

Implementasi Pengali Pada Spartan-2 Fpga Sebagai Pendukung Tapis Digital Pada *Radio Detection Finder* (RDF)

Denny Dermawan¹, Lasmadi², Adi Setiawan³

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta

³Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta

Korespondensi : dennydermawan@stta.ac.id, lasmadi3@gmail.com Adisetiawan176@gmail.com

ABSTRAK

Pengali adalah salah satu bagian yang paling penting dalam perangkat yang dapat mempengaruhi kinerja perangkat digital. Kecepatan tinggi dan sistem pengali yang efisien adalah faktor penting bagi para perancang perangkat mikroprosesor, mikrokontroler dan sejenisnya. *Field Programmable Gate Arrays* (FPGA) telah muncul sebagai *platform* pilihan untuk implementasi *hardware* yang efisien dan fleksibel. Penelitian ini memberikan analisis tentang algoritma pengali hasil keluaran implementasi tapis digital LPF (Low Pass Filter) menggunakan metode *hamming window* dengan perancangan *chip* FPGA pada *software* xilinx 10.1. Metode ini digunakan untuk merancang *chip* FPGA pengali sebagai pendukung tapis digital LPF yang diterapkan pada radio pencari arah, *Radio Direction Finder* (RDF) sehingga diharapkan unjuk kerja tapis digital ini akan menjadi lebih baik lagi. Berdasarkan penelitian ini, hasil pengamatan menunjukkan bahwa tanggapan tapis telah sesuai dengan spesifikasi perancangan tetapi terdapat *error* antara hasil teori dengan simulasi dan implementasi pada alat. *Error* terbesar sebesar 52,32% pada koefisien ke 4 (0,01748) dan *error* terkecil sebesar 0,72% pada koefisien ke 1(0,31478).

Kata Kunci: *FPGA Spartan2, Xilinx ISE 10.1, Tapis Digital, Pengali, Hamming Window.*

ABSTRACT

Multipliers are one of the most important parts of a device that can affect the performance of digital devices. High speed and efficient multiplier systems are important factors for designers of microprocessor devices, microcontrollers and the like. Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) have emerged as the preferred platform for efficient and flexible hardware implementation. This research provides an analysis of the multiplier algorithm for LPF (Low Pass Filter) digital filter implementation output using the hamming window method with FPGA chip design on Xilinx 10.1 software. This method is used to design multiplier FPGA chips to support the LPF digital filter applied to radio direction finders (RDF) so that it is expected that this digital filter performance will be even better. Based on this research, the results of the observation show that filter responses are in accordance with the design specifications but there are errors between the results of the theory and the simulation and implementation of the tool. The biggest error is 52.32% at the 4th coefficient (0.01748) and the smallest error is 0.72% at the 1st coefficient (0.31478).

Keywords: Spartan2 FPGA, Xilinx ISE 10.1, Digital Filter, Multiplier, Hamming Window.

1. PENDAHULUAN

Penelitian oleh Rizki Jumadil Putra (2013) dengan judul “Implementasi Filter Digital FIR (*Finite Impulse Response*) Pada *Field Programmable Gate Arrays*(FPGA)“. Penelitian tersebut membahas tentang hasil pengujian Filter FIR yang telah diimplementasikan pada FPGA menunjukkan ketika tapis digital FIR diberi masukan sinyal sinusoida 20-20.000 Hz, maka sinyal dibawah 20.000 Hz tetap diloloskan, sedangkan sinyal dengan frekuensi diatasnya akan teredam. Hal ini menunjukkan kinerja dari filter FIR, baik dengan metode *Hamming window*, *Blackman window* maupun *Hanning window*, tapis akan meloloskan sinyal yang frekuensinya lebih rendah dari frekuensi *cut-off* yaitu sebesar 20KHz, dan akan meredam frekuensi diatasnya.

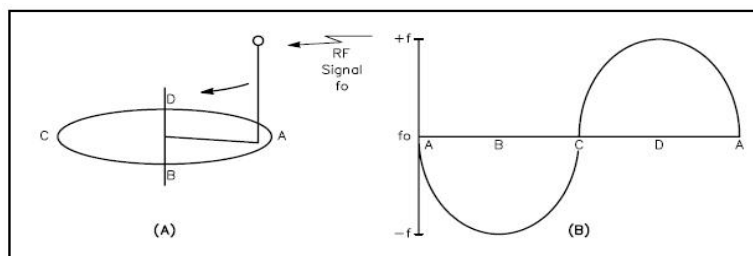
Penelitian oleh L.Hermanto (2012) dengan judul “Implementasi Serial Multipliers 8 Bit Ke Dalam IC FPGA Sebagai Pendukung Percepatan Operasi Perkalian Dalam Kompresi Citra’. Penelitian tersebut membahas tentang bagaimana cara untuk menganalisis algoritma perkalian yang lebih optimal antara

Array Multipliers dengan *Serial Multipliers* yang dibentuk kedalam rangkaian elektronika digital dan mengimplementasi algoritma tersebut pada IC FPGA Spartan-3E dengan meminimalisasi penggunaan sumber daya dari perangkat FPGA yang digunakan.

Kristiyana (2015), Melakukan penelitian dengan judul Sistem Detektor Arah Sinyal RF Menggunakan Antena Doppler. Teknologi Komunikasi Dua-Arah menggunakan gelombang elektromagnetik berkembang dengan sangat pesatnya. Berbagai bidang kehidupan umum, militer, dan keperluan *emergency* menggunakan spektrum frekuensi radio, yang tentunya akan sangat membantu. Kelemahan sistem komunikasi ini, tidak dapat dipakai untuk memancarkan satu frekuensi bersama dalam waktu yang bersamaan. Bila hal ini terjadi akibatnya komunikasi akan tertutup (*jammed*) karena *crowded frequency* bahkan kadang ada kesengajaan untuk mengganggu komunikasi seperti banyak terjadi dibidang frekuensi amatir radio. *Radio Directional Finder* secara konvensional telah bertugas bertahun-tahun yang digunakan untuk mencari pemancar frekuensi pengganggu secara *direct* yang sekarang sudah tidak efisien dalam hal waktu dan operasionalnya. Aplikasi sistem Doppler dengan sistem Adaptif dapat digunakan sebagai dasar kerja *Radio Stand Finder* untuk mendeteksi arah posisi pemancar RF tanpa melakukan mobilitas *direct*. Antena Roanoke Doppler dirancang dengan suatu sistem *switching* dan penguat penerimaan sinyal oleh susunan *square-4* antena setengah panjang gelombang yang dapat menentukan arah datangnya sinyal RF.

1. METODE PENELITIAN

Contoh klasik efek Doppler adalah saat mobil mendekati sumber pengamat, suara klakson mobil lebih tinggi dari (frekuensi) yang pengamat dengar ketika mobil menjauh dari pengamat. Perubahan frekuensi terjadi karena gerakan mobil memperpendek panjang gelombang suara terdengar lebih rendah dari (frekuensi) yang pengamat dengar. Ini terjadi karena mobil tersebut menjauh pergi dari pengamat secara efektif meningkatkan panjang gelombang. maka frekuensi menjadi rendah. Efek serupa terjadi karena antena tidak mendekat atau jauh dari sumber pemancar. Sinyal yang diterima dari antena dikirim menuju pemancar yang frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan transmisi aktual. Sinyal yang diterima oleh antena dikirim ke sumber transmisi aktual yang lebih rendah frekuensinya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Frekuensi rotasi antenna Doppler

Dengan mempertimbangkan antena diposisi A, paling dekat dengan sumber pencarian, frekuensi sinyal yang diterima pada titik A sama dengan sinyal dari pemancar karena tidak bergerak ke arah atau menjauh dari sumber pencarian. Frekuensi sinyal yang diterima menurun pada saat antena bergerak dari titik A ke titik B dan dari titik B ke titik C. Deviasi Frekuensi maksimum terjadi pada saat antena melewati titik B. Frekuensi sinyal yang diterima dari titik C adalah sama dengan sinyal dari pemancar (tidak ada perubahan) karena antena tidak mendekat atau jauh dari sumber pencarian. Bila antena bergerak dari titik C ke titik D dan dari titik D kembali ke titik A, Frekuensi sinyal yang diterima akan meningkat. Deviasi frekuensi maksimum terjadi lagi pada saat antena melewati titik D. Pergeseran frekuensi Doppler sebagai fungsi rotasi antena diilustrasikan pada gambar 1 menurut persamaan (1)

$$dF = \frac{\omega r}{c} f_c \quad (1)$$

dengan :

- dF = Perubahan dari puncak frekuensi (pergeseran Doppler dalam hertz)
- ω = Kecepatan sudut rotasi dalam radian per detik ($2 \times \pi \times$ frekuensi rotasi)
- r = Radius rotasi antenna (m)
- fc = Frekuensi sinyal (Hz)
- c = Kecepatan cahaya (m/s)

Untuk menghitung seberapa cepat antenna harus memutar untuk menghasilkan pergeseran frekuensi Doppler yang diperlukan, diberikan menurut persamaan (2)

$$fr = \frac{dF \times 1879,8}{R \times fc} \quad (2)$$

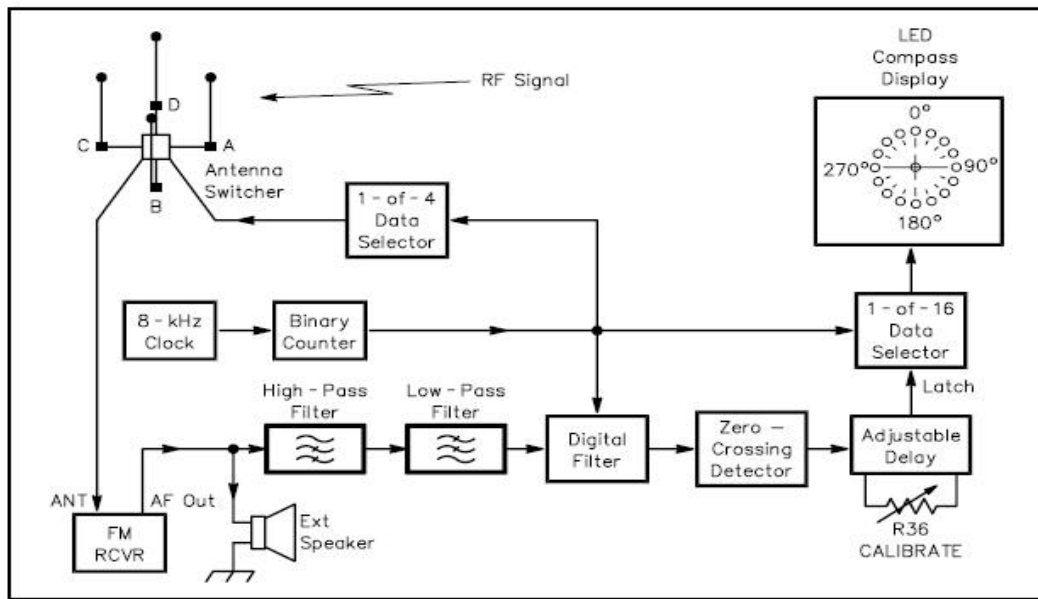
dengan :

- Fr = Pergeseran frekuensi dalam hertz (Hz)
- Df = Pergeseran Doppler dalam hertz (Hz)
- R = Radius antenna rotasi dalam inchi (inch)
- fc = Frekuensi sinyal yang diterima dalam megahertz (MHz)

Sebagai contoh seberapa cepat antenna harus memutar untuk menghasilkan pergeseran doppler sebesar 500 Hz dari frekuensi 146 MHz, dengan asumsi radius rotasi adalah 13.39 inchi, maka rotasi frekuensi adalah:

$$fr = \frac{500 \times 1879,8}{146 \times 13,39} = 480 \text{ Hz}$$

Frekuensi rotasi 480Hz jika diuraikan dalam rpm adalah $480 \times 60 = 28.800$ atau hampir 30.000 putaran per menit. Prinsip kerja dari Doppler RDF ini mengacu pada blok diagram pada gambar 2. Sebuah 8 kHz clock osilator mengendalikan *binary counter*. Keluaran dari *binary counter* menghubungkan tiga fungsi yaitu antenna pencari, mengendalikan tampilan LED dan menjalankan *filter digital*. Keluaran dari *binary counter* mengendalikan 1 dari 4 multiplexer antenna pencari secara berurutan atau yang mana terdeteksi lebih dulu maka itu yang dipilih (menyala) pada satu waktu pada perintah A, B, C, D, A, dan seterusnya dengan kecepatan 500 kali perdetik. *Output counter* juga mengendalikan 1 dari 16 multiplexer digunakan untuk mengendalikan LED *display* dengan antenna pencari. Sinyal RF yang diterima dari antenna pencari terhubung ke antenna input dari *receiver* VHF seperti diperlihatkan pada gambar 2.



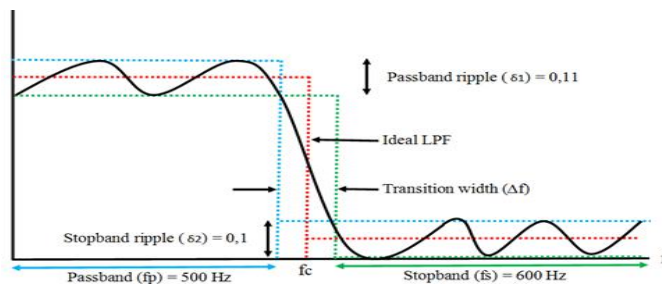
Gambar 2. Blok diagram Radio Doppler

Perancangan Tapis LPF Digital FIR Dengan *Hamming Window*

Pada penelitian ini, akan dirancang *chip IC* pengali sebagai pendukung tapis digital LPF *Finite Impuls Response* (FIR) dengan metoda penjadwalan *Hamming*. Dalam perancang filter FIR, respon impulse yang tak terhingga akan terpotong menggunakan teknik *windowing* yaitu *Hamming window* dengan spesifikasi seperti pada gambar 3 untuk mendapatkan nilai panjang filter (N).

Parameter tapis yang akan dirancang adalah sebagai berikut :

- a. Frekuensi *passband* $f_p = 500$ Hz
- b. Frekuensi *stopband* $f_s = 600$ Hz
- c. *Stopband attenuation* > 50 dB
- d. Frekuensi cuplik = 3,5 KHz
- e. *PassBand ripple*, $\delta_1 = 0,11$
- f. *StopBand ripple*, $\delta_2 = 0,1$



Gambar 3. Grafik Perancangan LPF FIR.

Dari spesifikasi tersebut diatas maka dapat ditentukan besarnya lebar dari *transition band*, Δf adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta f &= f_s - f_p \\ &= 600 - 500 \\ &= 100 \text{ Hz} \end{aligned} \tag{3}$$

Cut-off frequency ditentukan dengan persamaan

$$f_c = f_p + \Delta f/2 \tag{4}$$

$$= (500 + 100/2) = 550 \text{ Hz}$$

Nilai Δf , f_p , f_s dan f_c adalah dalam kawasan frekuensi analog, sehingga perlu diubah dalam kawasan frekuensi digital terlebih dahulu [Ludeman, 1986].

$$\Omega_i = 2\pi f_i \tag{5}$$

$$\omega_i = \Omega_i T_{samp} = \frac{2\pi f_i}{f_{samp}}$$

dengan frekuensi cuplik, f_{samp} sebesar 3,5 KHz, maka

$$\omega_p = \frac{2\pi 500}{3500} = \frac{2}{7} \pi$$

$$\omega_s = \frac{2\pi 600}{3500} = \frac{12}{35} \pi$$

$$\omega_c = \frac{2\pi 550}{3500} = \frac{11}{35} \pi$$

$$\Delta f = \omega_s - \omega_p = \frac{12}{35} - \frac{2}{7} = \frac{2}{35} \pi$$

Jumlah koefisien tapis (panjang orde filter) FIR dapat diperoleh dengan pendekatan rumus empiris sebagai berikut [Champagne B., Labeau F., hal 197]:

$$N = \frac{-10 \log_{10}(\delta_1 \delta_2) - 13}{2,324 (\omega_s - \omega_p)} \tag{6}$$

Sehingga $N = \frac{-10 \log_{10}(0,11 \times 0,2) - 13}{2,324 (\frac{2}{35} \pi \text{ rad})}$

$$= \frac{3,57577}{0,41720}$$

$$= 8,57088$$

N adalah ganjil, sehingga memilih N = 9

Maka jumlah koefisien = $\frac{N-1}{2} = 4$

Tanggapan impuls (*impuls response*) dari sebuah tapis LPF ideal diberikan dalam persamaan (7).

$$h_D = \frac{\sin(n \omega_c)}{\pi n} \tag{7}$$

untuk semua n

Nilai ω_c adalah $(11/35)\pi$ rad sehingga

$$h_D(n) = \frac{\sin(\pi n 11/35)}{\pi n} \tag{8}$$

untuk semua n = 1, 2, 3....(N-1)

Persamaan (7) merupakan impuls tanggapan tapis FIR digital LPF untuk koefisien tapis n, sedang untuk n = 0 maka digunakan persamaan (8) yaitu pendekatan rumus L'hospital sebagai berikut :

$$h_D(0) = \frac{1}{\pi} \frac{11\pi}{35} \cos(11\pi n/35)$$

$$= \frac{11}{35}$$

$$= 0,31478$$

Sedangkan untuk n = 1 sampai dengan n = 3 digunakan persamaan (7) sehingga diperoleh koefisien tapis LPF ideal seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Runtun Tanggapan Cuplik Satuan $h_D(n)$ Tapis Ideal untuk $\omega_c = 11/35\pi$ rad

n	$w_{Ham}(n)$	n
0	1	0
-1	0,99116	1
-2	0,96498	2
-3	0,92248	3

Runtun Jendela *Hamming* $w_{Ham}(n)$ dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (8) yang merupakan nilai ketetapan dari *Hamming window*. Untuk n = 0 sampai dengan n = 3 koefisien jendela *Hamming* diberikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Jendela *Hamming* dengan N= 9 untuk n=0 sampai n= 3

Nilai koefisien tapis ideal $h_D(n)$ untuk $\omega_c = 11/35\pi$ rad

n(0)	0,31478	n(0)
n(-1)	0,26565	n(1)
n(-2)	0,14635	n(2)
n(-3)	0,01895	n(3)

Tanggapan denyut tapis $h_N(n)$ digital dengan *window* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (9) karena runtun jendela yang digunakan adalah jendela *Hamming*.

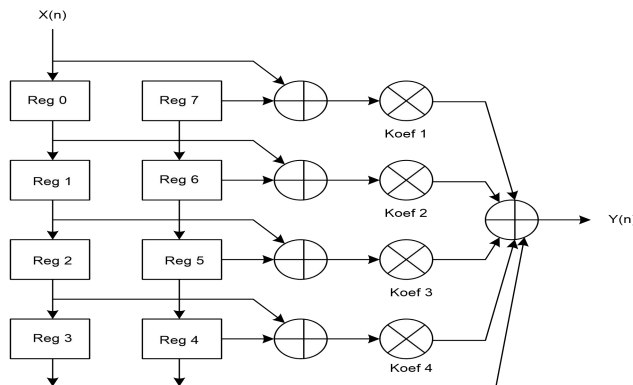
$$h_N(n) = h_D(n) \times w_{Ham}(n) \tag{9}$$

Tanggapan denyut tapis $h_N(n)$ akibat prosedur penjendelaan ini diperlihatkan pada tabel 3 dan untuk selanjutnya koefisien yang terdapat pada tabel 3 inilah yang akan digunakan sebagai nilai implementasi koefisien tapis digital FIR. Bagian yang diarsir merupakan koefisien tapis yang akan diimplementasikan.

Tabel 3.3 Koefisien tapis digital implementasi

N	$h_D(n)$	$w_{Ham}(n)$	$h_D(n) \cdot w_{Ham}(n)$	n
0	0,31478	1	0,31478	0
-1	0,26565	0,99116	0,26330	1
-2	0,14635	0,96498	0,14122	2
-3	0,01895	0,92248	0,01748	3

Realisasi tapis digital menggunakan tapis digital FIR memiliki diagram aliran data seperti pada gambar 4. Diagram aliran data tersebut memiliki 8 buah register geser, 4 buah penjumlah, 4 buah koefisien dan penjumlah akhir. Empat buah koefisien yang akan diimplementasikan adalah koefisien 1 (0,31478), koefisien 2 (0,26330), koefisien 3 (0,14122) dan koefisien 4 (0,01748).



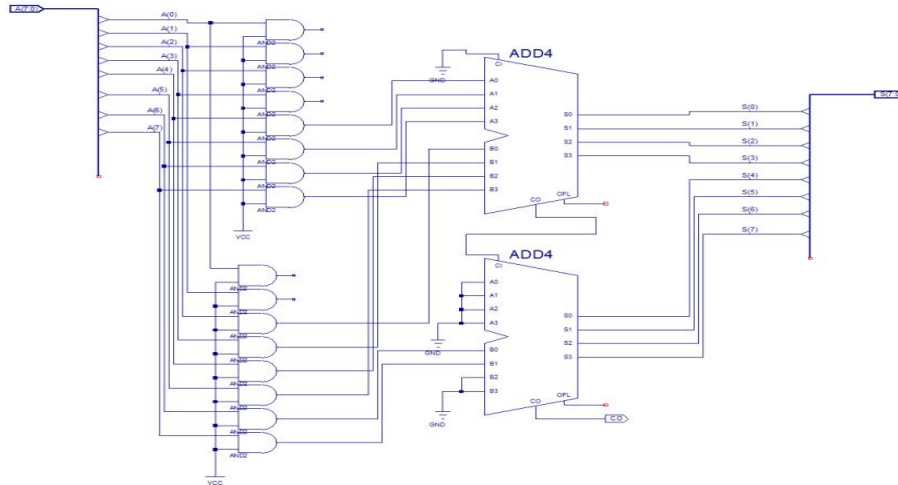
Gambar 4. Diagram Aliran Data Untuk Tapis Digital FIR Hasil Perancangan.

2. HASIL DAN ANALISIS

Implementasi hasil perancangan yaitu dengan memberikan masukan 8 bit : A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 yang berasal dari saklar *dip switch* dan keluaran 8 bit : S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 berupa tampilan *led bar*.

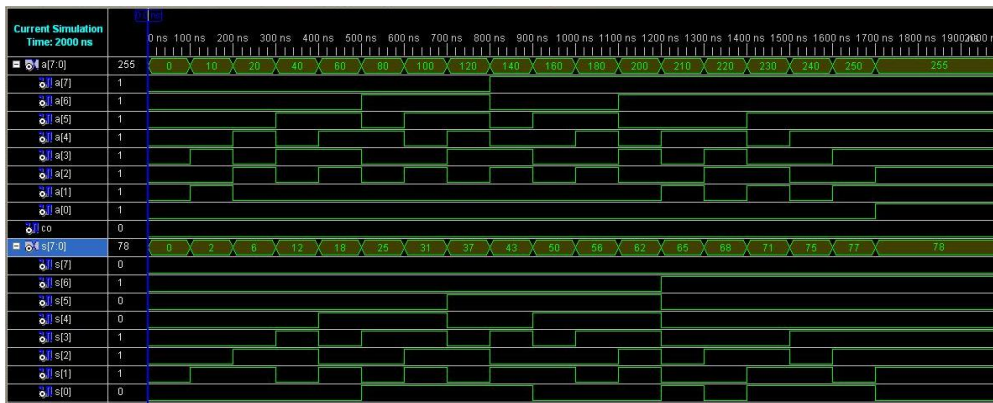
Rangkaian Koefisien ke 1 (0,31478)

Rangkaian koefisien ke 1 hasil perancangan ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Koefisien Ke 1 (0,31478)

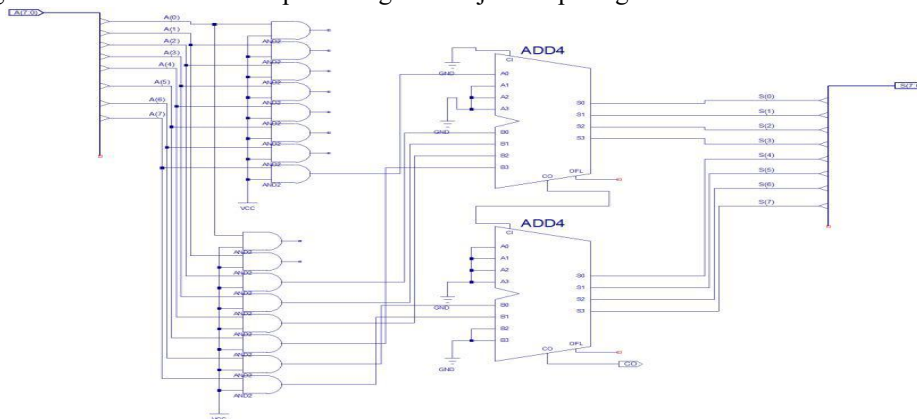
Hasil simulasi koefisien 1 (0,31478) adalah seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Simulasi Koefisien ke 1

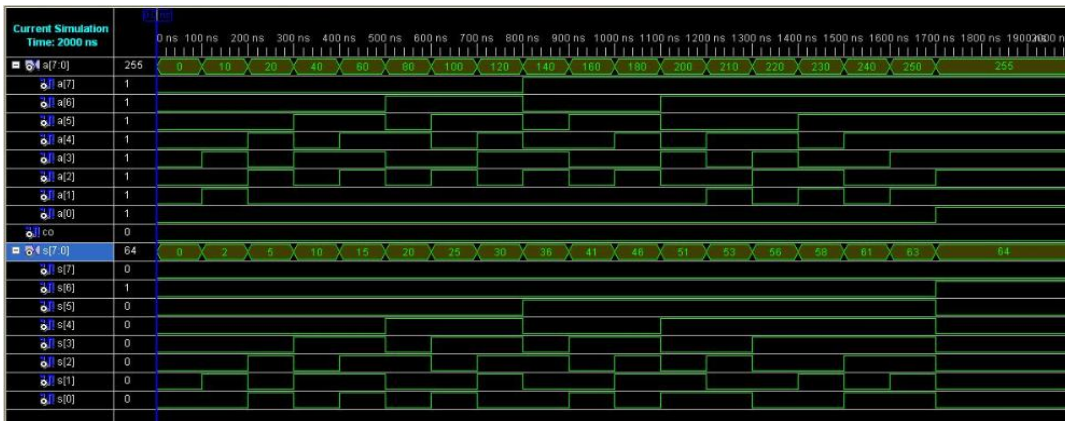
Rangkaian Koefisien ke 2 (0,26330)

Rangkaian koefisien ke 2 hasil perancangan ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian Koefisien Ke 2 (0,26330)

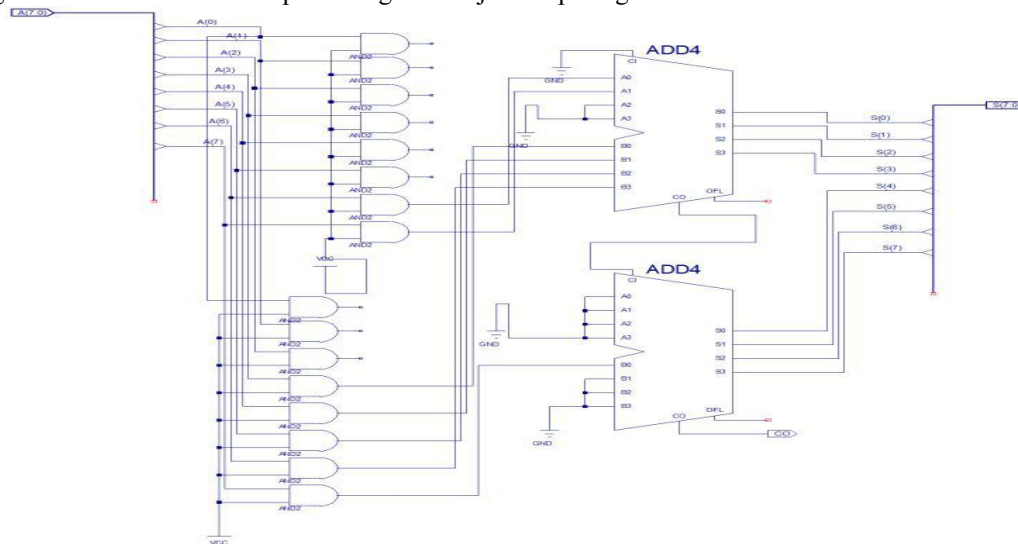
Hasil simulasi koefisien 2 (0,26330) adalah seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil Simulasi Koefisien ke 2 (0,26330)

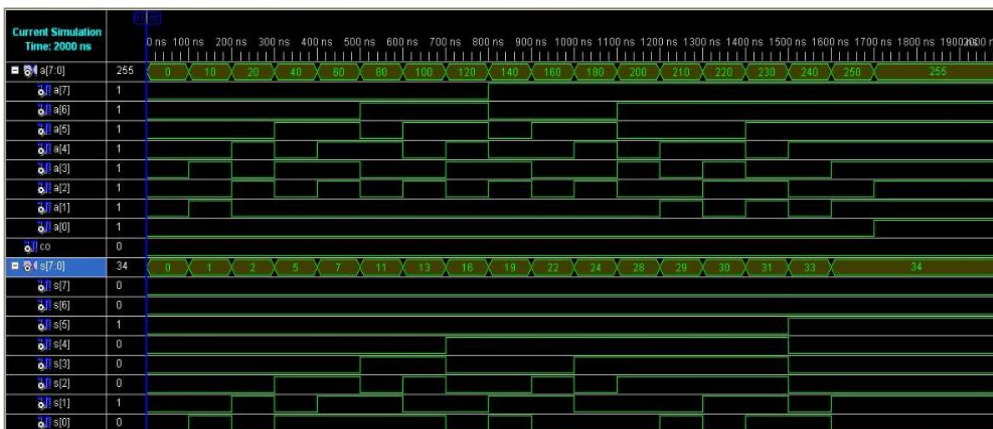
Rangkaian Koefisien ke 3 (0,14122)

Rangkaian koefisien ke 3 hasil perancangan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Koefisien Ke 3 (0,14122)

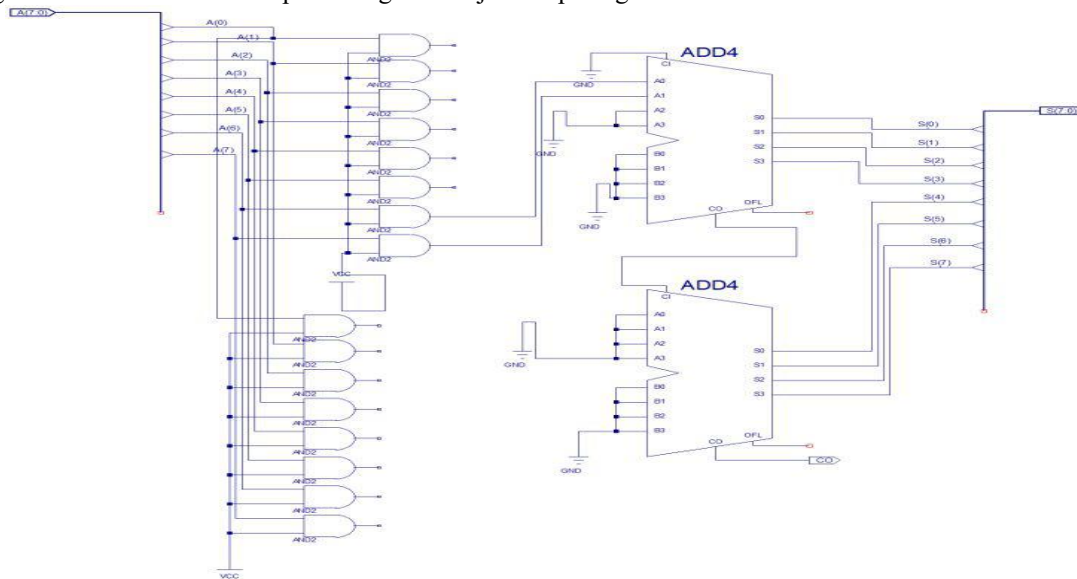
Hasil simulasi koefisien 3 (0,14122) adalah seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Simulasi Koefisien ke 3 (0,14122)

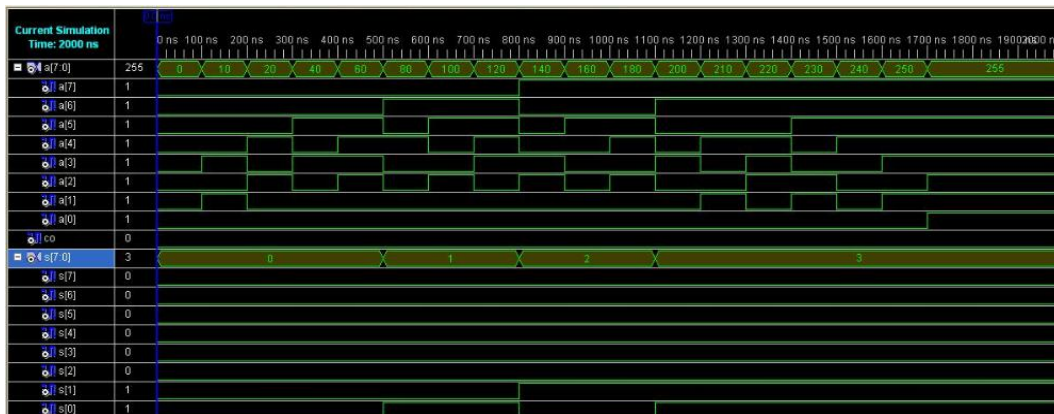
Rangkaian Koefisien ke 4 (0,01748)

Rangkaian koefisien ke 4 hasil perancangan ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Koefisien Ke 4 (0,01748)

Hasil simulasi koefisien 4 (0,01748) adalah seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Hasil Simulasi Koefisien ke 4 (0,01748)

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan algoritma multiplier implementasi tapis digital LPF dengan metode *hamming window*, maka dihasilkan kesimpulan sebagai berikut adalah :

1. Algoritma multiplier 8 bit tapis digital LPF FIR dengan menggunakan metode *hamming window* telah dapat di implementasikan pada FPGA dan hasil keluaran $y(n)$ filter telah sesuai dengan spesifikasi hasil rancangan.
2. Data hasil simulasi dan implementasi ke FPGA sudah berhasil dan sesuai dengan hasil rancangan. Tetapi terdapat *error* antara hasil teori dengan simulasi dan implementasi pada Experimen. Hal ini terjadi karena pada FPGA hanya menampilkan angka integer bulat saja.
3. Dari perancangan chip IC pengali sebagai pendukung LPF pada RDF ini, diharapkan dapat meloloskan frekuensi LPF yang lebih baik (mendekati ideal). Karena perancangan ini menggunakan tapis digital.
4. Dari ke 4 (empat) koefisien tapis digital LPF, *error* yang terbesar terjadi pada koefisien ke 4

(0,01748) dengan error 52,32% dengan sinyal masukan 01111000 (120). Dan *error* yang terkecil terjadi pada koefisien ke 1 (0,31478) dengan error 0,72% dengan sinyal masukan 01010000 (80), 10100000 (160) dan 11110000 (240).

5. Pada koefisien yang kecil 0,01748 (koefisien ke 4) terjadi *error* yang cukup besar. Hal ini terjadi karena apabila koefisien yang digunakan kecil (0,0) FPGA tidak begitu peka untuk menghasilkan keluaran dan perlu penanganan khusus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Marsda TNI (Purn) Dr. Ir. Drs. T. Ken Darmastono ,M.Sc selaku Ketua STTA yang telah memberikan ijin penelitian dan telah memberikan bantuan dana penelitian mendukung penelitian ini.
2. Kepala LP3M STTA yang telah menyetujui penelitian ini.
3. KaDep dan SekDep jurusan Teknik Elektro STTA yang mendukung penelitian ini.
4. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dalam terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dermawan D, 2009, *Implementasi tapis digital finite impulse response (FIR) berbasis FPGA (Field Programmable Gate Arrays)*, jurnal, Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada.
- [2] Timbang Pangaribuan, 2015, *Desain Filter Digital Menggunakan Teknik Windowing Dengan Simulasi Berbasis Matlab*, jurnal, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen-Medan.
- [3] Lingga Hermanto, Iman Ilmawan Muharam, *Implementasi Serial Multipliers 8 Bit Ke Dalam IC FPGA Sebagai Pendukung Percepatan Operasi Perkalian Dalam Kompresi Citra*, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Gunadarma.
- [4] Lita Lidyawati, Pauline Rahmiati, Yuli Sunarti, 2016, *Implementasi Filter Finite Impulse Response (FIR) Window Hamming dan Blackman menggunakan DSK TMS320C6713*, jurnal, Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung.
- [5] Lonnie C. Ludeman, 1986, *Fundamentals Of Digital Signal Processing, Book*, New Mexico State University.
- [6] Rizki Jumadil Putra, Mochammad Rif'andan Raden Arief Setyawan *Implementasi Filter Digital Fir (Finite Impulse Response) Pada Field Programmable Gate Arrays (FPGA)*.
- [7] Tri Budi Santoso, Hary Octavianto, Titon Dutono, *Implementasi Filter FIR secara Real Time pada TMS 32C5402, paper*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).
- [8] Samuel Kristiyana, *Sistem detektor arah sinyal RF menggunakan antenna doppler*, Jurnal Techno Scientia, Vol 7 No. 2 tahun 2015, halaman 192 - 201
- [9] Suhartini Sri, *Studi elevasi dan ketinggian antena untuk komunikasi radio HF*, Jurnal Berita Dirgantara, Vol 9 No, 3 tahun 2008 halaman 75 - 78
- [10] Nisar Ahmed Rana, *Radio Direction Finding : Theory and Practices*, 2003
- [11] Mike Kossor, *A digital commutating filter*, Crestone technical books, 1999
- [12] Mike Kossor, *A Doppler radio direction finder, part 1*, Crestone technical books, 1999
- [13] Mike Kossor, *A Doppler radio direction finder, part 2*, Crestone technical books, 1999