

PERANCANGAN DAN REALISASI OBDH (ON-BOARD DATA HANDLING) REMOTE SENSING PAYLOAD UNTUK APLIKASI NANOSATELIT BERBASIS SISTEM FPGA (FIELD PROGRAMMABLE GATE ARRAY)

Dwi Cahyono¹, Ing. Arifin Nugroho², Dea³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Perkembangan teknologi elektronika dan material selama dekade terakhir ini memberikan berbagai terobosan baru dalam perkembangan dunia ICT (Information and Communication Technology) salah satunya bidang satelit. Saat ini pengembangan satelit secara dimensi dan komponen sudah diminiaturisasi hingga pada level bobot 1 kg. Nanosatelit merupakan kelas satelit dengan bobot kurang dari 10 kg. Salah satu subsistem yang berada dalam komponen nanosatelit adalah remote sensing payload dimana di dalamnya terdapat OBC (On-Board Computer) yang pada penerapannya disebut dengan OBDH (On-Board Data Handling). Keberadaan OBDH pada platform subsistem payload nanosatelit adalah sangat penting, karena untuk melayani proses aliran data dari camera dan ke transmitter. Dalam tugas akhir ini, akan dirancang dan direalisasikan OBDH berbasis FPGA (Field Programmable Gate Array). FPGA memiliki banyak kelebihan dibanding mikrokontroler konvensional yang biasa dipakai. Dalam pengembangan implementasi untuk space technology FPGA tahan terhadap efek radiasi di mekanisme paralel dalam sistem internalnya yang ideal untuk aplikasi space masa depan, higher computational capability, daya konsumsi rendah, ukuran hardware kecil, dan lain-lain. OBDH berbasis FPGA dalam tugas akhir ini dirancang untuk mengatur proses data- data input dalam bit-bit dari kamera ke SDRAM dan data storage ke SDRAM untuk dipersiapkan dikirim ke bagian Ground Segment. Komponen-komponen yang dibutuhkan sebagai informasi proses input output dalam OBDH ini berupa camera TCM 8240, SDRAM internal FPGA board. Komunikasi yang digunakan antara kamera dan FPGA yaitu dengan bus protokol I2C (Inter-IC). FPGA ini akan di kodekan dalam bahasa VHDL. Software yang digunakan dalam desain VHDL adalah XILINX ISE WebPACK, XSTOOLS Utilities. Pengerjaan dan realisasi OBDH dilakukan di laboratorium pendukung seperti Laboratorium Teknik Digital dan Laboratorium Mikroprosesor dan Antarmuka. FPGA yang digunakan adalah XuLA-200A Xilinx Spartan dengan frekuensi kerja maksimum 384 MHz dan kamera digital TCM8240MD 1,3 Megapixels dengan dimensi OBDH hasil realisasi adalah 7.5 x 8.4 x 2.5 cm³ dan konsumsi daya sebesar 513.178 mWatt serta bobot keseluruhan 51.75 gram. Kedepannya, algoritma yang diprogram dengan bahasa VHDL nantinya akan di generate ke dalam ASIC untuk memperkokoh dan mensolidkan gerbang-gerbang logika dalam bahasa VHDL tersebut dalam teknologi space masa depan.

Kata Kunci : FPGA, On-Board Computer/ On Board Data Handling (OBDH), VHDL, Remote Sensing Payload, nanosatelit, kamera.

telkom
University

Abstract

The electronics and materials technology over the past decade provide new breakthroughs in the development of ICT (Information and Communication Technology) field one is on satellite technology. Currently, satellite has been getting development in miniaturizing dimension and components to the level of 1 kg weight. Nanosatellite is a class of satellites less than 10 kg in weight. One of the component subsystems that are in remote sensing payload nanosatellite which is contained within OBC (On-Board Computer) and in the application called OBDH (On Board Data Handling). The presence of the platform OBDH nanosatellite payload subsystem is very important, because to serve the flow of data from the camera and the transmitter. In this project, it will be designed and realized OBDH-based on FPGA (Field Programmable Gate Array). Because FPGA has many advantages over commonly used conventional microcontroller. In the development of space technology implementation for FPGA resistant to radiation effects in a parallel mechanism in the internal system that is ideal for future space applications, higher computational capability, low power consumption, small hardware size, and many others. FPGA-based OBDH in this thesis are designed to set the process and control bits data input from the camera to the SDRAM and to the transmitter output from the SDRAM to be sent to the Ground Segment. Components are required as input the output information in the form of camera payload TCM8240MD, internal SDRAM FPGA board. Communication used between the camera and FPGA with I2C bus protocol (Inter-IC). This FPGA will be encoded in VHDL language. Software used in a VHDL design is WebPack XILINX ISE, ModelSim, XSTOOLS Utilities. The execution and realization was be conducted in the supporters laboratory such as Digital Techniques and Microprocessor and Interfacing Laboratory. FPGA used is a Xilinx Spartan-200A XuLA with a maximum operating frequency of 384 MHz because of its small dimension and low power consumption, and digital camera 1.3 Megapixels TCM 8240MD with the OBDH dimension is 7.5 x 8.4 x 2.5 cm an3 and the power is 513.178 mWatt and the mass total is 51.75 gram. Going forward, the algorithm is programmed with VHDL language will be generated into the ASIC to strengthen and make it solid logic gates in the VHDL language in future space technology.

Keywords : FPGA, Xula-200, On-board Data Handling, VHDL, Remote Sensing Payload, Nanosatellite, Camera.



Telkom
University



1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi satelit begitu cepat akhir-akhir ini. Saat ini IT Telkom sedang mengembangkan satelit nano atau nanosatelit untuk keperluan riset. Nanosatelit merupakan salah satu kelas satelit berukuran kecil dengan bobot kurang dari 10 kg. Orbit yang digunakan dalam nanosatelit merupakan orbit *Sunsynchronous* yang akibatnya masa akses nanosatelit adalah 3 kali sehari sekitar 8 sampai 11 menit . Sehingga kemampuan pengiriman data dari kamera didesain untuk *store and forward* ke Ground Segmen. *Remote Sensing Payload* merupakan salah satu subsistem yang ada dalam nanosatelit. Subsistem *payload* berfungsi untuk memberikan citra yang dapat diolah untuk keperluan seperti *ship monitoring and tracking*, *border monitoring*, *deforestation* dan sebagainya. Salah satu subsistem yang berada dalam komponen nanosatelit adalah *remote sensing payload* dimana di dalamnya terdapat OBC (*On-Board Computer*) yang pada penerapannya disebut dengan *On-Board Data Handling* (OBDH). Keberadaan OBDH pada platform subsistem payload nanosatelit untuk melayani pemrosesan data dari kamera, kontrol kamera, *error correction*, dan pengiriman data *raw* ke transmitter. OBDH adalah salah satu komponen subsistem yang sangat penting dalam sistem nanosatelit yang berfungsi sebagai “otak”nya payload subsistem dalam nanosatelit.

Salah satu masalah dari perancangan nanosatelit adalah *managing* atau pengaturan komunikasi *interface* antara satelit dengan *ground segment* dan status dari subsistem lain serta komunikasi antar bus subsistem. Pada umumnya *On-Board Data Handling* (OBDH) dibuat dengan teknologi mikrokontroler sebagai prosesornya. Namun dalam perkembangannya, FPGA (*Field Programmable Gate Array*) sangat mampu untuk melakukan fungsinya sebagai OBDH. Dalam Tugas Akhir ini, OBDH yang di desain dan direalisasikan akan menggunakan FPGA. *Field Programmable Gate Array* (FPGA) mempunyai kelebihan seperti dikonfigurasi oleh *End User*, tidak memerlukan proses fabrikasi, tersedia solusi yang mendukung *chip customized VLSI*, mampu mengimplementasikan logic circuit, *instant manufacturing*, *very-low cost prototype*, dalam pengembangan implementasi untuk *space technology* FPGA tahan terhadap efek radiasi di mekanisme paralel dalam sistem internalnya yang ideal untuk

aplikasi *space* masa depan, pemrograman yang singkat untuk fungsi dan kemampuan yang setara dengan ASIC, dan lain-lain. Salah satu masalah dari perancangan nanosatelit adalah keterbatasan daya yang timbul akibat dimensi dan bobot dari nanosatelit yang kecil. Daya yang dibutuhkan sebagai power supply adalah maksimal 5,26 watt. Dengan dimensi ruang payload yang didesain adalah 4 cm x 8 cm x 10 cm.

OBDH ini bertanggung jawab untuk mengontrol kamera dan mengatur aliran data bit dari kamera untuk dikirimkan ke transmitter jika data nantinya dibutuhkan, yang telah disimpan dalam memori. Frekuensi operasi FPGA dalam tugas akhir ini mencapai 384 MHz dan protokol I²C serta SPI untuk komunikasi bus pada kamera dan transmitter sebagai subsistem lain dalam payload nanosatelit ini. Daya input pada OBDH FPGA yang akan dirancang adalah 1.2 Volt dengan konsumsi arus 500 mA dan dimensi FPGA board 51 mm x 25 mm.

1.2 Tujuan

Perancangan dan realisasi *On-Board Data Handling* (OBDH) dengan menggunakan FPGA dalam teknologi *remote sensing camera payload* nanosatelit bertujuan untuk :

- Merancang *On-Board Data Handling* (OBDH) berbasis FPGA Spartan 3A yang diintegrasikan dengan camera payload dan memori (SDRAM) sebagai bahan pengujian.
- Merealisasikan perangkat *On-Board Data Handling* (OBDH) berbasis FPGA untuk alternatif OBDH payload IiNUSAT-1 dan inisiasi Nanosatelit ITT-Sat.

1.3 Rumusan Masalah

Dalam merancang dan membuat *On-Board Data Handling* (OBDH) ada beberapa permasalahan yang harus dipecahkan. Permasalahan tersebut yaitu:

- Bagaimana membuat OBDH untuk kendali kamera dan aliran data dari subsistem kamera serta ke memori.
- Bagaimana pembuatan OBDH dengan basis FPGA dalam bahasa VHDL yang sesuai dengan spesifikasi perancangan.

- Bagaimana pengujian OBDH yang direalisasikan untuk dibandingkan dengan spesifikasi perancangan.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat permasalahan perancangan OBDH memiliki ruang lingkup luas dan memiliki spesifikasi dan macam yang beragam yang beragam. Maka perancangan dan realisasi yang dikerjakan perlu dibatasi dalam beberapa hal. Pada dasarnya perancangan dan realisasi OBDH difokuskan pada spesifikasi dan fungsi yang dibutuhkan. Adapun batasan masalah tersebut melingkupi:

- OBDH yang dirancang dan direalisasikan merupakan fungsi OBC sebagai *Control and Data Handling* (CDH) pada subsistem payload yaitu komunikasi dan kontrol kamera dan *storage* ke memori.
- Perancangan dan realisasi OBDH *payload remote sensing* hanya dikhususkan untuk aplikasi pada nanosatelit.
- Spesifikasi OBDH berbasis FPGA, XuLA-200 Spartan 3A yang dirancang dan direalisasikan :
 - a. Power input (regulator) : 1.2 Volt / 3.3 Volt
 - b. Konsumsi Arus : 500 mA
 - c. Mikrokontroler : PIC 18F14K50
 - d. FPGA : Xilinx XC3S200A Spartan 3A, 200,000-gate FPGA
 - e. SDRAM : 128 Mbit, 2 Mbit Flash
 - f. Dimensi : 51 mm x 25 mm
 - g. Frekuensi : 12 MHz oscillator, 384 MHz frekuensi kerja
- Sistem OBDH dirancang dengan spesifikasi :
 - a. Kamera : ukuran data raw yang siap dikirim via I²C adalah 8 bit/pixels (B/W), 16 bit/pixels (Gray), 32 bit/pixels (RGB).
 - b. I²C bus : kecepatan transfer data mencapai 400 kbits/s maksimal jarak transfer adalah 5 meter dan 3.4 Mbits/s pada jarak 0,5 meter.
 - c. FIFO : pengiriman data untuk antrian setiap 16 bit data.

- Skenario pengujian hasil perancangan ditunjukkan dengan :
Pengujian indoor, yaitu pengujian dengan simulasi software dan hardware FPGA (Xula 200) tanpa modul transmitter, modul kamera dan VGA sebagai modul pelengkap pengujian.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang akan digunakan dalam menyelesaikan masalah pada penyusunan tugas akhir ini yaitu metode eksperimen. Perancangan akan dilakukan berdasarkan analisa sistem dan cara kerjanya. Dalam perancangan OBDH ini ada beberapa hal yang diperhatikan, yaitu:

- Gambaran masalah pada *remote sensing payload* nanosatelit yang sangat membutuhkan *Control and Data Handling* untuk mengolah data dari kamera agar dapat diolah di modul transmitter.
- Karena mengingat transfer data dari kamera ke memori dan selanjutnya ke transmitter dibutuhkan *data handling* dengan delay yang sangat kecil.

Dari dua hal tersebut akan didapat parameter-parameter yang harus diperhatikan, antara lain:

- Frekuensi kerja (Clock)
- Memori penyimpanan
- Dimensi
- Konsumsi Arus
- Power input (*supply*)

Selain itu, akan dilakukan percobaan-percobaan pada laboratorium yang bersangkutan seperti laboratorium Microprosesor serta dengan bantuan perangkat lunak seperti ISE Xilinx dan Modelsim. Ada tiga hal yang dilakukan dalam metode eksperimen ini, yaitu:

1. Manipulasi, mengubah secara algoritma parameter-parameter yang berhubungan dengan perancangan *On-Board Data Handling* (OBDH).

2. Observasi, mengukur dan mengamati hasil manipulasi. Dapat dilakukan dari hasil design dan koding algoritma VHDL dengan bantuan software ISE Xilinx.
3. Kontrol, mengendalikan kondisi penelitian ketika melakukan rekayasa.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penyusunan laporan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang masalah, tujuan, batasan masalah, perumusan masalah, metodologi, serta sistematika penulisan dan diagram alur tugas akhir ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi mengenai penjelasan tentang teori dasar mengenai Nanosatelit, *On-Board Computer (OBC)*, *On-Board Data Handling (OBDH)*, *Field Programmable Gate Array (FPGA)*, *FIFO (First In First Out)*.

BAB III PERANCANGAN

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan dan realisasi *On-Board Data Handling (OBDH)* dengan *FPGA XuLA-200 Spartan 3A* untuk spesifikasi yang telah ditentukan.

BAB IV REALISASI, PERBANDINGAN DAN ANALISA

Bab ini membahas mengenai simulasi dan realisasi hasil perancangan dan desain serta pengujian OBDH dan menganalisa hasil yang diperoleh dari simulasi dan pengujian tersebut.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang didapat dari tugas akhir ini serta saran pengembangan tugas akhir ini kedepannya.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan analisis, dihasilkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Realisasi OBDH payload untuk alternatif IINUSAT-1 dan untuk ITT-Sat 1 sesuai dengan konstrain RSPL yang dibutuhkan yaitu konsumsi power kurang dari 5.6 Watt dan OBDH adalah kurang dari 1 Watt, dan pengukuran power OBDH yaitu 513.178 mWatt dengan dimensi 7.5 x 8.4 x 2.5 cm³.
2. Untuk seorang pemula, kamera belum bisa bekerja sesuai rencana, karena masalah di pengaksesan register yang belum menemukan titik temu. Register sebanyak 255 jenis register dan implementasi register tersebut dalam modul VHDL belum diintegrasikan karena salah satu blok dalam integrasi modul belum terhubung secara keseluruhan.
3. Secara prinsip modul OBDH FPGA Xula200 sudah bisa direalisasikan baik secara hardware maupun simulasi. Kecepatan pengaksesan pada proses pengujian terlihat pada kecepatan akses FPGA ke modul VGA yaitu 25,60 us (VSYNC) dan 15360 us saat kondisi aktif *fixed timing*.
4. Kontrol untuk kamera didesain dalam bahasa VHDL yang disintesis dengan Xilinx ISE.v.6 dengan beberapa langkah proses, yaitu simulasi, sintesis, dan implementasi *hardware* dengan frekuensi master adalah 100 MHz, dan frekuensi system 50 MHz dengan sinkronisasi *master control signaling modul* pada system OBDH.
5. FPGA Xula200 berhasil direalisasikan dan diintegrasikan dengan modul integrator atau sismin untuk mengefisienkan dimensi dan memaksimalkan kinerja OBDH. Karena tanpa adanya modul integrator tersebut modul kamera dan Xula200 (FPGA) terpisah, sehingga akan menambah dimensi pada modul RSPL.

6. Modul OBDH *Remote Sensing Payload* mempunyai massa yang rendah yaitu 51.75 gram. Sedangkan modul kamera TCM8240MD mempunyai massa 3.74 gram, sehingga massa total modul OBDH dan kamera adalah 55.05 gram dan sangat sesuai dengan konstrain modul OBDH yang diharapkan yaitu kurang dari 320 gram^[15].

5.2 SARAN

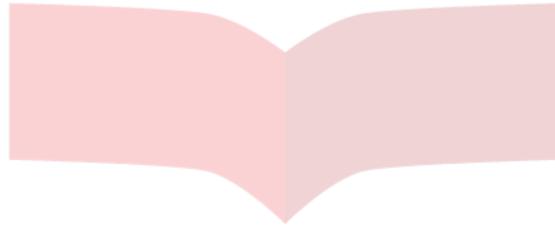
Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk riset kedepan sebaiknya digunakan kamera yang mudah dalam pengaksesan register seperti CMU CAM130, dll.
2. OBDH ini untuk kedepan harus dikembangkan untuk diintegrasikan dengan modul transmitter.
3. Dilakukan penambahan program untuk kompresi citra agar data yang di olah di transmitter tidak terlalu besar atau dalam orde kilo byte.
4. Pelajari tentang penggunaan register pada kamera, terutama kamera TCM8240MD, karena prosesnya berbeda dengan register kamera yang lain.
5. Pelajari lebih dalam tentang DLL (*Digital Link Library*) untuk pengaksesan register pada saat simulasi menggunakan GUI, baik dari Matlab ataupun Phyton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arphit Mathur. *On Board Computer*. <http://www.iitk.ac.in/me/iugnu/obc.htm>, 26 Februari 2012
- [2]. Bruun Clausen, Thomas (2011). *Designing On Board Computer and Payload for AAU Cubesat*. United Kingdom
- [3]. Kuswadi, Son, dkk (2010). *Preliminary Design Review Vers 1.00 Indonesian Inter University Satellite*. Surabaya : Penerbit Inspire Inusat-01.
- [4]. Laboratorium Tekdig (2010). *Modul 1 praktikum teknik digital*. Bandung : Penerbit Asistan Laboratorium Teknik Digital.
- [5]. Opencores. *Communication Controller*. From www.opencores.org. 26 Februari 2012
Noname. *Error Correcting Codes*. From <http://www.hackersdelight.org/ecc.pdf>, 10 Maret 2012
- [6]. Siddharth Datta. *Introduction to VHDL*. From <http://coe.uncc.edu/~amukherj/INTRO2VHDL/vhdlmod.pdf>, 9 Maret 2012
- [7]. Suryo, Roy (2006). *Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir XVII*. Yogyakarta : Penerbit Pasca sarjana UGM.
- [8]. Xess. *Hard row to hoe. Came up with squat*. From <http://devbisme.webfactional.com/blogs/devbisme/2011/07/11/hard-row-hoe-came-squat>. 3 Februari 2012.
- [9]. Xess. *Xula board v 1.0 User Manual* . From https://xess.com/manuals/XuLA-manual-v1_0.pdf/<http://dangerousprototypes.com/2011/02/20/xess-xula-200-fpga-board/>. 20 Februari 2012
- [10]. Brown, Stephen (2005). *Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design*. Singapura : Penerbit MC. Graw Hill Company.
- [11]. Bogi Aditya Karna, Nyoman (2011). *Kompresi JPEG, Referensi-C program*. Bandung : Penerbit Sisfo. IM Telkom.

- [12]. Baker, Eric Albert (2006). *The Design of a CMOS Sensor Camera System for Nanosatellite*. University of Stellenbosch, South Africa.
- [13]. Windbond. 2009. *SPI Flash*. Xess.
- [14]. Toshiba. 2005. *TCM8240MDversion 1.3*. Toshiba.
- [15]. Zheng, You , Gong ke, *Tsinghua Micro/Nanosatellite research and it's application*



Telkom
University