

RANCANG-BANGUN SISTEM FLIGHT-RECORDER SEDERHANA UNTUK PELUNCURAN ROKET

Wahyu Widada
Penceliti Bidang Kendali, Tekwagan, LAPAN

ABSTRACT

In the rocket launch campaign, the telemetry system is very important system in order to send various data from the sensor to the base-station. However the signal of telemetry is not usually in good condition, and the data is very difficult to analyze. In this paper described the method to backup the sensor data by use of flight-recorder. It was very useful if the recovery of payload was successful, and the data flight can be analyze. The system used 2-wire serial eeprom with 131.071 byte of memory and 6 input for analog channels. The speed recording was 10 rns or 100 data per second

ABSTRAK

Pada setiap peluncuran roket memerlukan sistem telemetri *payload* untuk mengjrim data-data sensor ke stasiun penerima. Akan tetapi kadang data yang terkirim udak bagus, karena kualitas signal telemetri yang kurang sempurna. Sehingga data *payload* tersebut sulit untuk dapat dianalisa. Untuk menyimpan data sebagai *backup*, dalam tulisan ini menjelaskan pembuatan alat perekam (*flight recorder*) data untuk sensor *payload* tersebut. Sehingga apabila sistem recoveri berhasil, data yang dapat diambil dan dianalisa lebih akurat. Sistem ini menggunakan 2-wire serial eeprom berkapasitas 131.072 byte dengan input dapat berupa digital maupun analog 6 kanal. Kecepatan maksimal penyimpanan adalah 10 ms atau 100 data tiap detik

1 PENDAHULUAN

Pengembangan *payload* pengindra dinamik roket terus ditingkatkan untuk menganalisa *performance* roket. Terutama pada sub-sistem telemetri, yang selama ini masih merupakan kendala utama dalam pengiriman data ke stasiun pengamat. Sebagai *backup* data, seperti pesawat terbang yang juga mempunyai perekam data yang dinamakan kotak-hitam, maka dalam setiap peluncuran roket juga sangat perlu dilengkapi sebuah *flight-recorder* yang dapat menyimpan data-data yang dibutuhkan untuk analisa terbang roket.^{1*} Data tersebut dapat berupa data GPS, accelerometer, gyroscope, temperature, tekanan, dan lain-lain. Terutama data accelerometer dan gyroscope, sangat diperlukan data secara kontinyu untuk keperluan proses selanjutnya seperti perhitungan kecepatan, dan posisi, untuk memperoleh data translasi dan rotasi. Memori data dapat

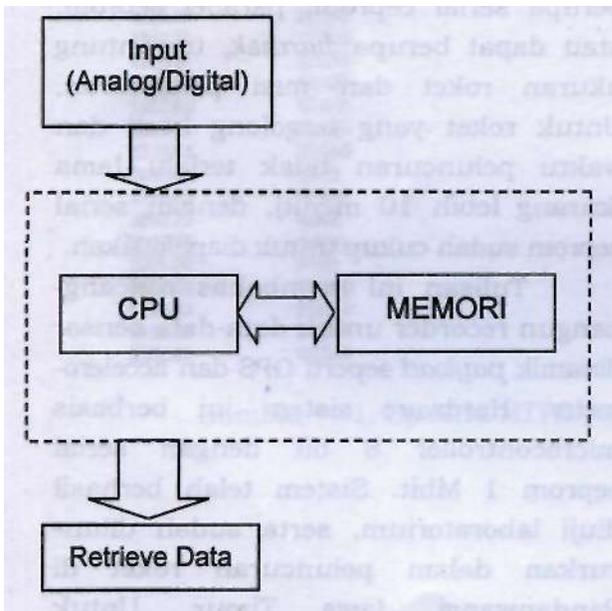
berupa serial eeprom, parallel eeprom, atau dapat berupa *hardisk*, tergantung ukuran roket dan misi peluncuran. Untuk roket yang tergolong kecil dan waktu peluncuran tidak terlalu lama (kurang lebih 10 menit), dengan serial eeprom sudah cukup untuk diaplikasikan.

Tulisan ini membahas rancang-bangun recorder untuk data-data sensor dinamik *payload* seperti GPS dan accelerometer. Hardware sistem ini berbasis microcontroller 8 bit dengan serial eeprom 1 Mbit. Sistem telah berhasil diuji laboratorium, serta sudah diluncurkan dalam peluncuran roket di Pandanwangi Jawa Timur. Untuk merekam data GPS memerlukan 36 byte memori setiap detik, sehingga mampu menyimpan sampai kira-kira satu jam. Untuk menyimpan data accelerometer 100 data/detik mampu dalam waktu 21 menit, sehingga sistem ini cukup untuk misi peluncuran roket hingga selesai.

2 RAN CAN G BANGUN SISTEM

2.1 Sistem Perangkat Keras

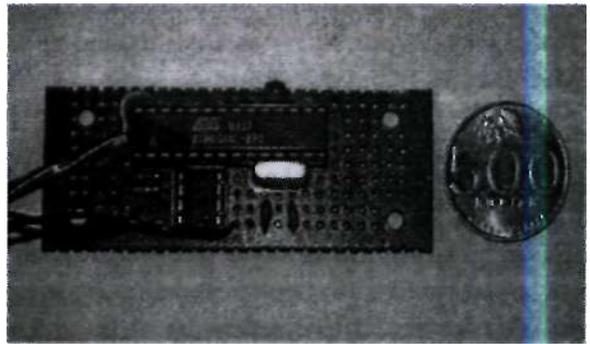
Konfigurasi *hardware flight-recorder* untuk sensor gerak dinamik sebuah roket adalah seperti pada Gambar 2-1. Sistem ini terdiri dari CPU pemroses data dan memori untuk menyimpan. CPU dapat mengambil data, menyimpan, dan dapat pula mengirim ke sebuah computer melalui serial kabel setelah dilakukan *recovery*. CPU menggunakan *microcontroller* 8-bit RISC (clock 3686400 Hz) dengan spesifikasi seperti pada Table 2-1 di bawah. Memori menggunakan *2-wire* serial eeprom dengan kapasitas 1Mbit dengan kecepatan maksimal penulisan 10 ms.²) Memori ini dapat tambah secara seri maksimal 2 buah (2 Mbit), juga tergantung jenis memori yang dipakai. Kecepatan transfer *download* 9600 kbps, disesuaikan dengan kecepatan baca pada eeprom. Input data dapat berupa analog (0-5V) 6 kanal dan 14 kanal digital input yang cukup untuk memproses beberapa sensor *payload* yang dipasang.



Gambar 2-1: Skema sistem konfigurasi hardware flight-recorder

Prototype hardware yang telah dibuat terlihat pada Gambar 2-2. Ukuran dimensi lebar kira-kira sebesar

koin 500 rupiah dengan panjang tiga kalinya.

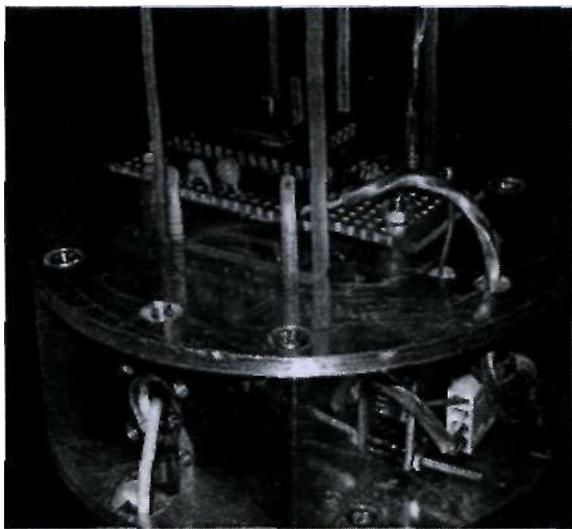


Gambar 2-2: Prototype *hardware flight-recorder*, dengan ukuran yang cukup kecil (CPU AT90 S4433, EEPROM AT24C1024)

Tabel 2-1: CONTOH BAHAN SISTEM FLIGHT-RECORDER

Bahan	Type
CPU (Microcontroller)	ATMEL, AT90S4433, 6 kanal ADC 10
EEPROM (Memori)	ATMEL, AT24C1024 (1 Mbit)

Pemasangan data recorder pada sistem *payload*. Secara parallel, output dari *accelerometer* dihubungkan ke recorder. Power supply +5 V diambil dari CPU untuk telemetri karena konsumsi daya yang dibutuhkan relatif kecil, sehingga lebih sederhana dalam pemasangan. Konsumsi arus untuk eeprom adalah maximal 5 mA, untuk CPU adalah 3.4 mA, sehingga total arus yang diperlukan adalah kurang dari 10 mA. Misalnya, untuk aplikasi mini data logger dengan menggunakan baterai alkaline 9 V, 2300 mAh dapat digunakan kira-kira 9 hari secara terus menerus. Untuk aplikasi GPS-logger, arus yang diperlukan adalah sekitar 250 mA dengan lama waktu kira-kira 6 jam pemakaian.



Gambar 2-3: Gambar hardware flight-recorder dipasang pada payload roket diameter 10 cm

sehingga tiap detik pengambilan data dapat merekam selama 33 menit.

$$STime = \frac{131.072}{65} = 2.016 \dots\dots\dots (2-1)$$

\$GPGGA,015916.47,4034.7763,N,07836.4254,W,1,05,2.4,00584,M,,,*3B

Gambar 2-5: Contoh data GPS format GPGGA.

Untuk menghemat kapasitas memori, maka data GPS tersebut dipilih yang diperlukan saja. Sehingga data yang akan disimpan adalah dengan format seperti pada Gambar 2-6, yang terdiri dari waktu, lintang, bujur, dan ketinggian dengan jumlah total 36 byte menjadi setengahnya, serta lama penyimpanan kira-kira 1 jam.

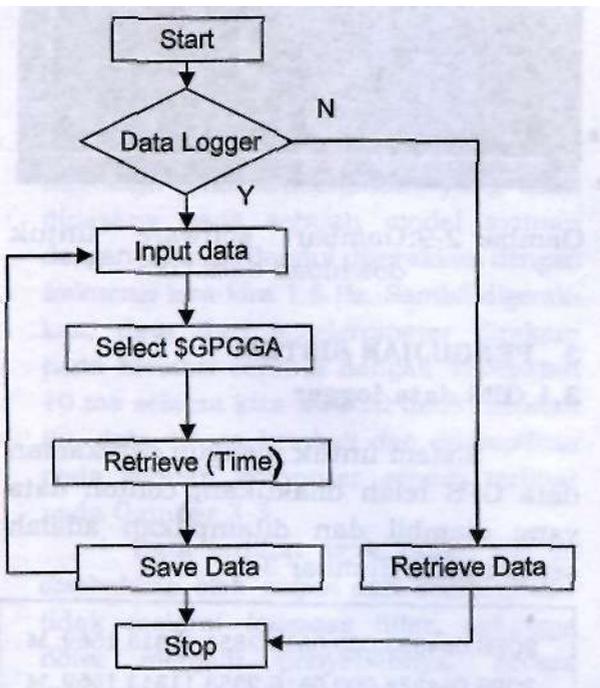
\$GPS,015916.47,4034.7764,07836.4245,00584,M

Gambar 2-6: Contoh format data GPS yang disimpan dalam eeprom.

2.2 Sistem Perangkat Lunak

2.2.1 GPS flight-recorder

Data GPS yang sering disebut dengan format NMEA terdiri dari format GPRMC, GPGGA dan lain-lain. Secara umum algoritma penyimpanan data seperti Gambar 2-4.



Gambar 2-4: Skema algoritma GPS data logger.

Contoh data dengan format GPGGA adalah seperti pada Gambar 2-5, yang terdiri dari data waktu, posisi, ketinggian, dan lain-lain. Besar data adalah 65 byte,

Grafik hubungan antara jeda waktu penyimpanan dan lama waktu pakai adalah pada Gambar 2-7. Terlihat antara detik dan jam antara keduanya berhubungan linear.

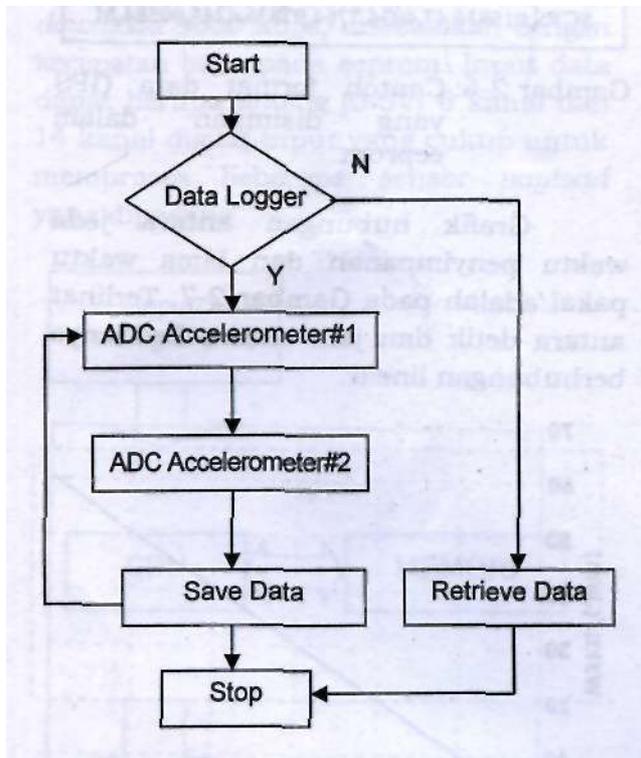


Gambar 2-7: Hubungan antara jeda waktu simpan dengan lama waktu untuk menyimpan data GPS.

2.2.2 Accelerometer data recorder

Data accelerometer yang akan direkam adalah 2-axis, dengan kecepatan 100 data tiap detik, sehingga masing-

masing sumbu memperoleh alokasi 50 data tiap detik. Data direkam secara bergantian dengan 8 byte, sehingga untuk membaca kembali data dengan alamat urutan ganjil untuk data salah satu sumbu, dan data dengan alamat genap untuk sumbu yang lain. Data dari ADC adalah 10 bit, sementara pemrograman dalam penulisan hanya dapat dalam 8 bit. Data dapat ditulis menjadi 10 bit dengan alokasi data 8 x 2 bit, sehingga untuk menghemat memori dan mempertahankan kecepatan menulis data dirubah menjadi 8 bit dengan membagi 4. Akurasi data sedikit menurun terutama pada nilai yang tak habis dibagi 4, maksimal penurunan akurasi data dari 10 ke 8 bit adalah sekitar 1 %. Algoritma penyimpanan data adalah seperti pada Gambar 2-8.

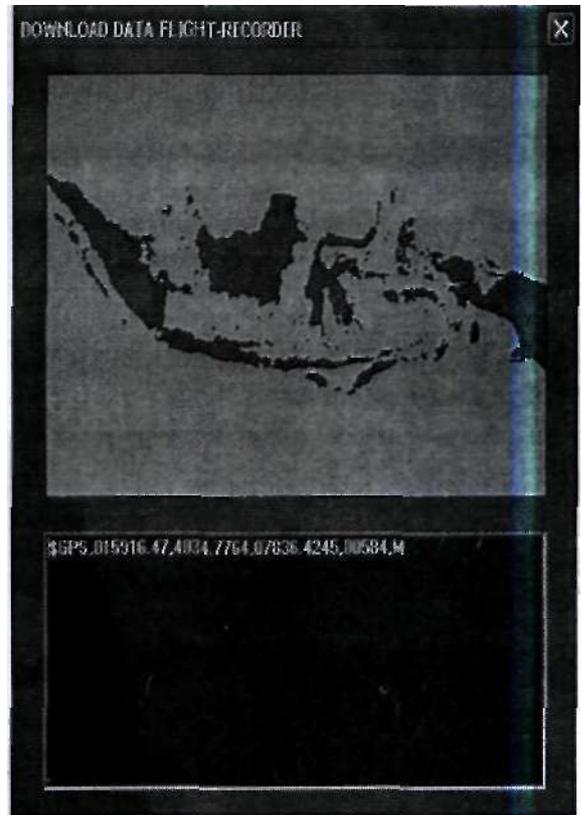


Gambar 2-8: Skema algoritma data logger *accelerometer*

2.2.3 Software download data

Software download data adalah seperti pada Gambar 2-9. Dalam contoh ini adalah data GPS, yang dapat secara langsung ditampilkan data posisi pada sebuah peta digital. Kecepatan transfer data dapat dirubah sampai dengan

115.2 kbps. Akan tetapi karena proses pembacaan data dari eeprom di setting 1 ms, maka dengan kecepatan 9600 bps sudah cukup cepat. Software ini dibuat dengan bahasa Visual Basic dengan kombinasi grafik pemetaan secara vektor, sehingga dapat digunakan untuk aplikasi *tracking* secara pasif untuk objek bergerak lainnya.



Gambar 2-9: Gambar software untuk download data GPS

3 PENGUJIAN SISTEM

3.1 GPS data logger

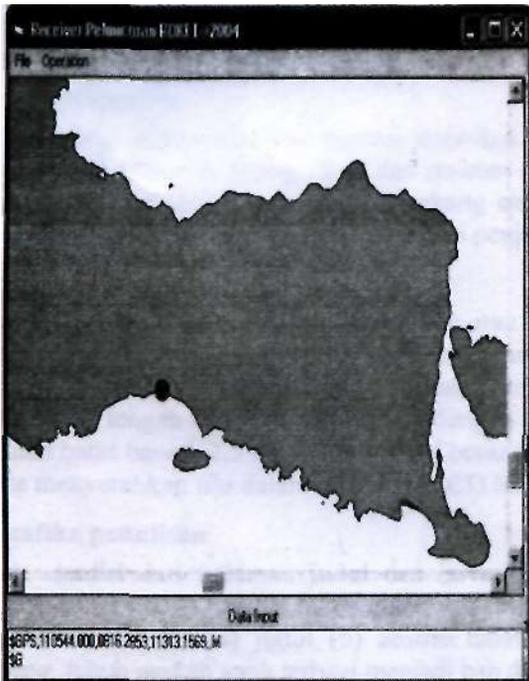
Sistem untuk menguji perekaman data GPS telah dilakukan, contoh data yang diambil dan ditampilkan adalah seperti pada Gambar 3-1.

```

$GPS,064333.000,0816.2853,11313.1569,,M
$GPS,064334.000,0816.2853,11313.1569,,M
$GPS,064335.000,0816.2853,11313.1569,,M
$GPS,064336.000,0816.2853,11313.1569,,M
$GPS,064337.000,0816.2853,11313.1569,,M
  
```

Gambar 3-1: Contoh rekonstruksi data GPS

Data rekonstruksi data GPS ditampilkan seperti pada Gambar 3-2. Posisi dalam percobaan adalah sewaktu mengadakan peluncuran roket di Pandanwangi Jawa Timur. Terlihat titik posisi pada *base-station* peluncuran.

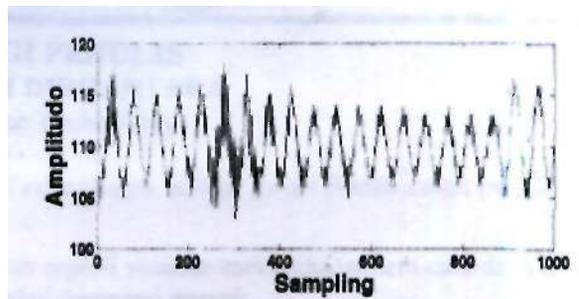


Gambar 3-2: Contoh rekonstruksi data GPS dalam 2D visual grafik.

3.2 Accelerometer Data Logger

Sistem ini juga telah diuji dengan merekam data *accelerometer* yang telah dipasang pada sebuah model ayunan dengan bandul. Bandul digerakkan dengan frekuensi kira-kira 1.5 Hz. Sambil digerakkan, data dari *accelerometer* direkam pada memori eeprom dengan kecepatan 10 ms selama kira-kira 10 detik. Setelah itu, data dibaca kembali dan ditampilkan pada sebuah komputer seperti terlihat pada Gambar 3-3.

Data terlihat agak kasar, hal ini disebabkan oleh *output* dari *accelerometer* tidak melalui *lowpass* filter, sehingga noise menjadi penyebabnya. Secara umum fenomena sinusoidal dengan frekuensi kira-kira 1.5 Hz dapat direkonstruksi dengan baik setelah data direkam terlebih dahulu.



Gambar 3-3: Rekonstruksi data gerak pendulum dari *accelerometer*

Sehingga apabila data rekorder ini dipasang untuk merekam data *accelerometer* pada roket, dapat merekam amplitudo dari vibrasi yang timbul, walaupun hanya mampu mendeteksi frekuensi rendah (max 50 Hz). Untuk memperoleh data amplitudo yang lebih akurat adalah dengan menghitung dan mengambil nilai maksimal dan minimal terlebih dahulu dari *sampling* pada ADC, kemudian hasil tersebut yang disimpan.

4 KESIMPULAN

Prototype flight-recorder telah dibuat untuk peluncuran roket dengan input data berupa data GPS dan *accelerometer*. *Hardware* mempunyai dimensi yang cukup kecil sehingga mudah untuk ditempatkan pada roket yang berukuran kecil. Kapasitas penyimpanan 1 Mbit yang cukup untuk menyimpan data sampai misi peluncuran berakhir.

Sistem ini akan lebih baik apabila dibuat dalam PCB dengan dua *layer* dengan wilayah *grounding* yang lebih banyak agar *noise* dan *error* yang mungkin timbul menjadi lebih sedikit. Kapasitas memori dapat dikembangkan menjadi 2Mbits untuk merekam lebih banyak data-data untuk analisa *performance* roket secara lebih lengkap.

DAFTAR RUJUKAN

- <http://home.iae.n1/users/aed/rdas/#ocket Data-Acquisition System R-DAS website.>
- [www.atmel.com, data sheet microcontroller ATMEL 90S4433.pdf](http://www.atmel.com/data sheet microcontroller ATMEL 90S4433.pdf)
- [www.atmel.com, data sheet serial EEPROM ATMEL AT24C1024.pdf.](http://www.atmel.com/data sheet serial EEPROM ATMEL AT24C1024.pdf)