

Desain dan Implementasi *On-Board Computer/ On-Board Data Handling* (OBDH) pada UGM-SAT

Bakhtiar Alldino Ardi Sumbodo*¹, Agfianto Eko Putra²

^{1,2}Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *¹b.alldino.as@ugm.ac.id, ²agfi@ugm.ac.id

Abstrak

Telah berhasil dibuat model teknik subsistem OBDH dari UGM-SAT. Subsistem OBDH bertugas untuk mengendalikan pertukaran data dan komunikasi antara OBDH dengan subsistem lain. Pengendali utama dari OBDH menggunakan mikrokontroler PIC16F877A dengan frekuensi clock 20 Mhz. OBDH dilengkapi dengan empat buah eksternal EEPROM tipe 24LC256, digunakan untuk menyimpan data housekeeping satelit. Sub sistem OBDH dilengkapi dengan tiga buah sensor yaitu sensor arus ACS712ELCTR-05B-T, sensor tegangan dan sensor suhu LM355Z. Akurasi pengukuran ketiga sensor tersebut yaitu lebih dari 99%. Sub sistem OBDH dilengkapi dengan IC Real Time Clock (RTC) DS3232M dengan internal clock 32,768 KHz, digunakan untuk menyesuaikan waktu antara OBDH dengan subsistem lainnya.

Pemilihan komponen pada subsistem OBDH diharuskan memenuhi kriteria yaitu berstandar industri, berukuran kecil dan memiliki tingkat konsumsi listrik rendah. Desain OBDH dirancang agar sistem dapat beroperasi pada kondisi lingkungan yang ekstrim. Komunikasi antara OBDH dengan subsistem lain menggunakan standar komunikasi I2C. Protokol komunikasi data antar subsistem dirancang dengan mengimplementasikan algoritma kode Hamming(8,4), untuk mencegah kesalahan penulisan data housekeeping pada EEPROM eksternal, yang disebabkan oleh radiasi. Kecepatan deteksi dan koreksi kesalahan pada data telemetri dengan algoritma kode Hamming(8,4) yaitu 1.800 byte/s. Model teknik OBDH dari UGM-SAT telah memenuhi spesifikasi standar dari misi satelit dan siap untuk dilakukan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak lebih lanjut.

Kata kunci—OBC/OBDH, algoritma kode Hamming(8,4), deteksi dan koreksi data, I2C

Abstract

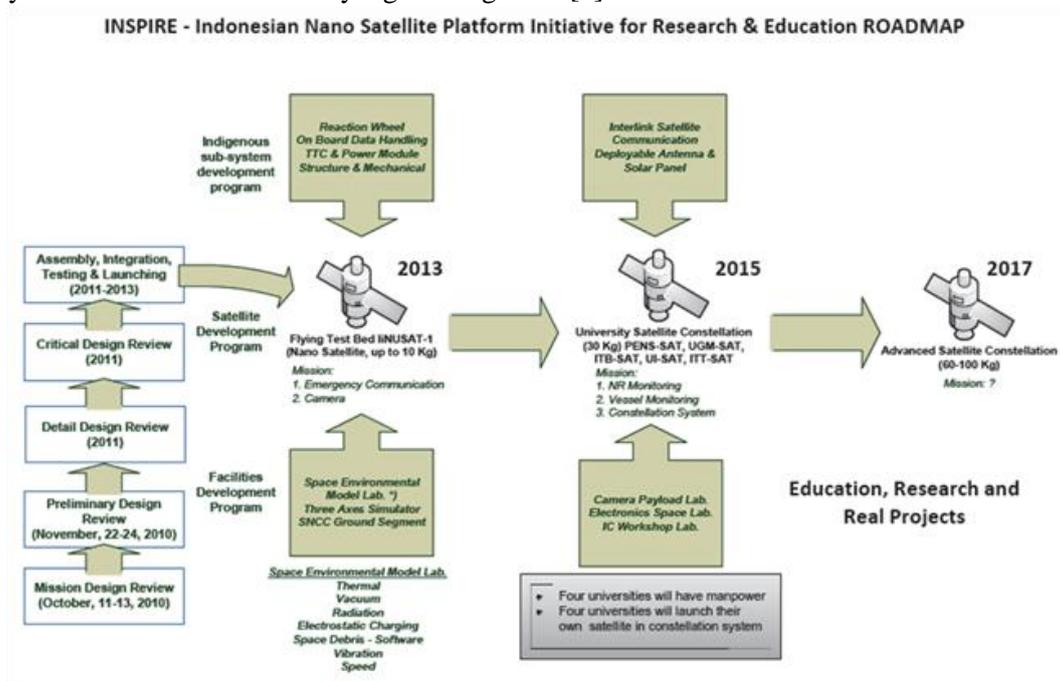
The engineering model of OBDH for UGM-SAT was designed to control data handling program and to interface the satellite subsystems to OBDH. The OBDH's based on the Microchip microcontroller PIC16F877A with 20 Mhz clock speed. The system's equipped with four external 24LC512 EEPROM's with a storage capacity of 256 kB. The external memories're used to store housekeeping information. The system's equipped with a ACS712ELCTR-05B-T current sensor, voltage sensor and LM335Z temperature sensor. The accuracy of the measurements're more than 99%. The system's also equipped with IC Real Time Clock (RTC) DS3232M with an internal clock of 32.768 Hz, which's used to synchronize the time between OBDH with other subsystems.

The components of OBDH was chosen with industrial standards, small packages and low power. OBDH's designed to operate in environments with extreme temperature conditions. The communication with other subsystems was designed to use I2C-bus. Protocol data for communication between the satellite subsystems have been designed. A HammingCode(8,4) algorithm has been implemented to protect housekeeping information from being corrupted due to radiation. Error detection and correction speed is 1.800 byte/s. The engineering model of OBDH for UGM-SAT have met the standard specifications, and ready for further testing hardware and software.

Keywords—OBC/OBDH, Hamming Code(8,4) algorithm, error detection and correction, I2C

1. PENDAHULUAN

Konsorsium INSPIRE (*Indonesian Nano-Satellite Platform Initiative for Research & Education*) dibentuk mengingat negara Indonesia sudah cukup tertinggal oleh negara-negara maju lainnya dalam bidang teknologi satelit, padahal platform teknologi ini dapat menunjang sektor lain seperti telekomunikasi, navigasi, kelautan, lingkungan hidup, eksplorasi sumber daya alam, serta peringatan dini bencana. Konsorsium INSPIRE adalah suatu inisiatif proyek nir-laba yang bertujuan untuk membangun & mengembangkan platform teknologi satelit (satelit-nano khususnya) di kalangan perguruan tinggi di Indonesia, dengan menempatkan mahasiswa sebagai motor/penggerak utamanya. Dengan adanya konsorsium INSPIRE ini diharapkan dapat menggalang serta memberikan media alih pengetahuan dan keterampilan serta menumbuh-kembangkan minat untuk mengembangkan teknologi satelit (khususnya satelit-nano) di kalangan mahasiswa, dengan perguruan tinggi sebagai wadah dari pusat kegiatan proyek satelit-nano mahasiswa yang bersangkutan [1].



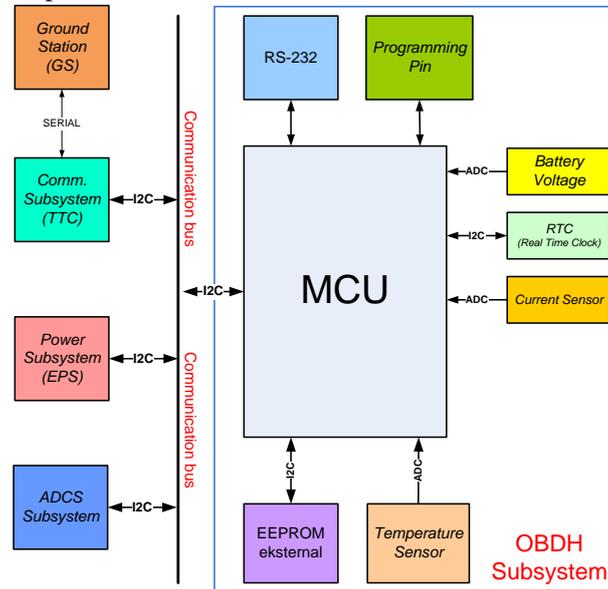
Gambar 1 Roadmap program INSPIRE [1]

Dalam konsorsium INSPIRE sesuai dengan roadmap pada Gambar 1, tim UGM mendapat tugas untuk mendesain OBDH pada iNUSAT-1. Selanjutnya untuk mewujudkan satelit-nano sendiri dimana Universitas Gadjah Mada dengan UGM-Sat pada tahun 2015, maka perlu dibuat desain dan implementasi On-Board Computer / On-Board Data Handling (OBC / OBDH) pada UGM-Sat. Dimana OBC / OBDH ini merupakan subsistem utama yang bertugas untuk mengontrol keseluruhan subsistem dan menangani komunikasi antar subsistem pada satelit-nano, serta konstelasi antar satelit-nano anggota konsorsium INSPIRE.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Fungsional Sistem

Diagram fungsional susunan subsistem OBDH secara umum terhadap sistem satelit secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Fungsional subsistem pada UGM-Sat

Berdasarkan diagram fungsional *Gambar 2*, spesifikasi kebutuhan UGM-Sat yaitu sebagai berikut :

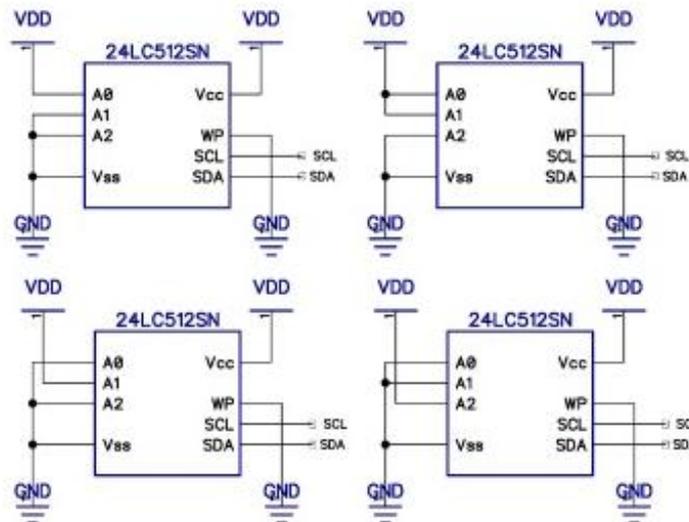
- a. *Attitude and Control Determination Sub-system (ADCS)*
Subsistem ini bertugas untuk mengendalikan posisi satelit, selain itu subsistem ini bertugas untuk mengetahui posisi satelit sudah berada di atas wilayah Indonesia atau tidak.
- b. *Telemetry and Telecommand Sub-system (TTC)*
Subsistem ini bertugas untuk mengirimkan data housekeeping dari satelit, dan bertugas untuk menerima data perintah yang dikirimkan oleh Ground Station ke satelit.
- c. *Electronic Power Sub-system (EPS)*
Subsistem ini bertugas untuk memberikan catu daya pada satelit. Sumber listrik yang digunakan EPS yaitu dari solar panel. Listrik yang dihasilkan oleh solar panel akan didistribusikan ke seluruh subsistem dan disimpan dalam baterai. Data pendistribusian listrik untuk satelit yang berupa data sensor arus dan tegangan serta suhu subsistem ini akan dikirimkan ke OBDH.
- d. *On-Board Data Handling Sub-system (OBDH)*
Sub-system ini merupakan sub-system pengendali utama dari satelit UGM-Sat. Tugas dari subsistem ini untuk mengatur komunikasi antar sub-system dan mengendalikan subsistem yang lain. Data housekeeping yang dikirim oleh masing-masing subsistem ke OBDH akan diproses OBDH untuk dikirim ke Ground Station melalui TTC.

2.2 Perancangan Perangkat Keras OBC/OBDH

Perancangan terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan skematik rangkaian elektronik dan desain Print Circuit Board (PCB). Pembuatan skematik rangkaian ini berhubungan erat dengan skema rangkaian komponen elektronik yang dibutuhkan oleh OBDH agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Sedangkan pembuatan PCB berhubungan dengan pengaturan tata letak komponen elektronika yang digunakan dan wiring antar komponen pada PCB.

2.2.4 Rangkaian EEPROM eksternal

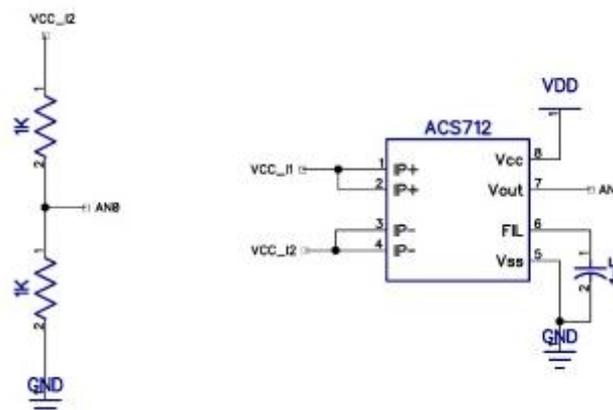
Rangkaian EEPROM pada subsistem OBDH ini ditunjukkan Gambar 6. EEPROM yang digunakan pada subsistem OBDH ini menggunakan 4 buah IC 24LC512. Kapasitas total EEPROM yang digunakan yaitu 4 x 64 kB, atau sebesar 256 kB. Alamat *Slaveaddress* EEPROM yang digunakan pada subsistem OBDH sesuai dengan Gambar yaitu 0xA2, 0xA4, 0xA6, dan 0xA8.



Gambar 6 Rangkaian EEPROM Eksternal

2.2.5 Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan

Rangkaian sensor arus dan tegangan pada subsistem OBDH ditunjukkan pada Gambar 7. Kedua sensor ini digunakan untuk memonitoring tegangan dan arus yang masuk pada subsistem OBDH. Untuk sensor tegangan hanya menggunakan rangkaian pembagi tegangan, sedangkan sensor arus yang digunakan yaitu ACS712ELCTR-05B-T. Sensor arus ACS712ELCTR-05B-T mampu mengukur arus sampai dengan 5 ampere. Sensivitas keluaran dari sensor arus ini yaitu 185 mV/A.

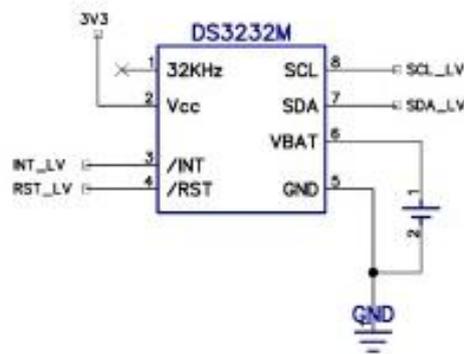


Gambar 7 Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan

2.2.7 Rangkaian RTC

Rangkaian real time *clock* (RTC) pada subsistem OBDH ini ditunjukkan oleh Gambar 8. Rangkaian ini ditunjukkan untuk memberi pewaktuan saat sistem sedang melakukan data logging/akuisisi data *housekeeping* semua subsistem pada UGM-SAT. IC RTC DS3232M ini

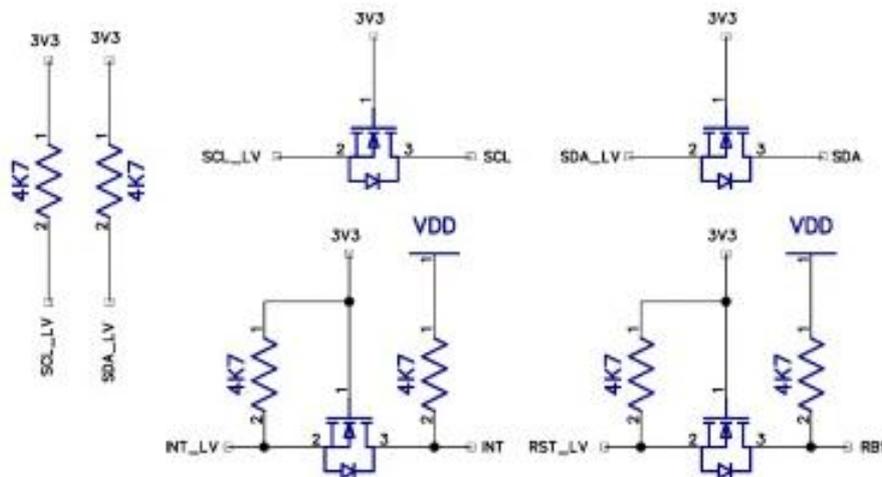
diakses dengan menggunakan komunikasi I2C. Konfigurasi alamat *Slave* yang digunakan yaitu 0xD0.



Gambar 8 Rangkaian *Real Time Clock* (RTC)

2.2.8 Rangkaian *Logic Level Converter*

Rangkaian pada Gambar 9 berfungsi untuk mengonversi level tegangan 5 volt dari MCU ke level tegangan 3,3 volt pada DS3232M.



Gambar 9 Rangkaian *Logic Level Converter*

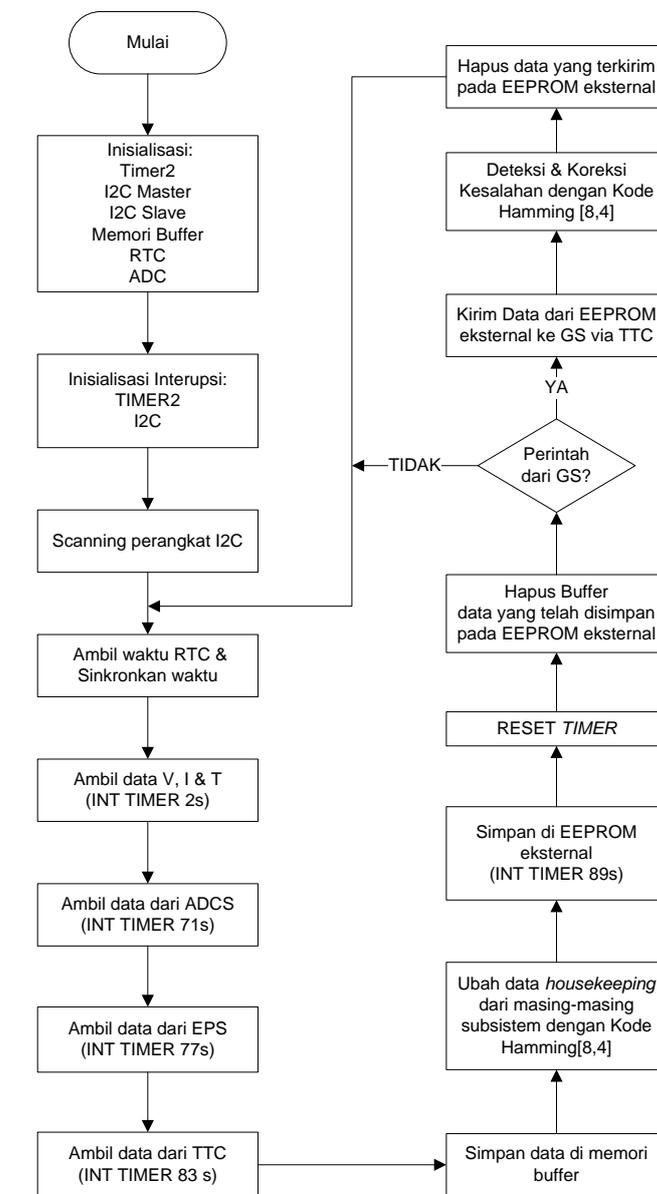
2.3 Perancangan Perangkat Lunak OBDH

Perancangan perangkat lunak OBDH mengikuti fungsi dari OBDH yaitu untuk memproses akuisisi data telemetri atau data *housekeeping* dari masing-masing subsistem pada satelit. Diagram alir program utama dari OBDH ditunjukkan Gambar 10. Pada Gambar 10, inisialisasi OBDH dimaksudkan untuk menginisialisasi PIC16F877A, sumber *clock* yang digunakan, konfigurasi komunikasi I²C, Timer2, RTC, ADC dan interupsi yang digunakan seperti interupsi timer dan interupsi I²C. Proses selanjutnya yaitu OBDH akan melakukan *scanning* perangkat yang menggunakan jalur komunikasi I2C. Sinkronisasi timer dimaksudkan untuk mensinkronkan pewaktuan dari RTC yang terdapat pada OBDH dengan pewaktuan pada masing-masing subsistem saat akuisisi data *housekeeping* dari masing-masing subsistem. Sinkronisasi waktu antar subsistem ini dilakukan dengan menggunakan komunikasi I2C [2].

OBDH dalam hal ini bertindak sebagai *Master*, sedangkan subsistem lain bertindak sebagai *Slave*. Data *housekeeping* yang diminta oleh OBDH akan dikirimkan oleh masing-masing subsistem. Pengiriman data ini berdasarkan sinkronisasi waktu yang telah ditetapkan. Data sensor *housekeeping* yang diakuisisi pada subsistem OBDH yaitu tegangan, arus dan suhu. Data sensor tersebut berupa nilai ADC 8 bit. Proses akuisisi data menggunakan

fitur interupsi Timer2 dengan periode 2 sekon. OBDH memerintahkan subsistem lain untuk mengirimkan data *housekeeping* dari masing-masing subsistem, dengan pewaktuan dari interupsi Timer2 yaitu 71 sekon untuk ADCS, 77 sekon untuk EPS, dan 83 sekon untuk TTC. Perancangan pewaktuan ini dimaksudkan untuk menghindari tabrakan data pada jalur komunikasi I2C yang digunakan.

Data *housekeeping* dari masing-masing subsistem akan dikirimkan ke OBDH, dan disimpan sementara di *buffer* EEPROM internal MCU. Pada detik ke-89 setelah waktu sinkronisasi, data yang disimpan pada EEPROM internal akan dipindahkan ke EEPROM eksternal. Pada saat proses penyimpanan di EEPROM eksternal, data *housekeeping* melewati proses kode Hamming(8,4). Proses kode Hamming ini dimaksudkan agar data yang tersimpan di EEPROM memiliki kemampuan untuk mengoreksi dirinya sendiri bila terjadi kesalahan pada salah satu bit saat pengiriman data.

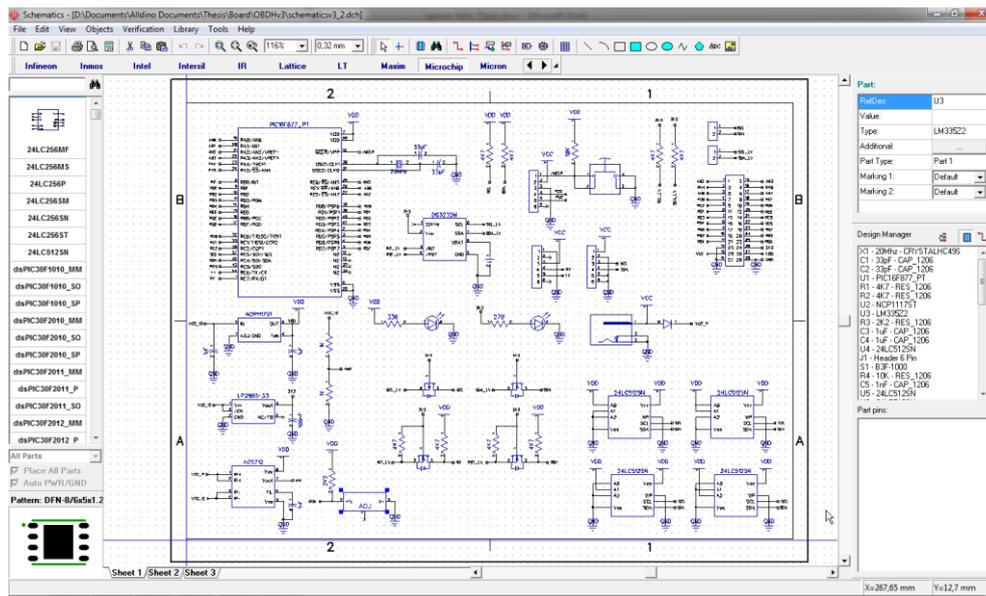


Gambar10 Diagram alir program utama subsistem OBDH

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Model Teknik OBC/OBDH

Desain PCB OBDH dibuat melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama yaitu membuat rangkaian skematik dari komponen-komponen elektronik penyusun OBDH. Tahapan kedua yaitu membuat PCB *layout*, dengan cara menempatkan masing-masing komponen elektronik di dalam dimensi PCB yang telah ditetapkan (*part placement*). Tahap ketiga yaitu membuat jalur elektronik penghubung antar komponen elektronik (*routing*). Tahap selanjutnya, PCB siap dicetak dan komponen elektronik penyusun OBDH siap di-solder.



Gambar 11 Rangkaian Skematik OBDH

Rangkaian skematik dari komponen penyusunan OBDH ditunjukkan pada Gambar 11. Menurut [3], dalam pembuatan desain PCB perlu memenuhi beberapa kriteria tertentu agar dapat diproses ditahap selanjutnya. Kriteria-kriteria tersebut diantaranya jarak antara jalur dengan jalur, jalur dengan landasan komponen, lubang dengan lubang, serta ketentuan lainnya yang perlu diketahui dalam perancangan PCB. Kriteria tersebut didasarkan pada batasan kemampuan mesin cetak PCB (*Design for Manufacturability*).

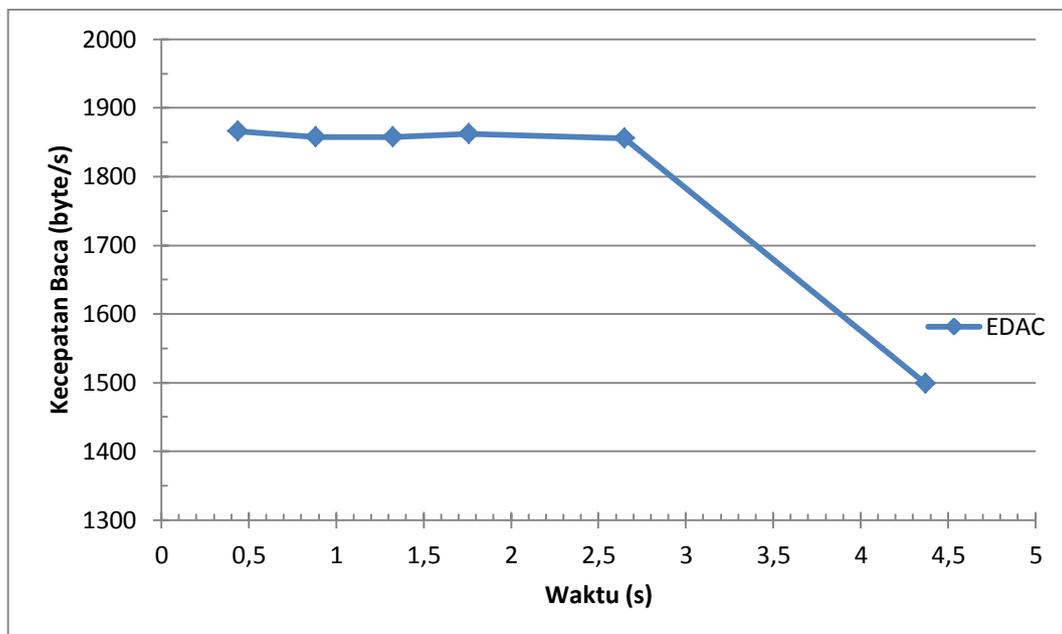
Bahan PCB yang digunakan untuk model teknik OBDH yaitu FR-4. FR-4 adalah bahan yang terbuat dari *fiberglass* berlapis dengan jenis *resin epoxy*. Bahan ini memiliki daya tahan fisik cukup baik dan biasa digunakan pada teknologi tinggi seperti peralatan luar angkasa, telekomunikasi, komputer, peralatan kontrol industri dan elektronik otomotif. Suhu operasi maksimum 130°C dengan Tg (*Glass Transition*) berkisar 115 – 125°C. Memenuhi standar UL 94V0, BSI, CSA dan VDE.

Bahan FR-4 yang digunakan pada PCB model teknik OBDH ini dilengkapi dengan Plating ThruHole (PTH). PTH digunakan untuk menyambungkan antara *top layer* dengan *bottom layer*, melalui lubang kaki komponen atau *via* yang diberi lapisan tembaga, sehingga jalur masing-masing layer tersebut terhubung dengan baik. Lapisan tembaga tersebut dibentuk dengan bantuan *electro-plating* dengan ketebalan tembaga kurang lebih 25µm untuk satu sisi.

Tabel 1 Hasil pengujian koreksi kesalahan

No	Jumlah Kesalahan Data	Waktu (s)
1	819	0,439
2	1638	0,882
3	2458	1,323
4	3277	1,76
5	4915	2,648
6	6554	4,373

Jumlah kesalahan divariasikan antara 800 sampai dengan 7.000 dengan menggunakan *random error*. Data jumlah kesalahan data dan waktu yang didapat digunakan untuk menentukan kecepatan deteksi dan koreksi data. Grafik hubungan kecepatan koreksi kesalahan dan deteksi data terhadap waktu ditunjukkan Gambar 13.



Gambar 13 Grafik hubungan kecepatan deteksi kesalahan dan koreksi data terhadap waktu

Kecepatan deteksi kesalahan dan koreksi data seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13 menunjukkan bahwa bila jumlah kesalahan melebihi 5 kB data, maka kecepatan deteksi kesalahan dan koreksi data akan menurun. Kecepatan deteksi dan koreksi untuk data dibawah 5 kB yaitu 1.860 byte/detik, sedangkan kecepatan rata-rata pada pengujian ini yaitu 1.800 byte/detik. Menurunnya performa tersebut disebabkan oleh keterbatasan SRAM yang dimiliki PIC16F877A. Dengan demikian untuk mendapatkan kecepatan yang ideal pada proses deteksi dan koreksi kesalahan data, maka perlu dilakukan pembatasan jumlah pembacaan data pada proses deteksi dan koreksi kesalahan. Jumlah pembacaan data untuk proses deteksi dan koreksi kesalahan yang disarankan yaitu maksimal 5 kB data.

4. KESIMPULAN

Telah dibuat model teknik subsistem OBDH untuk UGM-Sat dengan hasil-hasil:

- a. Implementasi OBDH untuk memproses dan menyimpan data housekeeping satelit dari sensor-sensor yang terdapat di satelit telah berhasil dilakukan.
- b. Kalibrasi sensor suhu, sensor tegangan dan sensor arus pada OBDH telah memenuhi standar alat ukur, dengan tingkat kepresisian pengukuran yaitu 99%.
- c. Pengujian protokol komunikasi I2C pada UGM-SAT antara OBDH sebagai Master dengan subsistem lain sebagai Slave dengan menggunakan MCU yang sama telah berhasil dilakukan.
- d. OBDH pada UGM-SAT dapat memproses dengan baik data telemetri dan telecommand dari subsistem yang lain dengan menggunakan komunikasi I2C.
- e. Implementasi algoritma kode Hamming(8,4) untuk mendeteksi kesalahan dan mengoreksinya pada data telemetri satelit telah berhasil dilakukan.
- f. Kecepatan pembacaan dan penulisan data telemetri satelit pada EEPROM eksternal 24LC512 yang terdapat pada subsistem OBDH untuk UGM-SAT yaitu 7.855 byte/s dan 242 byte/s.
- g. Kecepatan deteksi dan koreksi kesalahan data telemetri (EDAC) pada subsistem OBDH untuk UGM-SAT yaitu 1.800 byte/s.

5. SARAN

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

- a. Pemilihan komponen elektronik dari engineering model OBDH perlu menggunakan komponen yang low power dan space proven.
- b. Model engineering model dari OBDH yang dibuat perlu dikembangkan lagi menjadi flight model untuk dilakukan pengujian seperti uji vibrasi, suhu ekstrim, radiasi dan lainnya.
- c. Perlu ditambahkan lagi eksternal storage seperti eksternal EEPROM secara redundant untuk menyimpan data satelit dengan ukuran yang lebih besar lagi.
- d. Perlu ditambahkan SRAM eksternal untuk meningkatkan performa komputasi model teknik OBDH.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priyambodo, T. K., Putra, A. E., Asvial, M., Poetro, R.E., Hendrantoro, G., Pitowarno, E., Kuswadi, S., and Prabowo, G.S., 2012, Laporan Pelaksanaan Indonesian Inter University Satellite-1 (Inusat-1), Yogyakarta : Koordinator Kegiatan Inusat-1 Universitas Gadjah Mada.
- [2] Philips Semiconductors, 2000, The I2C-Bus Specification Version 2.1, Eindhoven, The Netherlands : NXP Semiconductors Inc.
- [3] Tjandra, Charles, 2011, Penuntun Layanan Pembuatan PCB, tanggal pembaharuan 11 Februari 2011, Bandung : Sumber Elektronik (SELC PCB).

- [4] Haryono, 2009, On Board Data Handling (OBDH) for Small Satellite: Design and Implementation, Visakhapatnam, India : Andhra University.
- [5] Moon, Todd K, 2005, Error Correction Coding, New Jersey: John Wiley & Sons, ISBN 978-0-471-64800-0.