

Aplikasi BPF (*Band Pass Filter*) Digital Untuk Pendeteksian Sinyal AFSK (*Amplitudo Shift Keying*) Pada Piranti RTTY (*Radio Tele Type*)

Achmad Setiawan^{1,*}, Kusno Suryadi¹

¹ Teknik Elektro Universitas Gajayana Jl. Mertojoyo Po.Box 252 Malang Indonesia

* E-mail : ahmadseti@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sistem filter yang kompak dan berkinerja tinggi sehingga apabila diterapkan pada sistem RTTY maka sistem RTTY tersebut dapat menghasilkan sinyal yang bebas dari noise Filter BPF digital yang diimplementasikan pada sistem RTTY ini dipilih dari jenis IIR menggunakan pendekatan Chebychev orde 4. Sistem filter digital tersebut kemudian diwujudkan menggunakan uC dari keluarga AVR yang dilengkapi dengan sistem pengkondisi sinyal Analog dan R Ladder DAC. Untuk melaksanakan proses perkalian dan penjumlahan, peneliti menggunakan algoritma Perkalian-Penjumlahan Fix Point 8 bit. Dari hasil pengujian, baik pengujian secara analisis maupun pengukuran di laboratorium, didapatkan bahwa filter digital yang dirancang mempunyai nilai Bandwidth (BW) sebesar 300Hz, Pelemahan daerah Stop sebesar -35dB, Penguatan daerah Lolos sebesar 0 dB. Walaupun nilai-nilai parameter filter yang didapatkan ini masih menunjukkan deviasi yang cukup besar dibandingkan dengan nilai-nilai perencanaan akan tetapi filter BPF digital yang dirancang masih dapat digunakan pada piranti RTTY.

Kata Kunci: *RTTY, Filter Digital, BPF, Chebychev, uC AVR, Fix Point*

1. Pendahuluan

Piranti RTTY umumnya menggunakan teknik AFSK (Audio Frequency Shift Keying) untuk menggantikan kode-kode digital menjadi pulsa-pulsa elektromagnetik. Kode 0 dalam data digital nantinya akan digantikan dengan sinyal audio berfrekuensi 2125 Hz sedangkan kode 1 digantikan dengan sinyal berfrekuensi 2195 Hz [1]. Sehingga deretan kode digital yang diinputkan pada perangkat RTTY akan digantikan dengan sinyal-sinyal audio yang tergeser secara frekuensi. Permasalahan muncul ketika sinyal-sinyal tersebut dipancarkan menggunakan system radio termodulasi AM. Permasalahan itu adalah terdistorsinya sinyal audio tersebut akibat adanya noise yang tercampur pada saat pemodulasian maupun ketika sinyal RF dipancarkan menuju udara bebas. Untuk memurnikan kembali sinyal Audio tersebut maka pada system penerima RTTY ditambahkan piranti filter Band Pass (BPF) yang mempunyai orde tinggi. Diharapkan BPF orde tinggi ini dapat memisahkan sinyal 2125 Hz dan 2195 Hz dari noise yang tercampur.

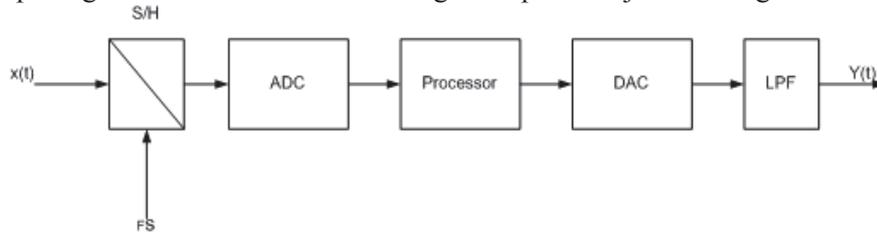
Untuk mendapatkan BPF orde tinggi ($N > 60$), metode yang paling memungkinkan untuk diterapkan adalah metode pemfilteran digital. Selain kompak (hanya memerlukan 1 chip pengolah sinyal), metode filterisasi digital memungkinkan seorang desainer melakukan perubahan parameter filterisasi secara cepat. Perubahan parameter ini dapat dilakukan karena metode filterisasi digital menggunakan perangkat lunak sebagai sarana pengolahan sinyal.

Sebuah filter digital umumnya dibentuk dari sebuah chip ADC, chip pengolah sinyal (chip DSP) dan sebuah system DAC. Chip DSP adalah sebuah chip yang dirancang khusus untuk mengolah sinyal secara digital. Karena dirancang secara khusus untuk pengolahan sinyal secara digital, maka umumnya chip DSP relatif lebih mahal daripada chip mikroprosesor General Purposes. Chip pengolah sinyal dapat pula dibuat dari chip uC serba guna (General Purposes uC seperti dari keluarga AVR dan keluarga PIC). Walaupun dari segi teknik pengolahan kurang efisien dibandingkan dengan chip DSP, akan tetapi uC ini mempunyai fitur yang lebih lengkap sebagai sebuah sistem minimum selain harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan chip DSP.

Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan chip uC Serba Guna (General Purposes uC) untuk mewujudkan sebuah sistem BPF digital. BPF digital ini nantinya akan digunakan penulis untuk memurnikan sinyal AFSK dari sebuah sistem RTTY portable.

2. Filter Digital

Secara umum perangkat keras dari sistem filter digital dapat ditunjukkan dengan Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Sistem perangkat keras dari filter digital

Sinyal analog yang akan diolah secara digital ($x(t)$) dilewatkan terlebih dahulu pada perangkat S/H (Sample and Hold). Oleh perangkat S/H, sinyal analog tersebut dicacah (disample) dan dihold pada kecepatan sample sebesar F_s . Hasil cacahan tersebut kemudian diterjemahkan sample per sample menjadi data digital selebar n bit untuk kemudian diolah lebih lanjut oleh prosesor.

Pada prosesor data-data digital tersebut kemudian diolah berdasarkan algoritma (persamaan filter) yang dirancang. Hasil pengolahan oleh algoritma tersebut kemudian diumpungkan pada piranti DAC yang bertugas untuk mengkonversi setiap data digital yang dikeluarkan oleh prosesor menjadi data analog setaranya. Data analog tersebut kemudian difilter menggunakan filter LPF (Low Pass Filter) Analog sehingga didapatkan sinyal analog hasil pengolahan yang bebas dari harmonisa

3. Filter Digital IIR

Suatu filter digital IIR (Infinite Impulse Response) adalah suatu sistem matematis diskrit yang dinyatakan sebagai berikut [2]:

$$y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k) \quad (1)$$

dengan: $y(n)$: keluaran sistem diskrit, $x(n)$: masukan diskrit, $h(n)$: karakteristik sistem diskrit

Karena jumlah suku penjumlahan pada Persamaan 1 tersebut adalah tak berhingga, maka umumnya Persamaan 1 tersebut dinyatakan dengan persamaan diskrit yang melibatkan suku keluaran sebelumnya ($y(n-k)$) dan suku masukan ($x(n-k)$) sebagaimana Persamaan 2 berikut ini.

$$y(n) = \sum_{i=1}^M a_i y(n-i) + \sum_{i=0}^L b_i x(n-i) \quad (2)$$

Dengan a_i = koefisien suku-suku Recursive, b_i = koefisien suku-suku NonRecursive, M, L = Orde suku Recursive dan Non Recursive

Fungsi alih dari sistem digital IIR dalam kawasan z dapat dinyatakan pula sebagai:

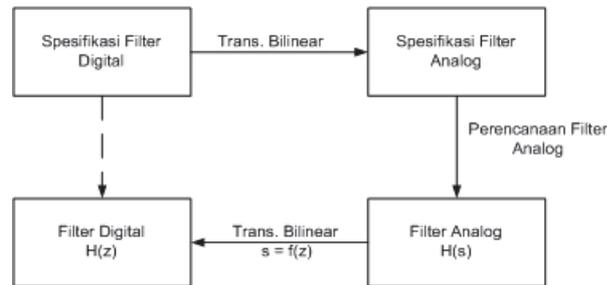
$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^L b_k z^{-k}}{\sum_{k=1}^M a_k z^{-k}} \quad (3)$$

Dalam perencanaan sistem-sistem IIR perlu diperhatikan pula masalah kestabilan sistem. Dalam [2] disebutkan bahwa suatu system dikatakan stabil apabila terdapat masukan yang terbatas ($|x(n)| < A$) menghasilkan keluaran sistem yang terbatas pula ($|y(n)| < B$) atau

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} |h(k)| < \infty \quad (4)$$

4. Perencanaan sistem IIR berbasis Filter Analog

Salah satu metode perencanaan sistem IIR, dalam hal ini filter digital IIR, adalah metode Transformasi Bilinier [2]. Secara ringkas metode perencanaan filter digital IIR dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2 Desain filter digital IIR menggunakan Metode Bilinear

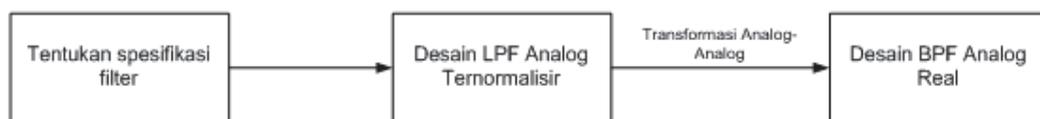
Dari diagram pada Gambar 2 tersebut terlihat bahwa perencanaan filter digital IIR dimulai dengan menspesifikasikan dahulu sifat filter yang diinginkan berdasarkan spesifikasi filter Analog. Spesifikasi yang dimaksud adalah Jenis filter yang diinginkan (LPF, BPF, HPF atau Band Stop), Besar penguatan pada daerah Lolos (A_p) dan besar peredaman pada daerah Stop, Frekuensi Cut-Off, Frekuensi Resonansi dan Lebar Band. Apabila spesifikasi yang dimaksud telah terpenuhi, maka tahap berikutnya adalah menentukan persamaan filter Analog dalam suku s .

Untuk mengubah persamaan filter Analog menjadi persamaan filter Digital ($f(z)$) dapat digunakan transformasi Bilinear. Transformasi ini sebenarnya adalah sebuah transformasi yang memetakan setiap suku $s = j\Omega$ menjadi suku $z = e^{j\omega}$ [2][3][4]:

$$s = f(z) = \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \quad (5)$$

5. Desain BPF Analog Chebychev

Suatu filter BPF Analog dapat diwujudkan dengan proses transformasi Analog-Analog dari prototype LPF ternormalisirnya [2][3][4]. Hal ini berarti, hal pertama yang perlu dilakukan untuk mendesain filter BPF adalah merancang terlebih dahulu prototype LPF ternormalisirnya. Untuk lebih jelasnya perhatikan diagram berikut ini



Gambar 3 Prosedur perencanaan filter Analog Real dari filter ternormalisirnya

Suatu filter LPF Chebychev ternormalisir mempunyai persamaan umum sebagai berikut:

$$|H_a(\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 T_N^2(\Omega)} \quad \text{Tipe I} \quad (6)$$

$$|H_a(\Omega)|^2 = \frac{\varepsilon^2 T_N^2\left(\frac{1}{\Omega}\right)}{1 + \varepsilon^2 T_N^2\left(\frac{1}{\Omega}\right)} \quad \text{Tipe II} \quad (7)$$

dimana Ω : frekuensi analog, N : orde filter, ε : nilai ripple daerah Pass atau Stop, T_N : Polinom Chebychev

Untuk menentukan orde filter (N) dapat digunakan Persamaan 8 berikut ini [2] :

$$N = \frac{\cosh^{-1} e}{\cosh^{-1} w} \tag{8}$$

$$e = \frac{\varepsilon_{stop}}{\varepsilon_{pass}} = \sqrt{\frac{10^{A_{stop}/10} - 1}{10^{A_{pass}/10} - 1}}$$

$$w = \frac{\Omega_{stop}}{\Omega_{pass}}$$

Dengan telah ditentukannya nilai N (Orde Filter), maka fungsi alih filter dapat dicari dan umumnya berbentuk kaskade berikut ini [5]

$$H(s) = H_0(s)H_1(s)H_2(s)H_3(s)...H_K(s) \tag{9}$$

dengan $H_0(s)$ bernilai sebagai berikut:

$$H_0(s) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon_{pass}^2}} & N \text{ Genap} = 2K \\ \frac{\Omega_0}{s + \Omega_0} & N \text{ Ganjil} = 2K + 1 \end{cases} \tag{10}$$

Jika LPF Chebychev tipe II yang digunakan, maka berlaku hal-hal sebagai berikut:

$$\Omega_{3dB} = \frac{\Omega_{stop}}{\cosh\left(\frac{1}{N} \cosh^{-1}(\varepsilon_{stop})\right)} \tag{11}$$

$$a = \frac{1}{N} \sinh^{-1}(\varepsilon_{stop}) \tag{12}$$

$$\Omega_0 = \frac{\Omega_{stop}}{\sinh a}, \quad \Omega_i = \frac{\Omega_{stop}}{\sin \theta_i} \quad i = 1, 2, 3...K \tag{13}$$

$$\theta_i = \frac{\pi}{2N}(N - 1 + 2i)$$

Sehingga fungsi transfer Analog-nya dapat dinyatakan sebagai:

$$H_i(s) = \frac{1 + \Omega_i^{-2} s^2}{1 - 2\Omega_0^{-1} \cos \theta_i s + (\Omega_0^{-2} + \Omega_i^{-2}) s^2} \tag{14}$$

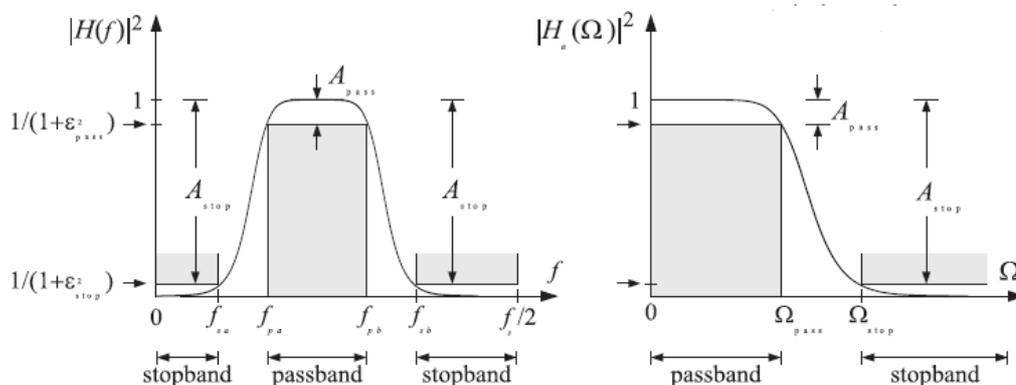
Dan $H_0(s)$ akan mempunyai nilai:

$$H_0(s) = \begin{cases} 1 \\ \frac{\Omega_0}{\Omega_0 + s} \end{cases} \tag{15}$$

Untuk mengubah fungsi transfer LPF Chebychev ternormalisir diatas menjadi fungsi transfer BPF digital (perhatikan Gambar 4) dapat dilakukan transformasi Bilinear BPF sebagaimana Persamaan 5.

$$H_i(z) = G_i \frac{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + b_3 z^{-3} + z^{-4}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + a_3 z^{-3} + a_4 z^{-4}} \tag{16}$$

Nilai-nilai koefisien untuk N Genap maupun N Ganjil dapat dilihat di [2][3][4][5].



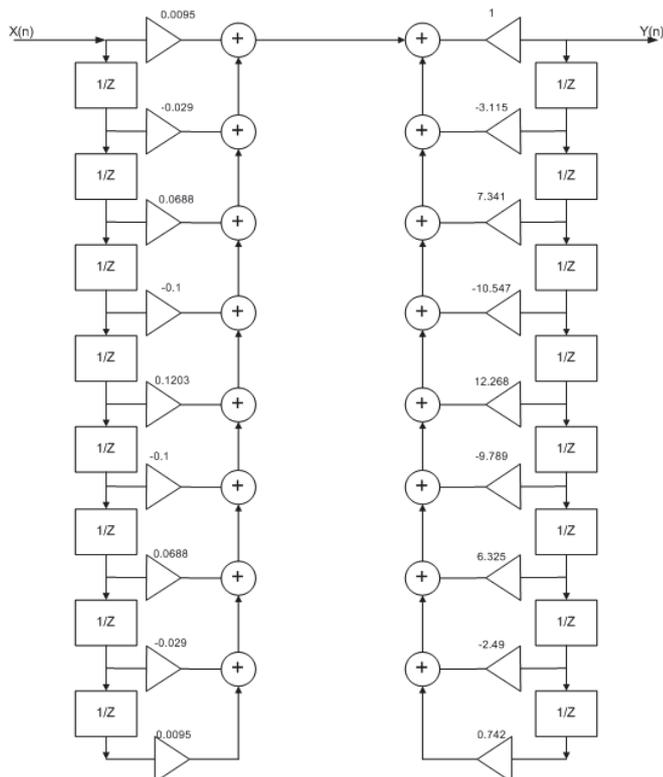
Gambar 4_ Transformasi LPF - BPF [2]

6. Perencanaan Filter Digital IIR Chebychev

Dari hasil penelusuran pustaka, penulis mendapatkan data bahwa filtering yang diperlukan bagi sinyal RTTY adalah: Kisaran frekuensi pass : 2030 Hz sampai 2390Hz, Frekuensi stop : 500Hz pada masing-masing sisi, Frekuensi Sampling: 12 KHz.

Karena yang diinginkan adalah filter dengan respon flat pada daerah Pass, maka tipe filter yang digunakan adalah tipe II Chebychev. Dan berdasarkan data diatas, maka dapat ditentukan nilai ripple dan orde filter sebagai berikut: Atenuasi daerah pass : 0.2 dB, Atenuasi daerah stop : 40 dB,

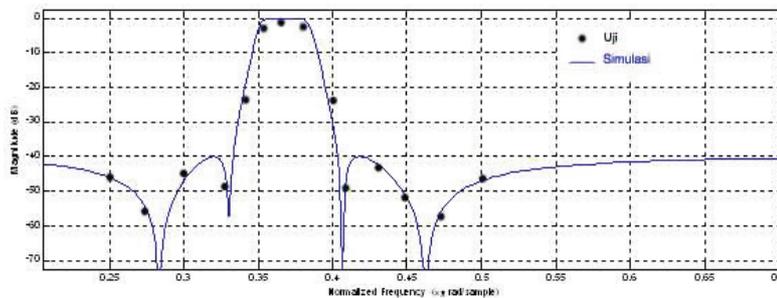
Dengan menentukan konstanta c , ω_{pass} , ω_{stop} , Ω_{pass} , Ω_{stop} , maka didapatkan orde filter sebesar 4 ($N = 4$). Hasil implementasi dari parameter-paramater yang telah ditentukan dapat dinyatakan dengan diagram berikut:



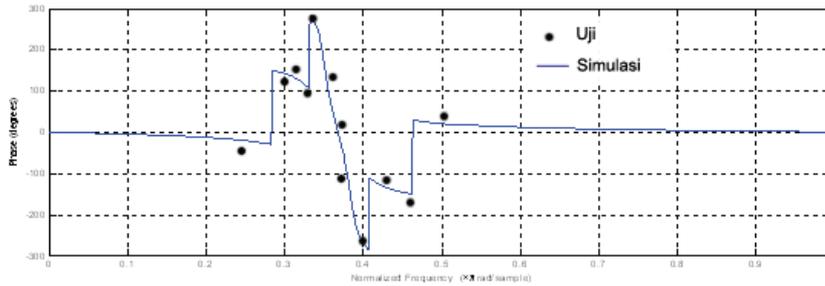
Gambar 5 Diagram Implementasi dari filter IIR

7. Pengujian

Dari hasil pengujian terhadap keseluruhan system yang dirancang didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 6 Respon Amplitudo dari filter



Gambar 7. Respon Fasa dari filter

Dari Gambar 6 dan Gambar 7 dapat diringkas hasil pengujian Filter sebagai berikut:

Tabel 1 Resume Pengujian Filter

No	Parameter Uji	MATLAB	LAB.
1	Lebar Band	207 Hz	300
2	Frekuensi Stop	1980, 2436	1900,2400
3	Astop	-40dB	-35dB
4	Apass	0dB	0dB

8. Simpulan

1. Sistem perangkat keras yang dirancang yaitu sistem minimum AVR DSP telah dapat berfungsi sebagaimana mestinya, yaitu melakukan proses pembacaan melalui ADC, melakukan proses pengolahan berdasarkan algoritma IIR dan mengeluarkan data hasil olahan menuju piranti DAC
2. Sistem perangkat lunak yang dikembangkan dapat berfungsi sebagaimana mestinya yaitu melakukan proses pengolahan data sedemikian rupa sehingga membentuk fungsi perangkat keras menjadi filter BPF digital IIR dari jenis Chebychev.
3. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa filter digital yang dirancang menghasilkan nilai BW (BandWidth) sebesar 300Hz, Apass (Penguatan Pass Band) sebesar 0, dan Astop (Penguatan daerah Stop) sebesar -35dB.
4. Faktor yang menyebabkan terjadinya deviasi antara nilai-nilai pengujian dengan nilai-nilai perencanaan adalah kurang efisiennya algoritma yang digunakan terutama algoritma Perkalian-Penjumlahan Fix Point (MAC).

9. Daftar Referensi

- [1] Forer Johan. 2007. A DSP-Based Audio Signal Processor. *QEX*. September 2007
- [2] Orfanidis. 2010. Introduction to Signal Processing. Prentice Hall Inc.----
- [3] Antoniou. 1979. Digital Filter Analysis and Design. Tata Mc Graw Hill.
- [4] G.Proakis, John. 1996. Digital Signal Processing. Prentice Hall. New Jersey. USA
- [5] Newell, Craigh. 2007. Alef Null DSP Card 4 Manual.
- [6] -----2007. AVR223: Digital Filters with AVR. AVR Application Note. www.atmel.com
- [7] Ramu, Ananta.-----. Implementing FIR and IIR Digital Filters Using PIC18 microcontrollers. Microchip Tech. India
- [8] Cassaing, Rulph. 2002. DSP Application Using C and TMS320C6x DSK. John Willey and Sons. USA