

Pengembangan Antarmuka Stasiun Pemantauan Pesawat Tanpa Awak Menggunakan Aplikasi Android

Unggul Wahyu Tri Purnomo Putro^{*1}, Tri Kuntoro Priyambodo², Raden Sumiharto³

¹Prodi Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

^{2,3}Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

e-mail: ^{*1}unggulwahyutpp@gmail.com, ²mastri.ugm@gmail.com, ³mmx_77@yahoo.com

Abstrak

Pesawat sayap tanpa awak mulai diminati oleh warga sipil untuk melakukan misi-misi pemantauan. Dalam misi tersebut muncul berbagai masalah seperti bagaimana melakukan pemantauan menggunakan pesawat tanpa awak dengan mudah, yang memiliki jarak tempuh yang cukup jauh. Berdasarkan permasalahan tersebut dibuatlah pengembangan stasiun pemantauan pesawat tanpa awak menggunakan aplikasi Android.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun antarmuka stasiun pemantauan yang mendukung pengoperasian pesawat sayap tetap dalam melakukan misi pemantauan, yang memudahkan pengguna memantau kondisi pesawat dan apa yang sedang dipantau oleh pesawat ketika terbang. Stasiun pemantauan ini menggunakan jasa tethering dari tablet Android dan didukung oleh unit pengiriman yang terdiri dari modul ADAHRS, webcam, modul Raspberry Pi dan wireless USB dongle.

Pengujian dilakukan dengan mencocokkan hasil variasi orientasi sudut ADAHRS dengan panel antarmuka dan mencoba tampilan video streaming dari webcam. Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi stasiun pemantauan pada aplikasi Android dengan respon pemrosesan paket data sistem berkisar antara 2,5 ms. Didapatkan jarak pemantauan terjauh yang mampu diterima yakni pada 130,6 m. Resolusi video streaming yang baik untuk melakukan pemantauan yakni pada resolusi 640 x 480 piksel atau 360 x 240 piksel.

Kata kunci—UAV, Android, Raspberry Pi, Tethering, Video streaming, Wireless

Abstract

Unmanned aerial vehicle began interested by civilian used to monitoring mission. On that mission appear a problem, like how to monitoring using unmanned aerial vehicle that have long mileage easily. Based on that problem, be made interface development of monitoring station of unmanned aerial vehicle using android application.

This study aims to design and build a monitoring station interface that support unmanned aerial vehicle monitoring mission, that made the user to know the aircraft condition and what being observed by the aircraft easily. This monitoring station used tethering service from Android tablet and supported by transmission unit that consist of ADAHRS module, webcam, Raspberry Pi module and wireless USB dongle.

Test conducted by matching the result of orientation angle variations of ADAHRS with the interface panels and try to show the streaming video from webcam. This study shows the successful implementation of monitoring station on Android application with packet data process response of the interface about 2,5 ms. Obtained farthest monitoring distance on 130,6 m. The best video streaming resolution for monitoring is 640 x 480 pixel or 360 x 240 pixel.

Keywords—UAV, Android, Raspberry Pi, Tethering, Streaming video, Wireless

1. PENDAHULUAN

Indonesia yang memiliki banyak wilayah kepulauan dan daerah terpencil memerlukan sarana untuk mengawasi serta memantau daerah perbatasan wilayah. Untuk membantu mengatasi masalah pengawasan teritorial diperlukan perangkat monitoring yang memiliki kemampuan mengawasi dengan biaya yang murah dan efisien. Penggunaan pesawat tanpa awak/Unmanned Aerial Vehicle (UAV) akan sangat membantu pengawasan wilayah, selain itu diperlukan sistem operasi yang dapat memproses data telemetri secara real time dalam artian *delay* yang terjadi masih bisa ditoleransi sesuai kebutuhan misi, selain itu dapat menerima data telemetri yang akurat.

Telah terjadi peningkatan tuntutan di dunia modern untuk menggunakan sistem UAV sebagai alat *Intelligence, Reconnaissance, Surveillance* dan sistem akuisisi target sasaran. Meskipun persyaratan UAV berubah berdasarkan misi yang dilakukan, harapan yang diinginkan umumnya sama untuk setiap jenis UAV. Efektivitas biaya, kehandalan, mudah perawatan, kegunaan dan ketersediaan operasional adalah beberapa persyaratan sistem yang harus dimiliki [1].

Dengan berbagai pertimbangan sesuai *roadmap* penelitian pesawat tanpa awak Komunitas N2, dibutuhkan suatu aplikasi yang mampu memantau kondisi UAV beserta apa yang sedang dipantau UAV melalui kamera, yang mudah digunakan serta dapat mudah dioperasikan di berbagai lingkungan.

Dengan mengacu dan mengembangkan penelitian sebelumnya mengenai Ground Control Station (GCS), penelitian ini berfokuskan salah satu fungsi GCS sebagai stasiun pemantauan UAV. Stasiun pemantauan ini menggunakan tablet yang bersistem operasi Android. Alasan penggunaannya yakni memiliki sistem operasi *open source* yang memungkinkan memodifikasi dan menggunakan seluruh fitur dari perangkat keras yang cukup mudah dibawa dan digunakan.

Stasiun pemantauan menggunakan unit penerima berupa tablet, sistem komunikasi menggunakan jaringan nirkabel yang bersumber dari jasa tethering. Pengiriman paket data sensor ADAHRS menggunakan *socket* sedangkan untuk pengiriman streaming video menggunakan protokol http.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Analisis Sistem

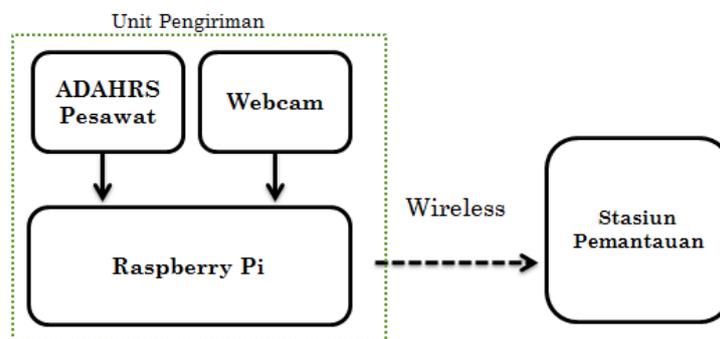
Sistem yang dibuat merupakan sebuah stasiun pemantauan pesawat tanpa awak yang diimplementasikan pada tablet Android. Stasiun pemantauan ini berfungsi untuk memantau kondisi sikap pesawat tanpa awak serta apa yang sedang dipantau yang bersumber pada modul ADAHRS dan webcam.

2.2. Perancangan Sistem

Gambar 1 merupakan gambar blok diagram sistem keseluruhan. Pada sistem stasiun pemantauan ini terdiri dari 2 bagian yakni unit pengiriman dan unit penerima. Pada unit pengiriman terdiri dari modul ADAHRS/Air Data Attitude Heading Reference System sebagai modul penyedia data sensor UAV, webcam dan modul pengiriman data yang berupa SBC (Single Board Computer) Raspberry Pi yang terhubung dengan unit penerima melalui jaringan wi-fi. Raspberry Pi dipilih karena spesifikasinya mampu menjalankan sistem dengan konsumsi sumber daya yang kecil [2]. Modul ADAHRS memiliki fungsi pemantauan keadaan UAV dengan mendeteksi ketinggian, kecepatan laju, posisi dan sikap UAV melalui sensor-sensor yang sudah terintegrasi. Data sensor yang sudah diolah kemudian disusun menjadi kesatuan paket data yang akan diteruskan ke modul Raspberry Pi untuk dikirimkan bersama dengan hasil pantauan video *streaming* ke unit penerima.

Protokol komunikasi yang digunakan merupakan protokol TCP (*Transmission Control Protocol*) guna menjaga keutuhan paket data yang dikirimkan. Unit pengiriman diletakan pada badan UAV sedemikian hingga dapat mendapatkan pemantauan keadaan UAV ketika beroperasi.

Kemudian untuk unit penerima atau stasiun pemantauan merupakan tablet dengan sistem operasi Android yang mampu untuk menerima dan menginterpretasikan data dari unit pengiriman pada antarmuka aplikasi. Paket data dan hasil video *streaming* dari unit pengiriman diterima kemudian dilakukan *parsing*/penguraian data dan datanya didistribusikan ke setiap panel antarmuka yang membutuhkan. Pada penelitian ini, lebih menitik beratkan pada pembuatan aplikasi stasiun pemantauan pada tablet yang menggunakan sistem operasi Android. Sedangkan unit pengiriman merupakan rangkaian alat yang mendukung berjalannya stasiun pemantauan ini.

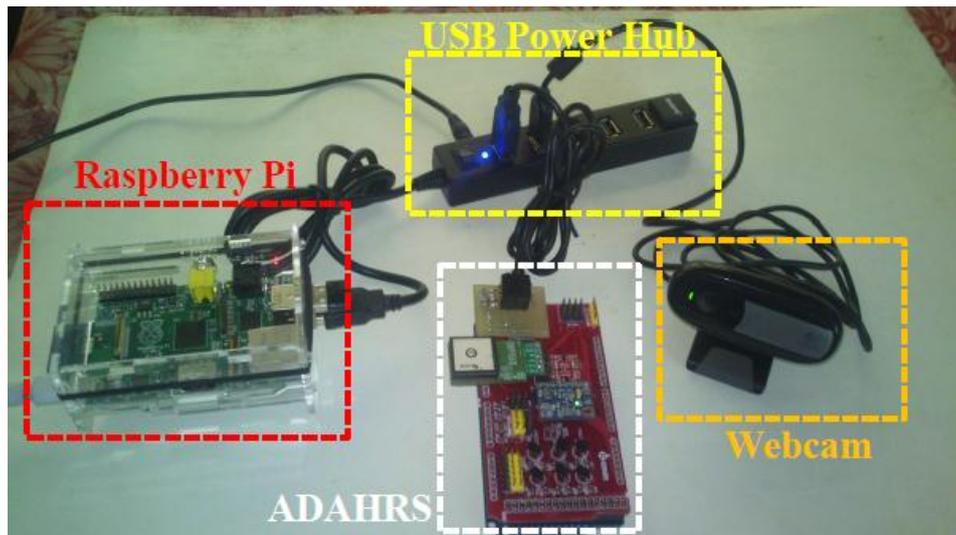


Gambar 1 Blok diagram sistem keseluruhan

2.3. Implementasi Perangkat Keras Sistem

Implementasi dari perangkat keras yang dirancang merupakan sebuah unit pengiriman dan penerimaan yang mengirimkan paket data dan video melewati jaringan wi-fi. Dalam unit pengiriman menggunakan perangkat keras yang sama dengan perancangannya, yakni menggunakan modul ADAHRS, Raspberry Pi, USB power hub dan USB wi-fi dongle seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan untuk unit penerima berupa tablet bersistem operasi Android yang sudah diberikan aplikasi khusus untuk melakukan fungsi sebagai stasiun pemantauan UAV. Modul sensor yang digunakan diletakan tepat persis pada tempat yang datar pada box unit pengiriman dengan maksud supaya dapat mengetahui nilai *roll*, *pitch* dan *yaw* jika terjadi kemiringan. Pengiriman paket data dari modul ini melewati kabel USB serial. Berdasarkan modul ini, arah utara ditunjukkan pada ujung modul bagian yang membelakangi posisi sensor pitot MPXV [3].

Penggunaan Raspberry Pi pada sistem ini adalah sebagai pengirim data dari modul ADAHRS dan video *streaming* dari *webcam* melalui jaringan wi-fi. *Webcam* yang digunakan adalah *webcam* logitech tipe c170. Raspberry Pi difungsikan sebagai modul pengirim data, untuk mengirimkan data dari modul ADAHRS dan *webcam*. Pengiriman data yang paling mudah berdasarkan spesifikasi modul ADAHRS dan *webcam* adalah dengan *port* USB. Data dikirimkan secara serial bit per bit secara cepat dan di jadikan satu kesatuan paket pada Raspberry Pi ini. Karena board Raspberry Pi tidak memiliki modul pengiriman wi-fi internal, maka dibutuhkan tambahan modul wi-fi melalui port USB. Berdasarkan ketersediaan *port* USB yang hanya 2 buah saja, maka dibutuhkan tambahan port USB untuk memenuhi kebutuhan pengiriman data dengan 3 *port* USB. Karena dengan menggunakan USB hub biasa kurang memenuhi kebutuhan daya modul ADAHRS dan *webcam* maka digunakan USB power hub. USB power hub memiliki suplai daya sendiri dengan bantuan adaptor DC 5V/2A sehingga kebutuhan daya terjaga.



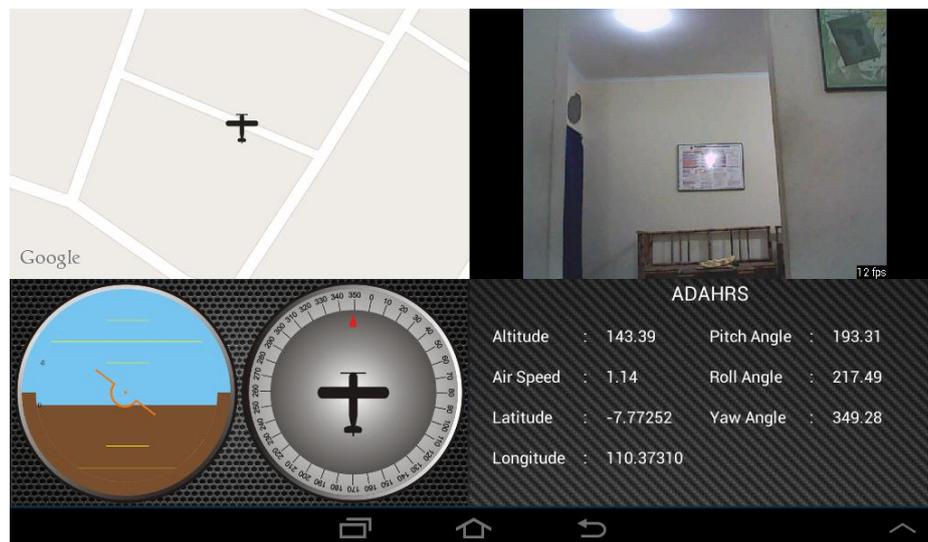
Gambar 2 Keseluruhan perangkat keras unit pengiriman.

2.4. Implementasi Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak yang digunakan dalam sistem ini menggunakan beberapa bahasa pemrograman yang berbeda. Bahasa pemrograman yang dipakai antara lain C/C++ untuk pemrograman modul ADAHRS berbasis Arduino Due, Bash digunakan pada modul Raspberry Pi, dan Java digunakan oleh aplikasi Android.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem ini dilakukan 4 macam pengujian, yaitu pengujian telemetri data nirkabel, pengujian respon antarmuka, pengujian penerimaan data dan pengujian terbang.



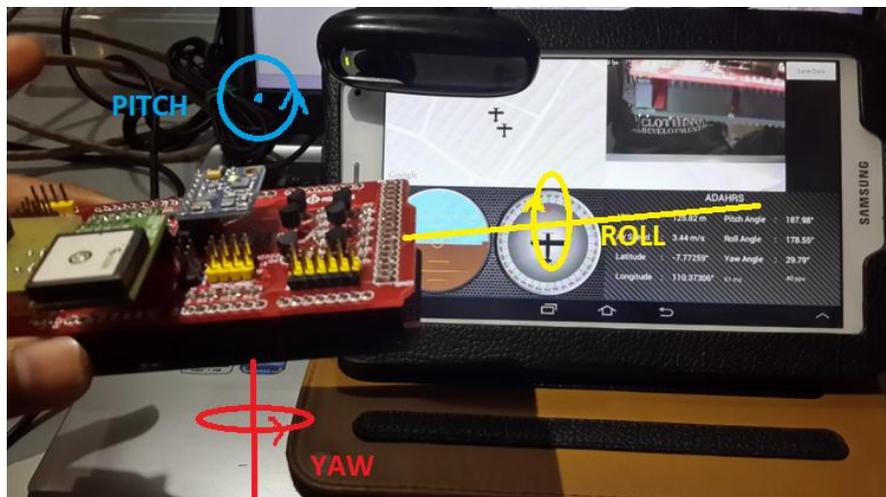
Gambar 3 Antarmuka stasiun pemantauan pada tablet Android.

3.1 Pengujian telemetri data nirkabel

Pada pengujian ini, paket data dari modul ADAHRS dan video *streaming webcam* dikirimkan dari unit pengiriman menuju stasiun pemantauan melalui jaringan dari jasa *tethering* tablet Android. Paket data disusun menggunakan header, separator, dan tail khusus [4]. Paket

data dari modul ADAHRS diurai dan didapatkan hasil nilai *altitude*, *air speed*, *latitude*, *longitude*, sudut *pitch*, sudut *roll* dan sudut *yaw*. Nilai tersebut kemudian didistribusikan menuju panel ADAHRS, instrumen pesawat dan peta penerbangan. Untuk data video *streaming* yang diterima, akan ditampilkan pada panel video *streaming*.

Pengujian telemetri data nirkabel dilakukan untuk mengetahui seberapa berhasil pengiriman data dari modul ADAHRS dan *webcam* menuju stasiun penerimaan. Data yang berhasil diterima stasiun pemantauan akan langsung divisualisasikan pada antarmuka seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pengujian respon antarmuka berfungsi untuk mengetahui seberapa cepat stasiun pemantauan mengurai paket data modul ADAHRS yang kemudian didistribusikan menuju visualisasi pada antarmuka stasiun pemantauan. Pengujian penerimaan data berfungsi untuk mengetahui seberapa jauh stasiun pemantauan mampu menerima data dari unit pengiriman yang berada di darat. Pengujian terbang dilakukan menggunakan pesawat tanpa awak *quad rotor* yang membawa muatan unit pengiriman di atasnya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa tinggi pesawat tanpa awak beroperasi serta membandingkan hasil penerimaan data ketika terbang dan ketika di darat.

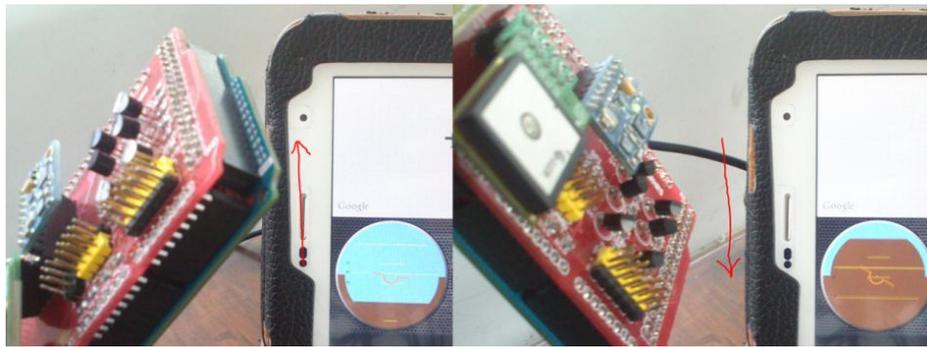


Gambar 4 Orientasi sudut modul ADAHRS

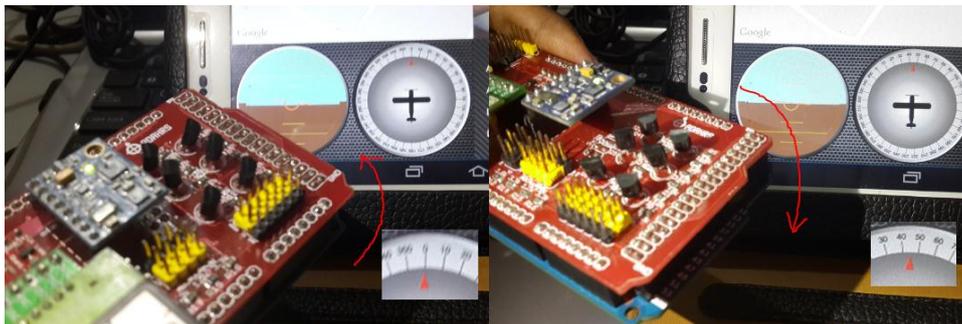
Pada panel instrumen pesawat nilai sensor yang digunakan adalah sudut *pitch*, sudut *roll* dan sudut *yaw*. *Attitude indicator* menginterpretasikan sikap pesawat ketika sedang berguling/*roll* dan mengangguk/*pitch* UAV yang bersumber pada gyroskop dan akselerometer yang terdapat pada sensor GY86 pada modul ADAHRS. Sedangkan *heading indicator* menginterpretasikan sudut *yaw* sebagai arah tuju UAV yang bersumber dari sensor magnetometer. Untuk mengetahui pergerakan *attitude indicator* dan *heading indicator* dilakukan variasi posisi terhadap modul ADAHRS sesuai orientasi sudut seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Kemudian dilanjutkan dengan uji fungsional antarmuka untuk memastikan kesesuaian hasil nilai sensor *roll*, *pitch*, *yaw*, *latitude*, *longitude*, *air speed* dan *altitude* terhadap visualisasi antarmuka seperti pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8. Dari uji fungsional didapatkan hasil yang memiliki kesamaan antara nilai sensor dari modul ADAHRS serta *webcam* dan visualisasinya pada antarmuka.



Gambar 5 Uji fungsional roll pada attitude indicator



Gambar 6 Uji fungsional pitch pada attitude indicator



Gambar 7 Uji fungsional yaw pada attitude indicator



Gambar 8 Perbandingan panel peta penerbangan dengan peta Google Earth



Gambar 9 Hasil tampilan panel video streaming

Dalam pengujian hasil tampilan video *streaming* pada Gambar 9 dilakukan variasi ukuran *frame* gambar 1024x768, 640x480 dan 360x240 piksel sesuai dengan kemampuan *webcam*, yang diatur pada program MJPG-streamer pada Raspberry Pi. Sedangkan panjang dan lebar layar yang digunakan pada panel video *streaming* adalah 400dp x 300dp. Pengujian dilakukan diluar ruangan pada malam dan siang hari. Kemudian diambil 10 sampel fps pada jarak uji 1 meter dan dirata-rata seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil yang didapatkan dipengaruhi oleh keadaan cahaya sekitar yang terkadang cepat berubah.

Tabel 1 Tabel hasil perbandingan variasi pengujian video streaming

Resolusi (piksel)	Frame per sekon maksimum	
	Siang	Malam
1024x768	12 fps	7 fps
640 x 480	22 fps	9 fps
360x240	30 fps	13fps

Rata-rata sistem visual manusia mampu untuk menerima 20 gambar yang berbeda dalam satu detiknya sebelum gambar terjadi kabur bersama [5]. Dari hasil pengujian didapatkan nilai fps lebih dari 20 fps pada resolusi 640 x 480 dan 360 x 240 piksel , sehingga disarankan menggunakan resolusi 640 x 480 atau 360 x 240 karena hasil fps yang didapatkan cukup baik untuk melakukan pemantauan.

3.2 Pengujian respon antarmuka

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat pemrosesan sistem dari masuknya paket data dan diurai kemudian melakukan distribusi data antarmuka. Respon yang terdapat pada stasiun pemantauan ini terdiri dari respon terhadap masukan paket data ADAHRS dan masukan video *streaming*. Untuk respon pemrosesan masukan paket data ADAHRS dilakukan dengan cara menambahkan proses penghitungan pada program Android. Sedangkan untuk respon video *streaming* dipengaruhi oleh pemrosesan gambar dari kamera dan pengiriman gambar dari program MJPG-streamer pada Raspberry Pi, oleh karena itu respon video *streaming* didapatkan berdasarkan nilai fps video.

Respon pemrosesan paket data dilakukan dengan menghitung selisih waktu dengan fungsi `System.currentTimeMillis()` pada sebelum dan sesudah paket data diurai, didistribusikan dan divisualisasikan pada panel ADAHRS, panel instrumen pesawat dan panel peta penerbangan. Dari hasil pengujian pada Tabel 2 ini didapatkan rata-rata respon dari 10 sampel sebesar 2,5 ms. Berdasarkan hasil tersebut, antarmuka ini memiliki respon yang sudah cukup cepat untuk menampilkan perubahan antarmuka berdasarkan kebutuhan visualisasi paket data pada stasiun pemantauan.

Tabel 2 Tabel hasil pengujian respon pemrosesan sistem

Detik (s)	Respon (ms)
1	2
2	3
3	2
4	2
5	3
6	3
7	3
8	3
9	2
10	2
Rata-rata	2,5

3.3 Pengujian penerimaan data

Dalam pengujian ini diuji jarak terjauh dan kestabilan data yang diterima oleh stasiun pemantauan ini. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan unit pengiriman di darat, kemudian mengirimkan paket data secara terus menerus menuju stasiun pemantauan yang bergerak menjauh. Kemudian dicatat 10 hasil penerimaan paket data per detik dari ADAHRS dan fps video *streaming* pada setiap interval 10 meter. Pengujian video *streaming* digunakan resolusi video 640x480 piksel, atas dasar hasil yang dihasilkan dengan resolusi ini memiliki fps dan hasil tampilan yang cukup baik untuk melakukan pemantauan. Dalam pengujian ini menggunakan saluran 11 pada pengaturan jaringan tethering tablet Android dan digunakan tempat pengujian yang cukup panjang.

Berdasarkan hasil pengujian ini didapatkan jarak terjauh pada Tabel 3 yang mampu dipantau oleh stasiun pemantauan ini adalah pada 130,6 meter. Hasil tersebut dihasilkan dari 5 kali pengujian, kemudian hasil jarak terjauh dan dirata-rata. Hasil jarak ini dipengaruhi oleh kemampuan *adapter wireless* pada tablet Android dan USB wi-fi *dongle* pada Raspberry Pi dalam berkomunikasi. Hasil pengujian paket data yang diterima berkisar antara 14,8 – 16,1 paket data. Hasil data tersebut merupakan rata-rata paket data yang tidak stabil. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya disebabkan oleh kesiapan protokol dalam mengirimkan paket data yang bergantung pada keadaan jaringan nirkabel. Pengiriman yang dilakukan dengan netcat yang merupakan pengiriman data yang defaultnya menggunakan protokol TCP

Tabel 3 Tabel hasil pengujian penerimaan data

Jarak (m)	Rata-rata paket data per detik	Rata-rata fps video
10	16	20,7
20	16	18,2
30	16	19,8
40	16	18,6
50	16	19
60	16,1	18,3
70	16	20,1
80	16,1	20,8
90	16	21,2
100	16	19,7
110	16	20,3
120	14,8	20,9
130	15	19,9
130,6	15,4	19,2

Protokol ini akan mengatur pengiriman paket data bergantung dari keutuhan paket data yang diterima untuk dilanjutkan. Protokol ini juga akan mengirimkan paket data ketika jaringan komunikasi memiliki kondisi yang memungkinkan untuk terjadi pengiriman data. Apabila jaringan terganggu dengan sinyal dan halangan, paket data yang terkumpul akan dikirimkan ketika jaringan sudah stabil. Hal ini terbukti ketika setelah terjadi gangguan komunikasi, paket data yang diterima oleh stasiun pemantauan melebihi dari paket yang seharusnya terkirim. Sedangkan hasil nilai fps video *streaming* yang didapatkan berkisar 18,3 – 21,2. Ketika pengujian bergantung pada intensitas cahaya disekitar obyek yang tengah dipantau *webcam*, sehingga hasil fps pun berubah-ubah. Dari sekian pengujian yang telah dilakukan, dijumpai berbagai keterbatasan dalam penerimaan dari stasiun pemantauan, diantaranya ialah keterbatasan modul ADAHRS yang tidak dapat beroperasi baik ketika terkena panas matahari langsung yang mengakibatkan ketidakstabilan proses pengiriman. Kemudian terdapat keterbatasan lama pengiriman yang dibatasi oleh suplai daya dari baterai yang digunakan.

3.4 Pengujian terbang

Pengujian terbang dilakukan untuk menguji pengiriman paket data dan video *streaming* dari unit pengiriman menuju stasiun pemantauan. Dari pengujian terbang seperti pada Gambar 10, didapatkan data kemampuan ketinggian *quad rotor* dalam membawa beban unit pengiriman dan hasil penerimaan data dari modul ADAHRS dan webcam pada stasiun pemantauan yang dapat dilihat pada Tabel 3. Berikut adalah spesifikasi dari quad rotor yang digunakan:

Berat kosong	: 1048 gr
Berat dengan muatan	: 1558 gr
Dimensi	
Panjang	: 450 mm
Lebar	: 450 mm
Tinggi	: 255mm
Motor	: Brushless Turnigy NTM Prop Drive Series 2826 1000kv x 4
Baterai	: Li-Po 3 sel 2200 mAh (maksimum 15 menit terbang)
Remote	: Turnigy 9X dengan receiver



Gambar 10 Pengujian terbang

Berdasarkan hasil pada Tabel 4 didapatkan ketinggian maksimum pesawat tanpa awak pada 4,6 m di atas tanah. Hal tersebut dipengaruhi oleh kemampuan pesawat tanpa awak dalam membawa beban unit pengiriman. Untuk hasil penerimaan paket data, didapatkan hasil yang menyerupai dengan hasil pengujian di darat. Perbedaan yang terjadi dikarenakan oleh terjadinya 4 tumpang tindih saluran wifi di lokasi pengujian. Tumpang tindih saluran wifi berakibat berkurangnya kemampuan penerimaan sinyal wifi [6]. Sedangkan hasil *frame per second* dari *streaming* video dipengaruhi cahaya sore hari pada saat pengujian yang memiliki rata-rata 17,5 fps. Hasil pengujian terbang ini menunjukkan bahwa antarmuka aplikasi stasiun pemantauan Android mampu menerima dan memvisualisasikan data penerbangan dengan baik.

Tabel 4 Hasil pengujian terbang menggunakan pesawat tanpa awak

No	Ketinggian pesawat tanpa awak (m)	Paket data per detik	Frame per detik
1	1	16	18
2	2	16	17,2
3	3	16,1	18,1
4	4	16	16,5
5	4,6	15,9	17,7

4. KESIMPULAN

1. Telah berhasil diimplementasikan sebuah pengembangan antarmuka stasiun pemantauan pesawat tanpa awak menggunakan aplikasi Android untuk memantau kondisi sikap pesawat dan obyek yang dipantau yang berasal dari modul ADAHRS dan *webcam*.
2. Respon antarmuka dalam memproses paket data membutuhkan waktu sekitar 2,5 ms.
3. Jarak terjauh unit pengiriman didarat yang mampu dipantau oleh stasiun pemantauan adalah 130,6 m.
4. Hasil fps video *streaming* dari 3 variasi resolusi didapatkan:
 - a. Resolusi 1024 x 768 piksel didapatkan maksimum 12 fps pada siang hari dan 7 fps pada malam hari.
 - b. Resolusi 640 x 480 piksel didapatkan maksimum 22 fps pada siang hari dan 9 fps pada malam hari.
 - c. Resolusi 360 x 240 piksel didapatkan maksimum 30 fps pada siang hari dan 13 fps pada malam hari.
5. Jarak tertinggi pesawat tanpa awak *quad rotor* yang digunakan dalam membawa beban unit pengiriman adalah 4,6 m.
6. Antarmuka stasiun pemantauan pesawat tanpa awak menggunakan aplikasi Android ini sudah memiliki respon antarmuka yang cukup cepat yang memiliki jangkauan yang cukup jauh untuk melakukan pemantauan, serta digunakan resolusi video *streaming* yang baik untuk melakukan pemantauan yakni pada resolusi 640 x 480 piksel atau 360 x 240 piksel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunar, S T., 2011, Design Requirement UAV, <http://mypenelitian.blogspot.com/2011/09/designrequirement.sistemuav.html>, diakses pada tanggal 28 April 2013.
- [2] Raspberry Pi, 2013, Raspberry Pi, <http://www.raspberrypi.org>, diakses pada tanggal 15 Juni 2013.
- [3] Pratama, F. N., 2013, *Sistem Referensi Air Data, Attitude, Dan Heading Berbasis Arduino Due Pada Pesawat Terbang Tanpa Awak*, Skripsi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [4] Farghani, Ali A., 2012, *Purwarupa Ground Control Station untuk pengamatan dan pengendalian unmanned aerial vehicle bersayap tetap*, Skripsi, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [5] Cyganski, D., 1998, Human Visual Persistence, <http://dwb4.unl.edu/Chem/CHEM869P/CHEM869PLinks/www.ece.wpi.edu/iinfoeng/textbook/node71.html>, diakses tanggal 17 September 2013.
- [6] V. Angelakis, S. Papadakis, V. Siris, dan A. Traganitis, 2011, Adjacent channel interference in 802.11a is harmful: Testbed validation of a simple quantification model, *Communications Magazine*, IEEE.