

PENGEMBANGAN SISTEM MUATAN ROKET DAN UNIT *GROUND SEGMENT* UNTUK PENGINDERAAN JAUH

Ferry Satria
Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung
E-mail: ferrypolban@gmail.com

Abstrak

Payload (muatan) roket adalah sistem elektronika dan komunikasi yang ditumpangkan pada roket, biasanya diletakkan di bagian belakang (ekor badan roket) untuk melakukan penginderaan jauh. Pada penelitian ini sistem muatan roket terdiri dari: modul radio Xbee 802.15.4 yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan sistem modulasi QPSK; modul kamera berwarna ZM 0.3 Mp yang memiliki Baud rate hingga 115200 bps; modul sensor suhu dan kelembaban digital SHT10 yang memiliki range temperatur dari -40 °C sampai 123,8 °C dan range kelembaban dari 0 sampai 100 %RH ; modul sensor accelerometer 3 aksis H48C.; serta modul mikrokontroler Atmega16. *Payload* akan terpisah dari badan roket pada ketinggian tertentu (600 sampai 800 m dari permukaan bumi) dan akan turun ke bumi dengan bantuan parasut untuk melakukan penginderaan jauh (mengambil data suhu dan kelembaban dari sensor SHT10, data akselerasi dari sensor *accelerometer* 3-axis, dan citra JPEG berwarna dengan resolusi 160x120 pixel dari modul kamera ZM 0.3Mp) secara terkontrol untuk dikirimkan ke unit *ground segment* (pengontrol dan penerima data *payload*) melalui komunikasi radio menggunakan modul radio XBee. *Ground segment* adalah unit pengontrol dan penerima data yang ditempatkan pada lokasi tertentu di permukaan bumi. Perangkat lunak aplikasi untuk sistem *Ground segment* dibuat menggunakan C# Visual Studio 2010. Setelah proses pengujian, didapat simpulan: sistem *Ground segment* berhasil mengirimkan perintah pada sistem muatan roket untuk melakukan pengukuran terhadap besaran-besaran yang diperlukan dan pengambilan citra berwarna permukaan bumi dan mengirimkan data-data hasil penginderaan ke *Ground segment* sesuai perintah yang diberikan. Hasil penelitian ini dipergunakan untuk pengembangan sistem muatan roket Polban pada kompetisi muatan roket dan roket Indonesia (KOMURINDO).

Kata kunci : *Payload*, penginderaan jauh, *ground segment*, kamera ZM 0.3Mp, JPEG, Xbee

Pendahuluan

Remote sensing atau penginderaan jauh adalah teknik untuk mengakuisisi informasi dari suatu objek atau fenomena tanpa melakukan kontak fisik dengan objek tersebut. Pada penggunaan di zaman modern, istilah ini pada umumnya mengacu kepada penggunaan teknologi *aerial sensor* untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan objek-objek pada bumi (pada permukaan bumi, laut maupun atmosfer). Hal ini tentunya memberikan manfaat bagi manusia untuk mengambil informasi dari jarak jauh. Hasil informasi yang diterima kemudian dapat diolah untuk berbagai tujuan dan keperluan tertentu. Pengembangan IPTEK khususnya teknologi kedirgantaraan Indonesia merupakan salah satu

teknologi yang sangat strategis dan perlu segera dikembangkan untuk dapat meningkatkan harkat dan derajat bangsa Indonesia. Keterlibatan generasi muda yang bersemangat dalam pengembangan teknologi ini akan membentuk embrio kekuatan teknologi yang berdampak pada kemajuan teknologi di Indonesia. Program kerjasama LAPAN dan DIRJEN DIKTI dalam penyelenggaraan Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) 2013 ini merupakan momen yang tepat untuk melibatkan seluruh civitas akademi perguruan tinggi di Indonesia untuk mulai melakukan penelitian dan aplikasi di bidang kedirgantaraan untuk dapat mempercepat penyebaran dan pengembangan teknologi ini di seluruh bumi pertiwi[1].

Perkembangan teknologi dalam bidang pencitraan bumi dengan proses penginderaan jarak jauh akan memudahkan manusia dalam mengetahui kondisi bumi dari udara. Proses ini jauh lebih mudah dan efektif dibandingkan dengan melakukannya langsung dari darat. Hasil pencitraan ini banyak dibutuhkan, misalnya dalam memantau keadaan hutan, laut, darat, pulau dan daerah yang sulit didatangi yang banyak tersebar di bumi Indonesia ini. Dengan adanya teknologi dibidang penginderaan jarak jauh kita bisa mendapatkan berbagai macam informasi khususnya menyangkut pencitraan bumi. Hasil informasi tersebut dapat diproses untuk membuat rencana, strategi, dan bentuk sikap lainnya untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Pemanfaatan roket sebagai alat angkut untuk menerbangkan alat penginderaan jarak jauh membuktikan bahwa roket tidak hanya digunakan untuk bidang militer tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan sipil. Selain itu telah disebutkan pula dalam Panduan Kompetisi Muatan Roket Indonesia 2013 bahwa suatu negara yang menguasai kemandirian teknologi peroketan dengan baik akan disegani oleh negara-negara lain di seluruh dunia[1].

Tinjauan Pustaka

Dalam istilah kedirgantaraan, payload atau muatan yang dibawa menunjuk pada kapasitas bawaan dari sebuah pesawat terbang termasuk dalam kargo, amunisi, alat eksperimen, maupun instrumen ilmiah[1].

JPEG (Joint Photographic Experts Group) adalah sebuah standar kompresi untuk gambar digital. Tidak seperti format TIFF, GIF, dan PNG, kompresi JPEG bersifat lossy compression, artinya kompresi gambar tersebut akan mengurangi kualitas gambar setelah kompresi. Format data JPEG memiliki marker rentetan dari segmen-segmen, tiap segmen dimulai dengan marker yang dimulai dengan byte 0xFF diikuti dengan byte berikutnya yang masing-masing memiliki makna tertentu[4].

ZM 0.3Mpixel adalah modul kamera yang kompak dengan sensor kamera OV7725 yang memiliki keluaran serial RS232 dan data citra sudah berformat JPEG tanpa memerlukan DRAM eksternal[6]. Kamera warna ZM 0.3 Mp memiliki fitur berikut:

- Antarmuka serial RS232
- Tegangan input 5V
- Baud rate hingga 115200 bps

Memiliki kamera ID yang dapat diset mulai dari 0 sampai 33.

Kelembaban relatif didefinisikan sebagai perbandingan fraksi molekul uap air di dalam udara basah terhadap fraksi molekul uap air jenuh pada suhu dan tekanan yang sama, atau perbandingan antara tekanan parsial uap air yang ada di dalam udara dengan tekanan jenuh uap air yang ada pada temperatur yang sama.

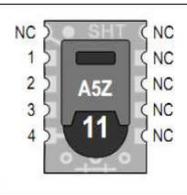
Kelembaban relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air. Alat ukur kelembaban salah satunya adalah hygrometer. Hygrometer elektronik dikembangkan melalui metode kesetimbangan penyerapan dari uap air. Uap air yang diserap menyebabkan perubahan parameter listrik seperti hambatan atau kapasitansi[3].

Sensor SHT10 adalah sensor dari Sensirion dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya temperatur udara, kelembaban relatif (Relative Humidity disingkat RH), dan titik embun (dew point) di sekitar sensor. Keluaran sensor ini berupa data digital yang sudah terkalibrasi penuh sehingga dapat dipakai langsung tanpa perhitungan tambahan. Contoh aplikasi dari sensor ini antara lain untuk sistem HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning), pengendali iklim mikro, stasiun cuaca (weather station), pengendali kelembaban udara (humidifiers atau dehumidifier), atau aplikasi-aplikasi lain yang menggunakan informasi kelembaban relatif, dan temperatur[9]. Konfigurasi pin-pin pada IC SHT10 ditunjukkan pada gambar 1.

Spesifikasi dari sensor ini adalah:

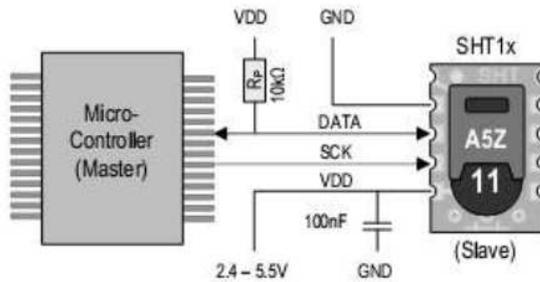
- Range sensor temperatur -40 - 123,8 °C
- Akurasi sensor temperatur $\pm 0,5$ °C
- Resolusi sensor temperatur $\pm 0,1$ °C
- Waktu respon sensor temperatur 5 - 30 detik
- Range sensor kelembaban 0 - 100 %RH
- Akurasi sensor kelembaban $\pm 4,5$ %RH
- Resolusi sensor kelembaban $\pm 0,1$ %RH
- Pin Input/Output kompatibel dengan level tegangan TTL dan CMOS
- Dilengkapi dengan antarmuka I2C non-standard
- Sumber catu daya menggunakan tegangan 4,8 - 5,4 VDC.

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected



Gambar 1. Konfigurasi pin SHT10

Sensor ini memiliki antarmuka *two-wire interface*. Ada 4 pin yang digunakan pada sensor kelembaban relatif Sensirion SHT10, yaitu: VDD, GND, DATA, SCK. VDD dan GND merupakan pin catu daya untuk SHT10. Pin SCK dan DATA adalah untuk antarmuka dengan perangkat lain. Jenis komunikasi ini memerlukan kaki SCK sebagai sumber clock dan DATA sebagai jalur mengirim dan menerima data. Gambar 2 menunjukkan rangkaian antarmuka sensor SHT10.



Gambar 2. Rangkaian antarmuka SHT10

Sensor accelerometer adalah sebuah divais yang dapat dipergunakan untuk mengukur percepatan. Accelerometer ini tersedia dalam bentuk single-axis dan multi-axis untuk mendeteksi besar dan arah percepatan sebagai besaran vektor dan dapat digunakan untuk mendeteksi orientasi akselerasi, getaran, kemiringan, dan shock. Sensor accelerometer yang dimaksud adalah modul Hitachi $\pm 3g$ Tri-Axis Accelerometer H48C dari Parallax. Sensor ini dibuat menggunakan teknologi MEMS (Micro Electro Mechanic Sensor). Cara kerja sensor akselerometer ini menyerupai/mirip dengan cara kerja bandul berat berpegas yang dinamakan *seismic mass* yang dimasukkan ke dalam tabung yang dinamakan *housing*. Jika *housing* tersebut digerakkan ke atas, maka *seismic mass* akan tertinggal dan pegas akan memanjang. Apabila panjang pegas yang memanjang tersebut dapat diukur maka besar gaya gravitasi yang diterima dapat ditentukan[5].

Unit radio XBee 802.15.4 adalah modul transceiver dari Digi International (dulunya Maxstream) yang mengikuti standar IEEE 802.15.4 dan didesain untuk mendukung kebutuhan low-cost dan low-power jaringan sensor *wireless* untuk aplikasi di tingkat WPAN (*Wireless Personal Area Network*). Modul yang digunakan ini bekerja pada frekuensi ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) 2.4GHz dengan modulasi QPSK[2][8].

Penemuan silikon pada perkembangan teknologi semikonduktor yang pesat di bidang mikroelektronika menyebabkan bidang ini mampu memberikan sumbangan yang sangat berharga bagi perkembangan teknologi modern. Atmel sebagai salah satu vendor yang mengembangkan dan memasarkan produk mikroelektronika telah menjadi standar bagi para perancang sistem elektronika masa kini. Dengan perkembangan terakhir, yaitu generasi AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*), para desainer sistem elektronika telah dapat menerapkan teknologi yang memiliki kapabilitas yang begitu maju, tetapi dengan biaya yang relatif ekonomis. Komunikasi serial pada mikrokontroler AVR menggunakan fasilitas USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter*) yang digunakan dalam aplikasi yang berhubungan dengan antarmuka serial PC ataupun mikrokontroler lain yang memiliki fasilitas komunikasi serial. Jalur komunikasi serial pada mikrokontroler AVR ATmega8535/16/32 terdapat pada pin PORTD.0 (RXD) dan PORTD.1 (TXD).

Fitur-fitur dari USART pada ATmega8535/16/32 meliputi:

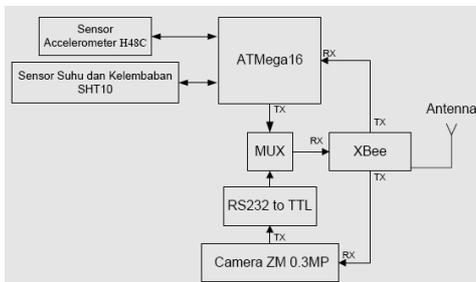
- Full duplex operation
- Asynchronous and synchronous operation
- Master or slave clocked synchronous operation
- High resolution baud rate generator
- Supports serial frame with 5,6,7,8 or 9 data bits and 1 or 2 stop bits
- Odd or even parity generation and parity check supported by hardware
- Data OverRun detection
- Framing error detection

C# (dibaca C sharp) adalah compiler yang dikembangkan dari bahasa C++ dan Java yang dirancang untuk bersifat OOP (*Object Oriented Programming*) yang dibuat oleh Microsoft. Bahasa ini dibuat untuk melengkapi teknologi framework.NET yang mengambil konsep dari bahasa Java dan C++. Framework ialah sebuah kerangka kerja (*framework*) yang berisi sekumpulan script/library yang telah ditata sedemikian rupa sehingga memudahkan programmer dalam penggunaan dan pemanggilan fungsi-fungsi dari framework tersebut, sedangkan .NET framework

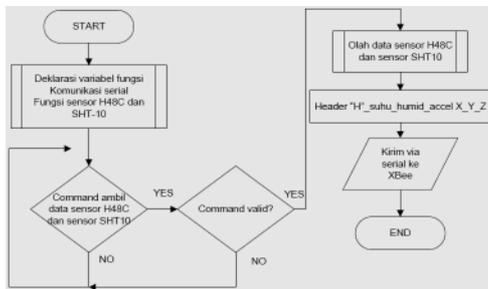
adalah framework yang dibuat oleh Microsoft yang menyediakan fitur antarmuka, database, data akses, aplikasi web, kriptografi, algoritma numerik, dan komunikasi network.

Metodologi

Pada penelitian ini digunakan sistem muatan roket dengan diagram blok seperti pada gambar 3-a, dan algoritma perangkat lunak pada diagram alir gambar 3-b. Sistem yang dirancang disesuaikan dengan kriteria yang diberlakukan pada aturan kompetisi nasional Komurindo 2013. Sedangkan unit *ground segment* dirancang sesuai diagram blok pada gambar 4 dan algoritma program seperti pada gambar 5.

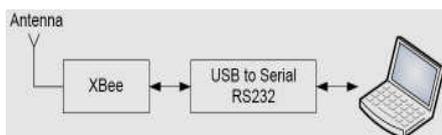


Gambar 3-a. Diagram Blok Sistem Muatan Roket.



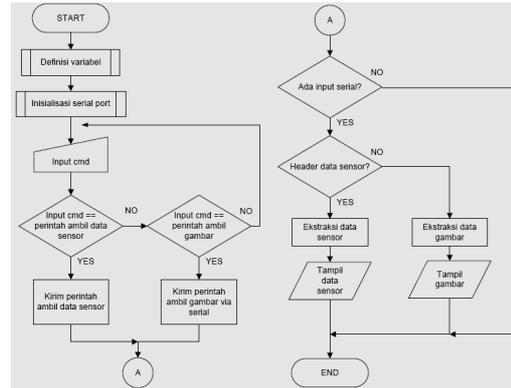
Gambar 3-b. Diagram Alir Sistem Muatan Roket.

Mikrokontroler Atmega digunakan sebagai komponen utama pada sistem muatan roket yang memiliki tugas untuk menerima perintah dari *ground segment*, mengolah data sensor akselerometer H48C serta sensor suhu dan kelembaban SHT10 kemudian mengirimkannya ke *ground segment* melalui modul transceiver XBee secara serial dalam format data yang ditentukan beserta dengan format header dan dipisahkan dengan spasi.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem *Ground Segment*.

Setiap XBee memiliki 2 address, yaitu High Address dan Low Address yang tertera dibagian bawah modul. High Address adalah alamat yang ditetapkan oleh lembaga standar internasional kepada perusahaan Digi International (umumnya alamatnya sama) dan Low Address sebagai alamat unik yang merepresentasikan setiap modul XBee tersebut.

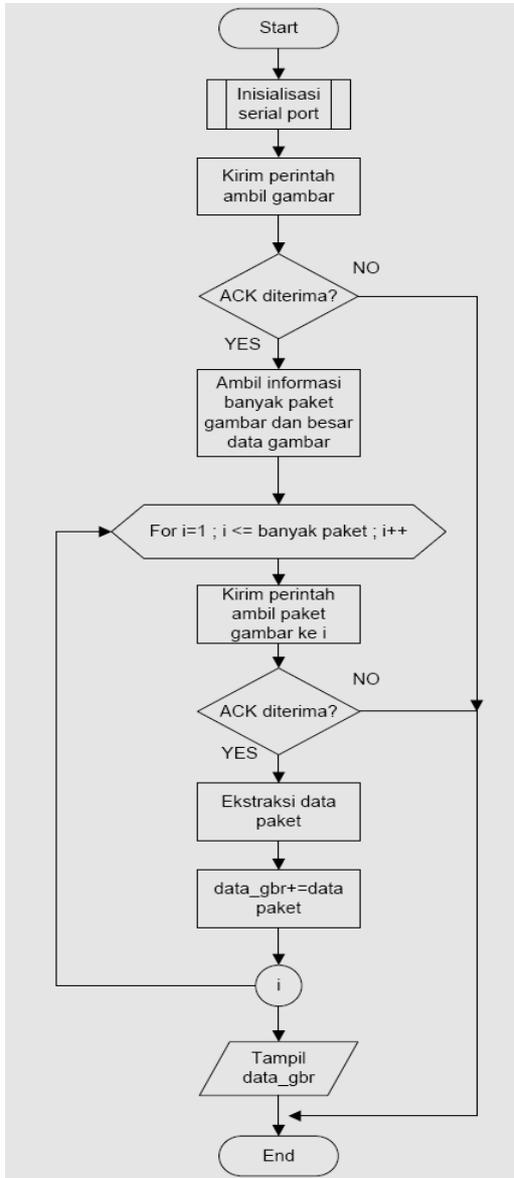


Gambar 5. Diagram Alir Sistem *Ground Segment*

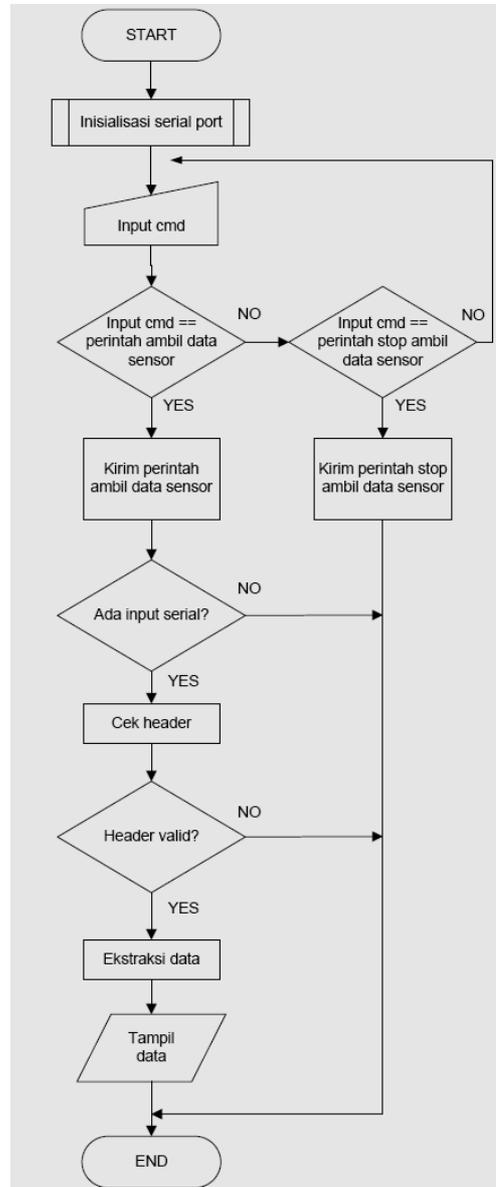
Pada saat pengambilan data citra dipergunakan algoritma dan proses seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Terlihat pada proses tersebut data citra dibagi ke dalam paket-paket data dan dilakukan ekstraksi atau kompresi data gambar. Proses kompresi data ini dilakukan untuk memperkecil ukuran data citra agar waktu pengiriman data citra lebih cepat.

Proses pelaksanaan perintah pengambilan data dari tiap sensor ditunjukkan pada diagram alir pada gambar 7. Terlihat ada proses pendeteksian data header pada proses tersebut, untuk meningkatkan keamanan pada saat pengambilan data. Melalui header ini dapat dihindari kesalahan pengambilan data. Karena pada saat penyelenggaraan kompetisi pada waktu yang bersamaan diuji sebanyak empat tim peserta, masing-masing dengan frekuensi kanal yang berbeda dan kode header yang berbeda pula.

Proses pengiriman data dilakukan secara serial baik untuk data citra maupun data dari tiap sensor lainnya. Sistem muatan roket harus mampu menerima perintah START maupun STOP dari unit *ground segment* baik untuk perintah pengambilan dan pengiriman data citra maupun untuk pengambilan dan pengiriman data lainnya.



Gambar 6. Diagram Alir Perintah Ambil Gambar.



Gambar 7. Diagram Alir Perintah Baca Sensor.

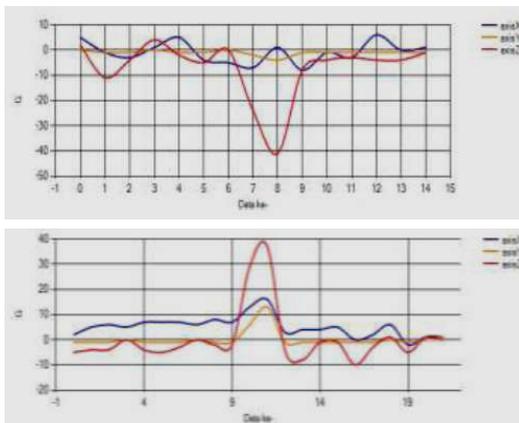
Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan tahap perancangan, realisasi hasil rancangan, dan tahap pengujian pada penelitian ini, didapat hasil dan pembahasan berikut:

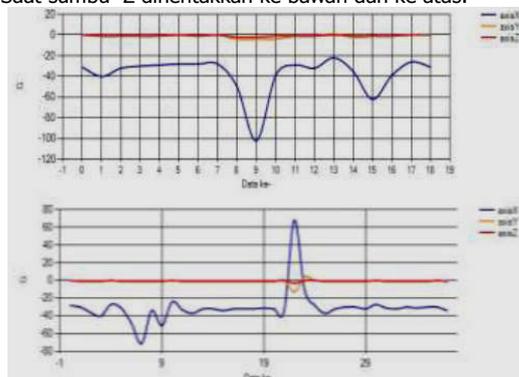
Secara keseluruhan sistem *payload* dapat bekerja dengan baik. *Payload* dapat mengenali kode perintah yang dikirim melalui sistem *ground segment* dan berhasil mengirimkan data sesuai dengan perintah yang diterimanya. Sensor kamera dapat mengambil citra dengan baik, dan sistem *payload* berhasil

mengirimkan data gambar ke unit *ground segment* dengan baik. Sensor SHT10 dapat mengambil data suhu dan kelembaban dengan baik. Pada saat pengambilan data suhu, diberikan waktu jeda 2 sampai 4 detik untuk menghindari terjadinya panas pada sensor. Sensor akselerometer dapat mendeteksi percepatan yang terjadi pada ke tiga sumbu x, y dan z dengan respon yang baik.

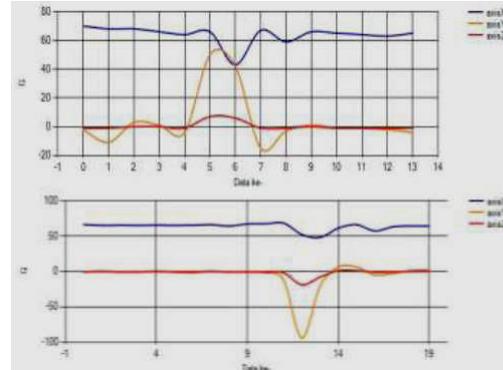
Pada gambar 8, 9, dan 10 ditunjukkan grafik perilaku sensor akselerometer saat mengalami percepatan pada sumbu Z, X, dan Y.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Percepatan Saat sumbu Z dihentakkan ke bawah dan ke atas.



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Percepatan Saat sumbu X dihentakkan ke bawah dan ke atas.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Percepatan Saat sumbu Y dihentakkan ke bawah dan ke atas.



Gambar 11. Hasil Pengambilan Citra 1.



Gambar 12. Hasil Pengambilan Citra 2.



Gambar 13. Hasil Pengambilan Citra 3.



Gambar 14. Hasil Pengambilan Citra 4.



Gambar 15. Hasil Pengambilan Citra 5.

Pada gambar 11 ditunjukkan hasil pengambilan citra saat cahaya ruangan sangat redup. Gambar 12 menunjukkan pengambilan citra saat cahaya ruangan cukup cerah. Sedangkan Gambar 13 menunjukkan pengambilan citra saat cahaya ruangan sangat cerah. Dan pada gambar 14 dan 15 ditunjukkan hasil pengambilan citra diluar ruangan saat objek mendapat cahaya matahari langsung.

Tabel 1 menunjukkan nilai ukuran file gambar serta waktu pengiriman data gambar dari sistem *payload* ke *unit ground segment* untuk data citra pada gambar 11 sampai gambar 15.

Tabel 1. Waktu pengiriman dan Ukuran File.

Waktu Pengiriman (ms)	Ukuran File (KB)	Keterangan
3,1	1,93	Citra Gambar 11
9,7	4,04	Citra Gambar 12
11,0	4,66	Citra Gambar 13
12,4	3,83	Citra Gambar 14
4.1	3,99	Citra Gambar 15

Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan, realisasi, dan pengujian pada penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Data citra dengan format JPEG mengalami proses kompresi sehingga ukuran datanya lebih kecil dibandingkan dengan data aslinya, sehingga akan mempersingkat waktu pengiriman.
2. Sensor akselerometer H48C dapat bekerja dengan baik dan dapat merespon gaya yang diterimanya dengan baik pada ke tiga sumbu: X, Y, dan Z.
3. Sensor SHT10 dapat bekerja dengan baik pada range temperatur 24°C – 50°C. Proses pengambilan data temperatur sebaiknya diberikan waktu jeda untuk menghindari terjadinya panas internal pada sensor.
4. Untuk membangun komunikasi *point-to-point* diperlukan alamat XBee tujuan sehingga data yang dikirim lebih *reliable*.
5. Fitur pada unit *ground segment* dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memanfaatkan fitur-fitur yang tersedia pada compiler C Sharp dan IDE.
6. Untuk meningkatkan coverage area dapat digunakan pesawat radio XBee Pro dan penambahan antena dengan gain yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- [1]. LAPAN. *Panduan Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) 2013*. Buku Panduan KOMURINDO 2013.
- [2]. Faludi, Robert. 2011. *Building Wireless Sensor Networks*. O'Reilly Media.
- [3]. Withamana, Acta. 2009. Rancang Bangun Perekam Data Kelembaban Relatif dan Suhu Udara Berbasis Mikrokontroler. Laporan Skripsi, Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- [4]. JPEG. Wikipedia, ensiklopedia bebas. <http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG>. Diakses tanggal 26 Februari 2013.

- [5]. Iwan. Pengukuran Kemiringan Menggunakan *Accelerometer* MMA7260 dengan Codevision AVR Terkalibrasi [.http://elektrokontrol.blogspot.com/2011/06/pengukuran-kemiringan menggunakan html](http://elektrokontrol.blogspot.com/2011/06/pengukuran-kemiringan-menggunakan-html). Diakses tanggal 12 April 2013
- [6]. Datasheet Atmega16, Atmel.
- [7]. Datasheet ZM 0.3 Mp.
- [8]. Datasheet Xbee 802.15.4
- [9]. D atasheet SHT1X.
- [10]. Datasheet accelerometer H48C.