

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI MODULATOR 16-QAM UNTUK DVB-C BERBASIS FPGA

Prima Merliyasari<sup>1</sup>, Rina Pudji Astuti<sup>2</sup>, Denny Darlis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

---

### Abstrak

Digital Video Broadcasting Cable (DVB-C) merupakan standar konsorsium untuk transmisi siaran televisi digital melalui kabel. Sistem ini mentransmisikan MPEG-2 atau MPEG-4 keluaran digital audio/video streaming dengan menggunakan modulasi QAM. Keuntungan penggunaan teknologi DVB-C yaitu memungkinkannya transmisi data dalam jumlah besar dengan kecepatan data yang tinggi dan sangat aman terhadap jenis kesalahan transmisi. Salah satu elemen yang paling penting adalah Modulator yang digunakan untuk mengkondisikan dan mengkonversikan sinyal agar dapat dikirim dan diterima dengan baik melalui jaringan kabel.

Dalam tugas akhir ini, dirancang dan diimplementasikan sistem Modulator pada FPGA (Field Programmable Gate Array). Modulator dirancang menggunakan modulasi 16-QAM yang menjadi standar minimum teknik modulasi pada DVB-C. Perancangan modulator 16-QAM dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Modelsim versi 6.4a dengan bahasa pemrograman VHDL (Very High Speed Description Language). Sistem yang dirancang dan diimplementasikan pada FPGA distandarkan menggunakan standar DVB-C. Rangkaian utama modulator akan dipecah menjadi 4 rangkaian subsistem berdasarkan fungsi. Rangkaian subsistem terdiri atas Serial to Parallel, Mapper (kanal I dan kanal Q), Generator sinyal (ROM Sin dan ROM Cos) dan Multiplier. Implementasi dilakukan pada FPGA Xilinx Virtex-4 XC4VLX25 menghasilkan sistem Modulator 16-QAM dengan output 32 sinyal termodulasi yang terdiri atas 16 sinyal termodulasi Inphase dan 16 sinyal termodulasi Quadrature menggunakan 1% pemakaian resource dari FPGA yang digunakan. Pada proses sintesis, rancangan modulator 16-QAM ini menghasilkan frekuensi maksimum sebesar 62.5 KHz.

Kata Kunci : Modulator 16-QAM, DVB-C, FPGA, Modelsim

---

### Abstract

DVB-C stands for Digital Video Broadcasting-Cable and it is DVB European consortium standard for the broadcast transmission of digital television over cable. This system transmit an MPEG-2 or MPEG-4 family digital audio/video stream, using a QAM modulation. The advantage of using DVB-C technology that enables the transmission of large ammounts of data with high data rates and safely for the type of transmission error. One of the most important elements is the modulator that used to condition and convert the signal to be send and received well over wired networks. In this final project, modulator system is designed and implemented based on FPGA (Field Programmable Gate Array). Modulator is designed using 16-QAM modulation as the minimum standard modulation in DVB-C technique. Modulator designed was performing using Modelsim Software 6.4a version with VHDL (very High Speed Description Language) as a programming language. System are designed and implemented on FPGA using a standardized to DVB-C. Primary block on modulator will be broken down into 4 series of subsystems based on function. Circuit subsytems consists of Serial to Parallel, Mapper (I channel and Q channel), Signal Generator( ROM Cos and ROM Sin) and a multiplier.

Designed of modulator has been Implementation used FPGA Xilinx Virtex-4 XC4VLX25 that have output comprising 32 signals modulated consist of 16 Inphase modulated signals and 16 Quadrature modulated signals that using 1% of the FPGA resources usage. In the synthesis process, the design of 16-QAM modulator has a maximum frequency of 62.5 KHz.

Keywords : Modulator 16-QAM, DVB-C, FPGA, Modelsim

---

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini transmisi siaran televisi tidak hanya dapat dilakukan dengan sistem transmisi analog. Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan didukung dengan perkembangan teknologi, maka sistem transmisi dapat dilakukan dengan sistem transmisi digital, salah satunya melalui *cable* sebagai medianya yang lebih dikenal dengan DVB-C (*Digital Video Broadcasting Cable*).

DVB-C merupakan transmisi siaran televisi digital melalui kabel. Sistem ini dapat mentransmisikan digital audio/video dalam jumlah yang sangat besar dengan kecepatan data yang tinggi sehingga aman terhadap semua jenis kesalahan transmisi. Namun, sistem ini juga memiliki kekurangan yakni media transmisi kabel yang mempunyai karakteristik dan parameter yang tidak konstan, salah satunya bergantung pada jumlah dan jenis peralatan yang digunakan serta panjang kabel yang digunakan.

Saat ini teknologi DVB-C semakin menyebar dan terus dikembangkan. Standar-standar teknik modulasi dan perangkat terus ditingkatkan untuk meningkatkan performansi dari DVB-C. Salah satu elemen yang paling penting dari DVB-C sistem adalah *Modulator* yang digunakan untuk mengkondisikan dan mengkonversikan sinyal agar dapat dikirim dan diterima dengan baik melalui jaringan kabel. Dengan meningkatnya variasi layanan yang dapat dilakukan pada DVB-C sistem maka perlu suatu *modulator* dengan teknik *encoding* dan *decoding* yang kompleks, seperti QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). QAM menjadi standar teknik modulasi DVB-C yang dirancang untuk mencapai tingkat yang sangat tinggi dari efisiensi *spectral*. QAM menyampaikan pesan dua sinyal analog atau dua sinyal digital dengan mengubah modulasi pada *amplitude* dari dua gelombang pembawa. Kedua gelombang pembawa biasanya merupakan sinusoidal yang keluar dari fase 0 dan fase 90.

Penyusunan tugas akhir ini dilakukan karena belum adanya penelitian di Institut Teknologi Telkom tentang mendesain dan mengimplementasi *modulator* digital 16-QAM pada *development Board Field-Programmable Gate Array* (FPGA) dengan bahasa pengkodean *Very High Speed Integrated Circuit* (VHSIC) *Hardware Description Language* (VHDL). Sehingga akan didapatkan informasi bagaimana bentuk keluaran *modulator* digital 16-QAM yang telah didesain pada *development Board FPGA*

## 1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan menghasilkan *prototype modulator* dengan teknik modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) yang dapat bekerja pada sistem DVB-C dengan standar minimum mampu mengirimkan bit data dengan benar. Target rancangan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut.

1. Hasil perancangan dapat menghasilkan sistem *Modulator* 16-QAM dengan menghasilkan keluaran sebanyak 32 sinyal termodulasi terdiri atas 16 sinyal keluaran *Inphase* dan 16 sinyal keluaran *Quadrature*.
2. Rancangan dapat diimplementasikan pada FPGA dengan penggunaan *resources* yang tidak melebihi kapasitas yang tersedia pada FPGA.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diselesaikan pada tugas akhir ini :

1. Memahami konsep pengolahan sinyal pada *Modulator* Digital 16-QAM
2. Mendesain *modulator* Digital 16-QAM dalam bahasa deskripsi perangkat keras menggunakan VHDL (*Very High Speed IC Description Language*)
3. Merealisasikan *modulator* 16 QAM pada sistem DVB-C
4. Melakukan sintesis arsitektur yang telah teruji secara fungsi
5. Mengimplementasikan hasil perancangan pada *Board* FPGA
6. Menguji dan menganalisis hasil keluaran dari sistem *modulator* 16-QAM

#### 1.4 Batasan Masalah

Tugas akhir ini mempunyai batasan masalah yaitu :

1. Sistem yang akan dibahas yaitu blok *modulator* pada DVB-C yang difokuskan pada sistem *Mapping*.
2. Data yang ditransmisikan berupa data bit karakter sebanyak 24 bit.
3. Menggunakan aplikasi hardware FPGA dengan bahasa pemrograman VHDL.
4. Desain arsitektur menggunakan bahasa pemrograman VHDL dan simulasi fungsional sistem dengan menggunakan *Modelsim 6.4a*
5. Simulasi pada MATLAB hanya sebatas alat bantu untuk validasi hasil keluaran sinyal QAM termodulasi.
6. Implementasi dilakukan pada *Board* FPGA Virtex-4 XC4VLX25
7. Parameter jarak antara pengirim dan penerima diabaikan dan saluran dengan kondisi ideal.

#### 1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini :

1. Studi Literatur  
Studi Literatur ini dimaksudkan untuk mencari dan mempelajari dasar teori yang mendukung perancangan alat pada tugas akhir ini, yaitu dari buku, jurnal, dan referensi lain yang relevan dengan hal-hal yang berkaitan dengan perancangan.
2. Perancangan dan Realisasi  
Pada tahapan ini, akan dibuat suatu rancangan maupun desain *modulator* 16-QAM untuk DVB-C dan juga sistem pengujian serta pengukuran yang kemudian akan direalisasikan. Namun sebelum dilakukan pengukuran dan pengambilan data, terlebih dahulu sistem akan di-*troubleshoot* untuk mengetahui kelayakannya untuk pengujian dan pengukuran selanjutnya.
3. Pengukuran dan Pengambilan Data  
Pada tahapan pengukuran, Setelah *modulator* 16-QAM untuk DVB-C dan sistem telah dibuat, maka untuk selanjutnya akan dilakukan pengukuran dan pengambilan data sesuai dengan parameter uji yang telah ditentukan.
4. Analisa Kinerja *Modulator* 16-QAM untuk DVB-C

Pada tahapan ini akan dianalisa parameter-parameter dari *modulator* yang telah didapat pada pengukuran sebelumnya dan akan dibandingkan dengan paper atau jurnal yang mungkin telah ada sebelumnya.

## 5. Penulisan laporan

Penulisan laporan dilakukan mulai dari awal kegiatan pelaksanaan tugas akhir hingga selesai, kemudian mendokumentasikannya dalam buku tugas akhir.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum keseluruhan Tugas Akhir ini dibagi menjadi enam bab bahasan, ditambah dengan lampiran dan daftar istilah yang diperlukan. Penjelasan masing masing bab adalah sebagai berikut:

#### **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi gambaran umum dari percobaan yang dilakukan. Tercakup di dalamnya yaitu latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian serta sistematika penulisan.

#### **BAB 2 : LANDASAN TEORI**

Dibahas mengenai landasan teori yang berkaitan dengan penyusunan tugas akhir.

#### **BAB 3 : PEMODELAN DAN SIMULASI SISTEM *MODULATOR* 16-QAM**

Bab ini membahas mengenai spesifikasi sistem *MODULATOR* 16-QAM dan model sistem yang dirancang. Tahap perancangan untuk blok *MODULATOR* dan representasi bilangan yang digunakan, serta simulasi untuk pengujian keluaran sistem juga dibahas pada bab ini.

#### **BAB 4 : IMPLEMENTASI DAN ANALISA SISTEM *MODULATOR* 16-QAM PADA FPGA**

Pada bab ini dijelaskan mengenai skenario implementasi serta pengujian dan analisa sistem pada FPGA dan analisa terhadap hasil yang dikeluarkan.

#### **BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini merupakan bab terakhir dari laporan tugas akhir yaitu berupa kesimpulan untuk sistem yang penulis kerjakan, serta saran untuk penelitian berikutnya.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil implementasi yang didapat adalah

1. Implementasi sistem menghasilkan keluaran 32 sinyal termodulasi, terdiri atas 16 sinyal keluaran *Inphase* termodulasi dan 16 sinyal keluaran *Quadrature* termodulasi.
2. Berdasarkan hasil simulasi, periode maksimum yang dibutuhkan untuk memproses sistem modulator 16-QAM sebesar 16000ns, frekuensi maksimum yang didapat sebesar 62.5 KHz dan *Bit Rate* sebesar 250Mbps.
3. Berdasarkan hasil sintesis blok sistem Modulator 16-QAM didapatkan jumlah *resource* yang dibutuhkan adalah jumlah *slice* 1%, jumlah *slice flip-flops* 1%, jumlah 4 input LUT 1%, dan jumlah IOB 14%.
4. Sistem *Modulator* 16-QAM hasil perancangan dapat diimplementasikan pada *Board* FPGA. Hal ini dikarenakan faktor frekuensi maksimum hasil sintesis masing-masing sistem yang masih dibawah frekuensi kerja FPGA yaitu sebesar 100 MHz dan jumlah penggunaan *resources* yang masih dibawah ketersediaan *resources* pada FPGA.

#### 5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem adalah

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk skema modulasi dengan nilai M-Ary yang lebih besar, misalnya 32 QAM, 64 QAM atau 256 QAM, sesuai dengan ketersediaan skema modulasi pada DVB-C.
2. Dapat ditambahkan *channel coding* agar sistem lebih sempurna.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan representasi bit *fixed point 2's complement* dengan 12 atau 14 bit, sehingga dapat menghemat penggunaan memori dan memperkecil *delay*.

## Daftar Pustaka

- [1] European Broadcasting Union. 1998 "Digital Video Broadcasting(DVB);Framing Structure, channel coding and modulation for cable systems"
- [2] Rice, Michael. 2008 "Digital Communications: A Discrete-Time Approach", Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- [3] Darlis, Denny. 2010. "Perancangan dan Implementasi Prosesor OFDM Baseband untuk Prototipe Modem PLC pada FPGA". IT Telkom. Bandung
- [4] Hewlett Packard, Application Note 1298. 1997 "Digital Modulation in Communication Systems-An Introduction", printed in U.S.A.
- [5] Adi Wahyudi, Rundu. 2008. "Rancang Bangun *Modulator* 16-QAM pada DSK TMS 320C6713 Dengan Menggunakan Simulink". Universitas Indonesia. Jakarta
- [6] Efendy,Rustam.  
[www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/authors/22037](http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/authors/22037)
- [7] \_\_\_\_\_, "Digital Modulation, "Bahan kuliah Modulasi Digital (Jakarta : Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia).
- [8] \_\_\_\_\_, "Digital Modulation in Communication System An Introduction," *Application Note 1298* (Hewlett-Packard Company, 1997),