

## Purwarupa *Ground Control Station* untuk Pengamatan dan Pengendalian *Unmanned Aerial Vehicle* Bersayap Tetap

Ali Akbar Farghani<sup>\*1</sup>, Raden Sumiharto<sup>2</sup>, Setyawan Bkti Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

<sup>3</sup>Program Diploma Teknik Mesin, Sekolah Vokasi UGM

Email: <sup>\*1</sup>[aliakbarfarghani@mail.ugm.ac.id](mailto:aliakbarfarghani@mail.ugm.ac.id), <sup>2</sup>[r\\_sumiharto@ugm.ac.id](mailto:r_sumiharto@ugm.ac.id), <sup>3</sup>[setyawanbw@ugm.ac.id](mailto:setyawanbw@ugm.ac.id)

### Abstrak

Dalam penelitian pengendalian UAV tipe sayap tetap salah satu permasalahan yang muncul adalah bagaimana melakukan pemantauan dan pengendalian jarak jauh ketika UAV sudah berada diluar jangkauan penglihatan operator atau pilot. Berdasarkan masalah tersebut dibuat purwarupa *Ground Control Station* untuk pengamatan dan pengendalian *Unmanned Aerial Vehicle* dengan konfigurasi sayap tetap. Sistem ini merupakan salah satu modul pendukung dalam operasional UAV dan berperan sebagai alat bantu untuk mengetahui kondisi dan posisi terkini dari UAV selama operasional khususnya ketika sudah berada diluar jangkauan visual operatornya.

Antarmuka pada *Ground Control Station* ini dibuat menggunakan Microsoft Visual Studio 2010 dengan bahasa C#, yang dijalankan pada laptop dan terhubung dengan UAV secara nirkabel menggunakan XBee Pro RF Transceiver 2,4 GHz.

*Ground Control Station* ini dapat menampilkan visualisasi parameter penerbangan UAV melalui panel instrumen yang menampilkan data kecepatan udara (airspeed), heading (yaw), sudut guling dan angguk (pitch and roll), ketinggian barometrik, turn and bank rate, serta climb speed sesuai data yang didapat dari modul ADAHRS. Plot lokasi dan jalur penerbangan UAV ditampilkan pada peta sesuai data lokasi yang didapat dari GPS ADAHRS. Selain itu kuat sinyal, daya baterai, dan memberikan peringatan melalui alarm pada antarmuka *Ground Control Station* jika berada pada kondisi tertentu, sesuai data yang didapat dari modul ADAHRS.

**Kata kunci**—*Ground Control Station*, Visual Studio 2010, C# , XBee, UAV sayap tetap, Instrumen penerbangan, peta penerbangan.

### Abstract

One problem that arises in the study of fixed-wing UAV is how to monitor and control remotely when the UAVs have been beyond the reach of the operator vision. Based on that problems, the prototype of *Ground Control Station* for the observation and control of *Unmanned Aerial Vehicle* with fixed wing configuration is created. This system is one of the modules supporting the UAV operations and serves as a tool to determine the condition and the current position of the UAV during the operation.

The interface on the *Ground Control Station* is built using Microsoft Visual Studio 2010 with C # language, which can be running on a laptop and connect to the UAV wirelessly using XBee Pro 2.4 GHz RF Transceiver.

*Ground Control Station* can display visualization UAV flight parameters via the instrument and displays airspeed, yaw, pitch and roll angle, barometric altitude, rate of turn and bank, and climb speed depend on data obtained from ADAHRS module. Plot location and UAV flight path shown on the map according to the data obtained from the GPS location. Signal strenght, battery power, and the warning alarm displays on the interface of *Ground Control Station* if the UAV is in certain circumstances, according to data obtained from the module ADAHRS.

**Keywords**—*Ground Control Station*, Visual Studio 2010, C# , XBee, Fixed wing UAV, Flight Instrument, Flight path and location.

## 1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya meskipun mempunyai kemampuan autonomous, UAV tetap membutuhkan Ground Control Station, atau yang lazim disingkat menjadi GCS. Dalam operasional UAV tugas Ground Control Station adalah sebagai stasiun monitoring dan komando dimana operator di darat dapat mengirimkan perintah misi dan mengawasi jalannya misi tersebut dan kondisi UAV selama misi. Dalam penelitian ini akan fokus kepada perancangan dan pembuatan Ground Control Station, atau yang biasa disingkat sebagai GCS.

## 2. METODE PENELITIAN

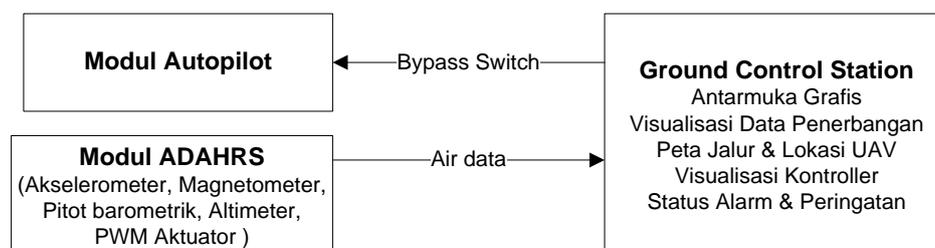
### 2.1 Analisa Kebutuhan

Pada penelitian ini, fungsionalitas dari sistem yang dibuat difokuskan pada kebutuhan dasar pendukung penerbangan UAV yang dikembangkan oleh komunitas UAV N2. Untuk dapat mendukung fungsional UAV secara maksimal, dibutuhkan perangkat GCS dengan spesifikasi yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut :

- Panel instrumen visual yang menampilkan instrumen penerbangan dasar antara lain yakni indikator ketinggian (*altimeter*), indikator kecepatan udara (*airspeed*), indikator sikap (*artificial horizon*), indikator kecepatan vertikal (*climbspeed*) , indikator sikap (*attitude indicator/ artificial horizon*), dan indikator arah (*compass/ heading indicator*).
- Peta jalur penerbangan yang menampilkan titik – titik *waypoint* yang ditempuh UAV selama penerbangan, serta posisi UAV saat penerbangan.
- Tampilan visual dari informasi data keluaran untuk *controller actuator* pada UAV (*servo rudder, elevator, aileron* dan *engine throttle*) untuk melakukan pemantauan kondisi penerbangan dan dinamika terbang UAV.
- Pemantauan kondisi umum dari Sistem UAV yang meliputi kondisi tegangan dan arus baterai, kuat lemahnya penerimaan sinyal RF dari UAV, dan status *satellite lock* GPS.

### 2.2 Rancangan Sistem

Sistem *Ground Control Station* yang akan dibuat terdiri dari dua bagian besar yaitu *hardware* dan *software*. Bagian *hardware ground control*akan bertugas untuk menangkap data yang dikirimkan oleh UAV via RF *transmitter*, dan mengkonversi ke bentuk data yang dapat diproses oleh *software*. Sementara itu, selain mengolah data yang didapatkan secara telemetri untuk dapat di visualisasikan, bagian *software* juga bertugas untuk menyimpan dan memberikan *feedback* berupa petunjuk dan perintah dalam misi penerbangan. Untuk *telecommand* hanya berupa *bypass switch* untuk merubah mode pengendalian dari autopilot ke manual dan sebaliknya.



Gambar 1 Blok diagram Ground Control Station

### 2.2.1 Rancangan perangkat keras

Data yang didapat dari sensor melalui ADAHRS akan dikirimkan ke Xbee Pro yang berada di UAV dimana bertindak sebagai *transmitter* data. Xbee Pro yang berada di *Ground Control Station* akan menerima data tersebut dan meneruskannya ke komputer *Ground Control Station* melalui port USB serial. Di komputer *Ground Control Station*, *software* antarmuka akan memproses data yang masuk untuk ditampilkan visualisasinya

### 2.2.2 Rancangan perangkat lunak

Peta Penerbangan	Panel Instrumen
Panel Alarm & Peringatan	Data Akuisisi

Gambar 2 Rancangan layout antarmuka Ground Control Station

Untuk dapat memenuhi spesifikasi sesuai tujuan penelitian, maka *software* antarmuka yang dirancang akan dibuat menjadi beberapa bagian seperti pada Gambar 3. Peta penerbangan akan menampilkan jalur dan posisi pesawat saat melakukan misi penerbangan, hal ini dibutuhkan untuk melakukan pemantauan lokasi apakah jalur penerbangan yang ditempuh oleh pesawat sudah sesuai dengan yang ditentukan. Peta yang digunakan berupa peta digital yang diperoleh dengan mengakses database peta milik Google.

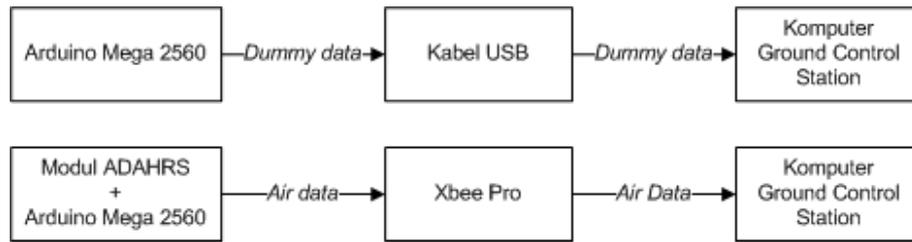
Panel instrument yang dibuat, menampilkan ketinggian, kecepatan, dan arah terbang/*heading* pesawat dalam *display panel* visual yang menyerupai panel *display* pada pesawat. Panel yang dipilih merupakan enam buah panel standar *Basic-T Panel Flight Instrument* yaitu *Airspeed Indicator*, *Altitude Indicator*, *Altimeter Indicator*, *Turn and Bank Indicator*, *Heading Indicator*, dan *Climb Speed Indicator*.

Panel status dan peringatan akan menampilkan tanda-tanda peringatan ketika UAV mengalami kondisi –kondisi tertentu, misalnya saat kehilangan sinyal, baterai lemah, atau kondisi-kondisi lainnya. Selain itu juga menampilkan visualisasi indikator baterai, GPS dan kuat penerimaan sinyal dari *receiver* dan bagian panel data akuisisi akan ditampilkan data yang masuk melalui port yang dipakai untuk berkomunikasi dengan UAV dan nilai-nilai parameter yang didapat setelah dilakukan pengolahan data dengan metode parsing data.

Untuk *development software* yang akan digunakan adalah Visual Studio 2010 Express Edition. Alasan memilih *software* ini selain menggunakan bahasa pemrograman C# yang mendukung *object oriented programming* yang memudahkan untuk merancang sebuah GUI yang interaktif.

### 2.3 Rancangan Pengujian

Pengujian purwarupa *Ground Control Station* ini dilakukan dengan tiga tahapan uji coba yakni :



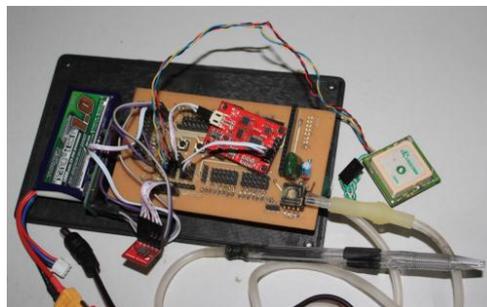
Gambar 3 Skema rancangan data pengujian

### 1. Ujicoba Darat

Pada tahapan awal uji coba sistem dilakukan hanya dengan dummy data yaitu data yang sudah tersedia untuk kemudian di analisis apakah sistem sudah bekerja sebagaimana mestinya, tampilan dicocokkan dengan koordinat pada *google maps* dan parameter-parameter terbang yang tampil pada antarmuka dicocokkan dengan data yang ada. Pengujian fungsional ini dilakukan dengan tujuan mengamati respon antarmuka Ground Control Station ketika mendapat masukan data yang di umpamakan sebagai data penerbangan UAV. Data yang digunakan sebagai masukan data *dummy* yang berasal dari *board* Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 diprogram untuk menghasilkan data dengan format yang telah ditentukan, dimana data yang dihasilkan untuk setiap parameter penerbangannya di tentukan mencakup seluruh *range* data yang dapat ditampilkan di tampilan visual *Ground Control Station* yang telah dibuat.

### 2. Ujicoba Darat Nirkabel

Setelah dilakukan uji fungsional dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik, maka tahap pengujian selanjutnya adalah tahap pengujian telemetri nirkabel. Pengujian ini menggunakan perangkat nirkabel tambahan berupa Xbee Pro2 yang merupakan radio frequency transceiver dengan frekuensi kerja 2,4 GHz. Untuk data yang dikirimkan pada uji telemetri nirkabel ini tidak lagi menggunakan data dummy hasil dari program pada Arduino Mega 2560 melainkan memakai data real dari modul ADAHRS[1] seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Modul ADAHRS [1].

### 3. Ujicoba Terbang

Setelah sistem lolos ujicoba darat nirkabel maka sistem dinyatakan sudah berjalan dengan baik. Uji coba terbang dapat dilakukan untuk mengetahui sejauh mana performa sistem dan jarak jangkauan sistem yang terbatas pada daya pancar *transceiver*. Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon Ground Control Station dalam kondisi yang mendekati keadaan sebenarnya pada misi penerbangan yang akan dilakukan oleh UAV, dengan cara membandingkan hasil pemantauan dari tampilan antarmuka Ground Control Station dengan keadaan sebenarnya yang tercatat pada penyimpanan data memory card pada ADAHRS. Pada Gambar 5 ditampilkan pesawat “Wing Dragon” yang digunakan pada pengujian, beserta modul ADAHRS yang ditumpangkan ke atasnya dan laptop yang digunakan untuk program antarmuka serta transceiver Xbee.



Gambar 5 Perlengkapan pengujian terbang

## 2.4 Implementasi

### 2.4.1 Implementasi perangkat keras

Seperti yang telah dibahas pada perancangan sistem, untuk menyediakan jalur komunikasi nirkabel antara UAV dan *Ground Control Station* digunakan *wireless transceiver* XBee Pro dari digiware. Untuk konverter level tegangan TTL yang digunakan mikrokontroller ke RS 232 pada port serial komputer, digunakan board Xbee USB adapter dari DF Robot. Untuk menjalankan program antarmuka dan visualisasi digunakan laptop ASUS 1215T yang dipakai selama pengujian.

### 2.4.2 Implementasi perangkat lunak

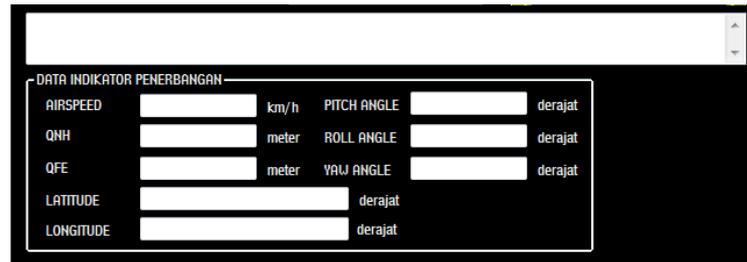
Sesuai perencanaan, perangkat lunak yang juga merupakan antarmuka grafis user dengan UAV dikembangkan menggunakan bahasa C# pada software Microsoft Visual Studio 2010 Ultimate yang lisensinya didapatkan secara gratis dari MSDNAA. Hasil tampilan utama pada *software* GCS yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Antarmuka Ground Control Station

#### 2.4.2.1 Display data ADAHRS

Selain ditampilkan secara visual melalui panel instrumen terbang visual, data parameter penerbangan yang didapat dari ADAHRS juga di tampilkan secara numerik. Seperti yang terlihat pada Gambar 7 merupakan bagian display data ADAHRS yang terletak dibawah panel instrumen terbang visual



Gambar 7 Display data ADAHRS

Terdapat *textbox* utama yang akan menampilkan langsung data yang dikirimkan dari ADAHRS sebelum diproses dengan parsing dan plot data. Data ini digunakan untuk *troubleshooting* ketika terjadi anomali tampilan display dan jalur penerbangan, sebagai acuan apakah paket data dan format data yang dikirimkan secara telemetri dari ADAHRS sudah sesuai dengan format yang ditentukan.

#### 2.4.2.2. Panel instrumen terbang visual

Implementasi panel Instrumen Terbang Visual dirancang mengikuti susunan Panel Standar Penerbangan minimal yang dikenal dengan nama T-Basic Flight Instrument. Pada Panel ini Indikator penerbangan standar di susun seperti tampak pada Gambar 8.

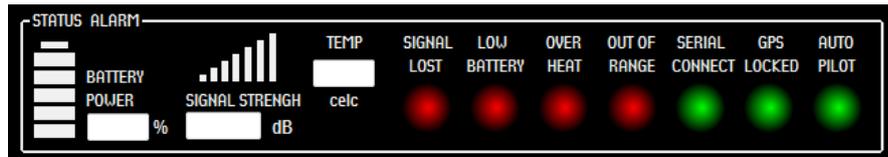


Gambar 8 Panel instrumen terbang visual

Instrumen yang ditampilkan atas berurutan dari pojok kiri atas berputar searah jarum jam adalah airspeed indicator, attitude indicator, altimeter, climb speed indicator, heading indicator, dan turn and bank coordinator. Fungsi dari keenam panel Instrumen terbang visual ini adalah menampilkan visualisasi dari kondisi perilaku dan arah dari UAV. Panel Instrumen ini merupakan hasil modifikasi dari proyek “AvionicsInstrumenControlDemo” karya programmer asal Prancis [2]. Source code didapat melalui situs <http://www.codeproject.com/> dan proyek ini merupakan open source project.

#### 2.4.2.3. Panel alarm dan peringatan

Terdapat beberapa parameter yang ditampilkan pada panel ini, antara lain indikator battery power yang menunjukkan seberapa banyak tenaga baterai yang masih tersisa pada UAV. Terdapat pula indikator signal strength yang menunjukkan seberapa kuat penerimaan sinyal dari UAV ke GCS. Indikator signal strength ditunjukkan dalam bentuk visual strip dan kuat sinyal dengan satuan decibel (dB). Selain itu juga ditunjukkan temperatur dalam sistem UAV yang didapat dari ADAHRS yang ditampilkan dalam satuan derajat celcius. Tampilan panel alarm dan peringatan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Panel alarm dan peringatan

Selain parameter diatas juga terdapat tujuh indikator lampu dan alarm peringatan. Indikator status yang berwarna hijau menunjukkan status koneksi serial, status penerimaan GPS di UAV, dan status autopilot. Untuk status koneksi serial, lampu indikator akan menyala hijau ketika sudah terbaca adanya koneksi serial ke sistem UAVGAMA Ground Control Station, yang dapat berupa sambungan kabel ataupun radio frequency transceiver. Indikator status penerimaan GPS akan menyala hijau apabila GPS receiver pada UAV sudah dalam keadaan 'lock'd dengan syarat kondisi terkunci ini adalah ketika GPS receiver pada UAV sudah mendapat sinyal satelit dari minimal 3 buah satelit. Sedangkan untuk status Autopilot akan menyala hijau ketika UAV berada dalam mode autopilot.

Lampu indikator peringatan berwarna merah dan akan berkedip ketika terjadi situasi tertentu. Indikator peringatan signal lost memberikan peringatan ketika tidak ada penerimaan sinyal yang didapat oleh RF receiver atau terjadi kesalahan pada koneksi serial. Indikator low battery akan berkedip ketika kondisi baterai sudah mencapai 25% dari daya maksimum. Indikator overheat akan berkedip ketika hasil pembacaan sensor suhu pada UAV telah melampaui suhu 60 derajat celsius.

#### 2.4.2.4. Peta penerbangan

Implementasi peta penerbangan pada antarmuka menggunakan library .NET control dari proyek GMaps.NET yang didapat dari situs codeplex[3]. Lisensi untuk penggunaan library GMaps.NET sendiri bersifat bebas dimana termasuk MIT License. Library yang digunakan sebagai referensi pada implementasi peta penerbangan ini antara lain GMap.NET.Core.dll dan GMap.NET.WindowsForm.dll. Secara default peta akan dimunculkan dengan titik tengah berada di koordinat 110.430833 bujur timur dan -7.779018 lintang selatan dengan nilai zoom adalah 15 poin. Dengan pengaturan seperti diatas maka peta yang muncul akan nampak seperti Gambar 10.



Gambar 10 Implementasi peta penerbangan

Untuk menampilkan jalur dan titik waypoint dalam rute penerbangan UAV, digunakan fitur Marker (GMapMarker), Overlay Layer (GMapOverlay) dan routing (GMapRoute) dari library GMap.NET.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil pengujian fungsional

Hasil pengujian fungsional semua instrument dan visualisasi pada antarmuka Ground Control Station dapat merespon dengan baik seluruh range data yang diberikan melalui port serial. Maksimal data rate yang dapat diproses sehingga menampilkan visualisasi tanpa jeda adalah 20 data per detik dengan panjang data maksimal 120 karakter.

#### 3.2 Hasil pengujian telemetri nirkabel

Saat pengujian didapatkan perhitungan jumlah rata – rata data yang masuk setiap detiknya adalah 8 data (highlight kuning) dengan lebar data 90 – 120 karakter. Untuk variasi data diberikan perlakuan pada sensor-sensor di modul ADAHRS untuk melihat responnya. Variasi pada variabel data attitude (*yaw pitch* dan *roll*) didapat dengan merubah posisi sensor IMU Razor 9 DOF yang tersambung dengan ADAHRS. Hasil responnya seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Variasi data sensor IMU pada ADAHRS

Variasi pada variabel data latitude dan longitude GPS didapat dengan membawa modul ADARHS melewati beberapa titik lokasi dan dilihat pengaruhnya terhadap tampilan jalur dan posisi pada panel rute penerbangan. Hasil plot lokasi pada peta penerbangan dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Hasil plot lokasi dari GPS ADAHRS

Variasi pada variabel data kecepatan barometric didapat dengan merubah tekanan pada tabung pitot, dengan cara ditiup perlahan untuk mensimulasikan perubahan kecepatan udara yang terjadi selama penerbangan. Sampel tampilan airspeed indicator saat pengujian menggunakan cara ini ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Hasil variasi dengan tiupan pada tabung pitot ADAHRS

### 3.3 Hasil pengujian terbang

Pengujian dilakukan pada pagi hari tanggal 17 September 2012 dilapangan aeromodelling komplek TNI AU Adisutjipto yang terletak di koordinat  $-7.79697$  LS dan  $110.41894$  BT. Pesawat “Wing Dragon” diterbangkan secara manual dengan *remote control* untuk kemudian dipantau dinamika dan parameter terbangnya melalui antarmuka pada *Ground Control Station*.

Dari hasil pengujian terhadap beberapa contoh kondisi dalam penerbangan UAV yang dibandingkan dengan data pada modul ADAHRS, yakni saat kondisi *take-off*, berbelok naik ke kanan, berbelok naik ke kiri, dan landing, antarmuka pada di *Ground Control Station* dapat menampilkan sesuai dengan data yang didapat dari ADAHRS.

## 4. KESIMPULAN

- Purwarupa *Ground Control Station* yang dibuat memiliki kemampuan untuk:
  - Menampilkan visualisasi parameter terbang melalui instrument yang menampilkan data kecepatan udara (*airspeed*), heading (*yaw*), sudut guling dan angguk (*pitch and roll*), ketinggian barometrik, *turn and bank rate*, serta *climb speed* sesuai data yang didapat dari modul ADAHRS.
  - Menampilkan plot lokasi dan jalur penerbangan UAV sesuai data lokasi yang didapat dari GPS ADAHRS. Namun peta penerbangan yang digunakan masih bersifat *online access* sehingga dibutuhkan koneksi internet.
  - Menampilkan parameter lain dalam bentuk numerik dan visual antara lain, kuat sinyal, daya baterai, dan memberikan peringatan melalui alarm pada antarmuka *Ground Control Station* jika berada pada kondisi tertentu, sesuai data yang didapat dari modul ADAHRS.
- Purwarupa *Ground Control Station* yang dibuat sudah dapat melalui tiga tahap pengujian yakni pengujian fungsional menggunakan data *dummy*, pengujian telemetri nirkabel menggunakan XBee Pro, dan pengujian terbang menggunakan pesawat aeromodelling.

## 5. SARAN

- Menambahkan streaming video FPV (First – person video) yang kemudian parameter – parameter penerbangan ditampilkan dengan metode *On screen display* (OSD) .
- Meneliti untuk optimalisasi jarak jangkauan pengiriman data melalui XBee ataupun *wireless transceiver* lainnya.
- Peta penerbangan yang di databasenya di *embedded* secara *offline* ke dalam sistem sehingga untuk memuat peta tidak dibatasi oleh koneksi internet yang ada.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Manggala, A.Prima., 2012, Purwarupa Air Data, Attitude, And Heading Reference System Untuk Pesawat Terbang Udara Tanpa Awak Sayap Tetap, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- [2] Choteau, Guillaume., 2008, AvionicsInstrumentControlDemo project, <http://www.codeproject.com/Articles/27411/C-Avionic-Instrument-Controls>, diakses pada tanggal 23 Agustus 2012
- [3] Anonim, 2011, Great Maps for Windows Forms and Presentation, diakses pada <http://greatmaps.codeplex.com/>, diakses pada tanggal 23 Agustus 2012