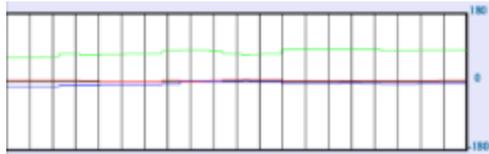
Azimuth adalah sudut putar dengan menggunakan nilai sudut 0° yang menunjukkan arah utara hingga sudut 360° yang menunjukkan arah utara kembali. Titik nilai sudut *Azimuth* bisa didapatkan dengan menggunakan sensor *magnetometer* atau kompas.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Data Kompas pada GUI dan Aplikasi Kompas

Arah Sudut Putar	Nilai pada GUI	Nilai pada Aplikasi <i>Compass</i>
Utara	0°	0°
Timur Laut	30°	30°
Timur	90°	90°
Barat	270°	270°

4. Grafik garis

Grafik garis adalah grafik yang menggunakan garis untuk menghubungkan titik data individual yang menampilkan nilai kuantitatif selama interval waktu tertentu. Grafik garis akan menampilkan nilai sudut attitude dengan membedakan warna setiap nilainya dengan *Pitch* (merah), *Roll* (hijau) dan *Yaw* (biru). Pengujian grafik garis tersebut dapat dibandingkan antara nilai garis yang ditunjukkan dengan nilai pada bar nilai fusion data ditampilkan GUI.



Gambar 15. Grafik Fusion Data.

4.6. Pengujian Hasil Akhir

Pengujian hasil akhir dilakukan dengan menerbangkan wahana di Lapangan Niti Mandala Renon - Monumen Perjuangan Rakyat Baliyang. Data yang dapat diambil dalam pengujian ini terdiri dari waktu, *Pitch*, *Roll*, *Yaw*, *Azimuth*, *Altitude*, *Longitude* (*garis lintang*) dan *Latitude* (*garis lintang*). Berikut data yang didapat:

Tabel 3. Nilai Data Hasil Akhir Pengujian pada Lapangan

No	Waktu	Pitch	Roll	Yaw	Azimuth	Altitude	Longitude	Latitude
1	10.10.59	-32,75	-0,65	-134,25	-134,25	70,03	-8,794098	115,16751
2	10.10.59	-32,75	-0,65	-134,25	-134,25	70,03	-8,794098	115,16751
3	10.10.59	-32,75	-0,65	-134,25	-134,25	71,08	-8,794098	115,16751
4	10.11.00	-6,46	-0,29	-134,1	-133,33	81,91	-8,794098	115,16751
5	10.11.00	-6,46	-0,29	-134,1	-134,1	81,91	-8,794098	115,16751
6	10.11.00	-6,46	-0,29	-134,1	-134,1	82,42	-8,794098	115,16751
7	10.11.00	-6,73	0,28	-132,23	-132,29	85,52	-8,794098	115,16751
8	10.11.00	-6,73	0,28	-132,23	-132,23	85,52	-8,794098	115,16751
9	10.11.00	0,01	0,3	-132,77	-132,23	84,08	-8,794098	115,16751
10	10.11.02	0,01	0,3	-132,77	-132,77	85,70	-8,794098	115,16751
11	10.11.02	1,74	0,08	-134,3	-134,3	85,02	-8,794098	115,16751
12	10.11.02	1,74	0,08	-134,3	-134,3	85,02	-8,794098	115,16751
13	10.11.03	-11,48	-0,57	-131,7	-131,7	85,3	-8,794108	115,16751
14	10.11.03	-11,48	-0,57	-131,7	-131,7	85,3	-8,794108	115,16751
15	10.11.03	-11,48	-0,57	-131,7	-131,7	85,27	-8,794108	115,16751
16	10.11.04	-7,81	-2,13	-132,84	-132,84	85,70	-8,794133	115,167496
17	10.11.04	-7,81	-2,13	-132,84	-132,84	85,70	-8,794133	115,167496
18	10.11.04	-7,81	-2,13	-132,84	-132,84	85,51	-8,794133	115,167496
19	10.11.05	23,81	0,10	-134,63	-134,63	89,3	-8,794233	115,16751
20	10.11.05	23,81	0,10	-134,63	-134,63	89,3	-8,794233	115,16751
21	10.11.05	23,81	0,10	-134,63	-134,63	88,12	-8,794233	115,16751
22	10.11.06	-10,59	3,64	-143,44	-143,44	88,88	-8,794132	115,16751
23	10.11.06	-10,59	3,64	-143,44	-143,44	87,03	-8,794132	115,16751
24	10.11.06	-7,93	-2,51	-139,69	-139,69	86,78	-8,794131	115,16751
25	10.11.07	-10,44	0,77	-138,83	-138,83	87,03	-8,794251	115,16751
26	10.11.07	-9,67	2,99	-139,99	-138,83	85,32	-8,794131	115,16751
27	10.11.07	-9,67	2,99	-139,99	-139,99	85,31	-8,794131	115,16751
28	10.11.08	-7,22	4,15	-140,7	-140,7	86,02	-8,794131	115,16751
29	10.11.08	-7,23	2,23	-139,91	-139,91	85,52	-8,794141	115,16751
30	10.11.08	-7,23	2,23	-139,91	-139,91	85,52	-8,794141	115,16751
31	08.11.09	-7,31	2,23	-139,91	-139,91	86,83	-8,794041	115,16751
32	08.11.09	-8,23	2,23	-140,03	-139,91	84,21	-8,794041	115,16751
33	08.11.09	-8,23	2,23	-140,03	-140,03	84,21	-8,794041	115,16751
34	08.11.09	-7,94	2,23	-139,91	-139,91	82,84	-8,794041	115,16751
35	08.11.09	-4,7	3,75	-138,75	-139,91	82,75	-8,794044	115,16754
36	08.11.09	-4,7	3,75	-138,75	-138,75	82,75	-8,794044	115,16754
37	08.11.11	-4,7	3,75	-138,75	-138,75	81,83	-8,794044	115,16754
38	08.11.11	-3,97	2,82	-138,12	-138,75	81,38	-8,794044	115,16754
39	08.11.11	-3,97	2,82	-138,12	-138,12	81,38	-8,794044	115,16754
40	08.11.12	-5,97	2,82	-138,12	-138,12	80,37	-8,794044	115,16754
41	08.11.12	-3,97	2,82	-137,3	-138,12	80,32	-8,794047	115,16754
42	08.11.12	-5,97	2,82	-137,3	-137,3	80,32	-8,794047	115,16754
43	08.11.12	-5,97	2,82	-137,3	-137,3	79,83	-8,794047	115,16754
44	08.11.13	-8,33	2,82	-138,49	-137,3	80,4	-8,79401	115,16754
45	08.11.13	-8,33	2,82	-138,49	-138,49	79,83	-8,79401	115,16754

Dapat dilihat pada tabel 3 pada pengujian ini modul roket mendapatkan nilai *Pitch* yang berubah – ubah dengan nilai sudut -32,75° hingga 0,01°, selanjutnya pada nilai *Roll* tidak mengalami perubahan yang signifikan mulai dari nilai sudut -0,65° hingga 0,3° pada *Yaw* juga tidak mengalami

perubahan yang signifikan mulai dari nilai sudut -134,25° hingga -131,7°, untuk nilai *Azimuth* berada pada *range* nilai -130° sehingga wahana mengarah ke arah NW atau Barat Laut dengan diimplementasikan oleh pergerakan tampilan *indicator attitude* yang ditunjukkan pada gambar 20.



Gambar 16. Pengujian Hasil Akhir Tampilan Utama GS pada GUI.

Selanjutnya GUI dapat menampilkan nilai *latitude* (*garis lintang*) dan *longitude* (*garis lintang*) tepat pada lokasi yang ditunjukkan di GIS pada gambar 21.



Gambar 17. Pengujian Hasil Akhir Tampilan GIS.

Yang terakhir pada tab GUI ekstra, *real-time* data log dapat ditampilkan yang ditunjukkan pada gambar 22.



Gambar 18. Pengujian Hasil Akhir Tampilan Ekstra GS pada GUI.

5. Kesimpulan
5.1. Simpulan

Simpulan yang dapat diambil berdasarkan pembuatan, pengujian dan pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rancang bangun *Ground Station* dengan tampilan *Graphical User Interface* pada wahana roket berbasis *Processing* dan menggunakan *Atmega328* telah berhasil dibuat. yang mana dapat menampilkan indicator *Attitude, Altimeter, Heading Indicator*, Grafik *Fusion Data (Pitch, Roll, Yaw)*, *Log data real-time*, penyimpanan *log data*, dan GIS.
2. Hasil yang didapat dari pengujian hasil akhir pada penelitian ini diantaranya mendapatkan nilai sudut *Pitch* pada saat peluncuran sebesar $32,75^{\circ}$ dan pada saat pendaratan sebesar $-23,61^{\circ}$, mendapatkan nilai sudut *Roll* yang tidak berubah secara signifikan dengan rentang nilai sudut $2,51^{\circ}$ hingga $-4,15^{\circ}$, mendapatkan nilai sudut *Yaw* dengan rentang nilai sudut sebesar $-132,23^{\circ}$ saat peluncuran dilakukan dan $-143,44^{\circ}$ saat pendaratan dilakukan. Nilai ketinggian dari wahana telah terdeteksi dengan rentang nilai $71,68 - 74,04$ meter diatas permukaan air laut sesaat sebelum roket diterbangkan, dan pada saat wahana diterbangkan nilai ketinggian menunjukkan $81,91 - 89,03$ meter diatas permukaan air laut dan pada keadaan terakhir atau pada saat pendaratan wahana nilai ketinggian dari wahana mencapai 79 meter diatas permukaan air laut yang diikuti dengan tampilan *log data real time*, penyimpanan *log data* dan GIS sebagai tampilan map yang berisikan poin – poin setiap perubahan nilai *latitude (garis lintang)* dan *longitude*.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Desain wahana perlu diteliti kembali dalam perhitungan titik penempatan *center of gravity* dan *center of pressure* agar wahana dapat lebih seimbang dalam penerbangannya sehingga data yang diujikan dapat lebih bervariasi.
2. Tampilan GUI pada tab utama lebih baik menampilkan GIS dalam satu tampilan.

6. Daftar Pustaka

- [1]. Anonim. 2018. *Buku Panduan KOMURINDO KOMBAT 2018 – 2019*. LAPAN. Jakarta Timur
- [2]. Lema, R. dan Nenu, A. 2016. *Flight Controller Pada Sistem Quadcopter Menggunakan Sensor IMU (Inertial Measurement Unit) Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 2560*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Dharma Andalas. Sumatra Barat.
- [3]. Reas, C. dan Fry, B. 2014. *Processing: A Programming Handbook for Visual Designers, Second Edition*. hal 1 – 29. The MIT Press.
- [4]. Fikri, K. M., Prasetyo, B.H., Maulana, R. 2017. *Perancangan dan Implementasi Real Segway pada Skateboard Roda Satu Menggunakan Gyroscope dan Accelerometer*. Universitas Brawijaya. Jawa Timur.
- [5]. Borregas, A. Sunnyvale. 2012, *MPU-6000 and MPU 6050 Product Specification Revision 3.3*. hal. 5 – 46. InvenSense. USA.
- [6]. Anonim. 2011. *NEO-6 u-blox 6 GPS Modules Data Sheet*. hal. 5 – 17. U- blox. Switzerland.
- [7]. BOSCH. 2011. *BMP180 Digital, barometric pressure sensor*. Reutlingen, Germany.