

Implementasi Eliminasi Derau Dengan Metode Tapis FIR Pada *Feedback* Pengeras *Amplifier* dan *Microphone* Berbasis SAM3X8E

Irwan Novianto, S.T
Program Studi S2 Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
Email: Irwannovianto.st@gmail.com

Dr. Ir. Risanuri Hidayat, M.Sc¹, Ir. Oyas Wahyunggoro,
M.T., Ph.D².
Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, Indonesia
Email: risanuri@te.ugm.ac.id¹, oyas@te.ugm.ac.id²

Abstrak—Tapis FIR merupakan salah satu tapis digital yang mempunyai unit sample response yang tak terhingga. Struktur tapis FIR selalu stabil dan relatif lebih sederhana jika dibandingkan dengan IIR. Implementasi eliminasi derau menggunakan tapis digital FIR membutuhkan *processor* yang cepat, serta dukungan memori yang cukup. Dengan *microcontroller* SAM3X8E ARM Cortex-M3 memiliki komputasi 32bit serta didalamnya terdapat ADC dan DAC, cocok digunakan sebagai media pemroses sinyal digital (DSP). Percobaan pengambilan sampel derau, pada umpan balik speaker merek labtec terhadap *microphone*, diperoleh derau pada jarak ± 30 cm dengan rentang frekuensi 300Hz sampai 450Hz. Hasil implementasi eliminasi derau dengan tapis FIR pada *microcontroller* SAM3X8E menggunakan jumlah tap 133 serta dengan fungsi jendela yang berbeda-beda, namun pada jendela bartlett diperoleh hasil kurang bagus, masih terdapat derau meskipun dengan magnitude yang rendah.

Kata kunci—ARM; FIR; IIR; DSP; SAM3X8E; Eliminasi Derau.

I. PENDAHULUAN

Derau (*noise*) adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik (suara), elektrik, maupun elektronik yang hadir dalam suatu sistem (rangkain listrik/ elektronika) dalam bentuk gangguan yang bukan merupakan sinyal yang diinginkan [1]. Sumber derau dapat dikelompokkan dalam tiga kategori yaitu, sumber derau *intrinsic* yang muncul dari fluktuasi acak di dalam suatu sistem fisik seperti *thermal* dan *shot noise*. Sumber derau buatan manusia seperti motor, *switch*, elektronika digital. Derau karena gangguan alamiah seperti petir dan bintik matahari.

Tapis (tapis) merupakan piranti yang dapat berupa perangkat lunak (*software*) atau perangkat keras (*hardware*) yang diterapkan pada suatu isyarat atau data bercampur derau dengan tujuan mendapatkan isyarat atau data asli [2]. Tapis berdasarkan tanggapan impuls-nya dibedakan menjadi tapis FIR (*finite impulse response*) yaitu tanggapan impuls terhingga dan tapis IIR (*infinite impulse response*) yaitu tanggapan impuls tak terhingga. Tapis FIR memerlukan metode penjendelaan (*windowing*) dalam realisasinya.

Saat ini banyak penelitian yang mengulas tentang implementasi tapis digital baik itu dengan perangkat lunak maupun perangkat keras, namun dari penelitian dengan menggunakan perangkat keras kebanyakan menggunakan FPGA, sedangkan penggunaan *microcontroller* sangat jarang. Penelitian yang berfokus pada perangkat keras *microcontroller* tidak bisa lepas dari optimasi dan efisiensi penggunaan sumber daya atau *resources* yang tersedia didalam *microcontroller*. Jadi harus dicari teknik dan metode implementasi yang optimal dan efisien dalam penggunaan sumber daya dan juga mampu memberikan hasil komputasi yang benar.

Salah satu penelitian implementasi tapis digital FIR berbasis FPGA oleh Kuc, Roman [5], bahwa tapis digital diimplementasikan sebagai suatu runtun instruksi pada sebuah komputer, yang dapat diubah dengan editor. Pada implementasi tapis digital secara *hardware*, koefisien pengali disimpan dalam ROM (*read only memory*) yang dapat diubah apabila tapis dimodifikasi. Pada penelitian ini disebutkan juga bahwa sinyal masukan $x(t)$ dilewatkan pada ADC (analog to digital converter) untuk menghasilkan runtun masukan waktu diskrit $x(n)$, kemudian masukan diskrit $x(n)$ akan diproses oleh tapis digital yang di implementasikan dengan perangkat keras kegunaan khusus untuk menghasilkan runtun keluaran $y(n)$, yang akhirnya sebuah DAC (*digital to analog converter*) diperlukan untuk merekonstruksi sinyal keluaran diskrit $y(n)$ menjadi sinyal analog kembali $y(t)$.

Jika kita mengikuti kegiatan ibadah di masjid atau kegiatan acara yang berada pada ruangan, dimana dalam acara tersebut menggunakan pengeras suara *amplifier* dan *microphone*, sesekali pasti kita akan jumpai derau yang sangat mengganggu telinga. Umumnya guna mengatasi derau yang dihasilkan dari *feedback amplifier* dan *microphone* ini, pengguna *microphone* akan menggerak-gerakkan *microphone* untuk menjauhi pengeras suara *amplifier*, atau operator akan menghampiri *amplifier* guna menurunkan volume *amplifier* tersebut.

Pada penelitian ini gambaran umum adalah merancang eliminasi derau yang dihasilkan oleh *feedback* (umpan balik)

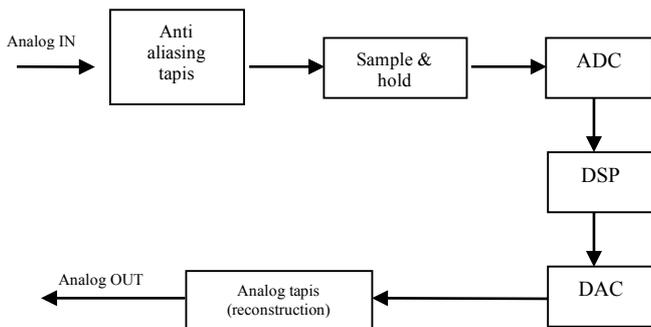
dari penguat *amplifier* terhadap *microphone* dengan tapis digital FIR menggunakan *microcontroller* SAM3X8E. Dimana proses awal dengan mengamati pola atau bentuk dari derau yang dihasilkan oleh *feedback* penguat suara *amplifier*, dengan cara mendekatkan *microphone* dengan penguat *amplifier* hingga diperoleh derau dengan bantuan matlab. Dengan simulasi matlab maka dilakukan eliminasi derau menggunakan tapis digital FIR. Kemudian hasil simulasi tadi dilakukan implementasi tapis digital FIR menggunakan *microcontroller* SAM3X8E.

II. DASAR TEORI

A. Pengolahan sinyal digital

Pengolahan sinyal merupakan suatu operasi matematis untuk mengolah atau memproses sinyal menjadi informasi yang berguna (data). Informasi merupakan hasil pengolahan dari sinyal yang mempunyai daya guna. Pada dasarnya sinyal digital merupakan representasi diskrit, karena pengolahannya memerlukan komputer atau *microcontroller*.

Sinyal dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sinyal analog (*continue*) dan sinyal diskrit (digital). Di alam kebanyakan sinyal ditemukan dalam bentuk sinyal analog. Untuk itu, diperlukan pengolahan sinyal dari sinyal analog menjadi sinyal digital.



Gambar 1. Proses sinyal digital pada perangkat keras[6]

Pada Gambar 1 diatas analog in berupa sinyal analog. *Anti aliasing tapis* berupa LPF (*low pass tapis*) yang berfungsi sebagai penghilang frekuensi derau yang dihasilkan oleh perangkat *input*, seperti dari *microphone*. Rangkaian *anti aliasing tapis* ini berupa rangkaian analog RLC dengan penguat operasi (Op-amp). Sinyal analog yang sudah di tapis akan di sampling dengan rangkaian *sample & hold* menjadi sinyal diskrit yang keluarannya berupa pulsa-pulsa dengan amplitudo tertentu. sinyal ini akan diberikan pada ADC untuk dihasilkan berupa kode-kode biner. Kode-kode biner ini akan masuk ke proses DSP (*digital signal processing*)[8]. Keluaran dari DSP melalui DAC berupa sinyal tangga (*step*), kemudian masuk ke rangkaian analog tapis *reconstruction* agar didapatkan sinyal analog yang baik.

B. Tapis FIR

Tapis FIR (*Finite Impulse Response*) merupakan salah satu tapis digital yang mempunyai unit sample response yang tak terhingga. Struktur tapis FIR selalu stabil dan relatif lebih sederhana dibandingkan dengan struktur IIR, selain itu tapis

FIR dapat didesain agar memiliki suatu response fase linier yang sangat dibutuhkan untuk beberapa aplikasi. Karakteristik dasar dari tapis FIR[3] sebagai berikut:

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

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)z^{-k} \quad (2)$$

dimana :

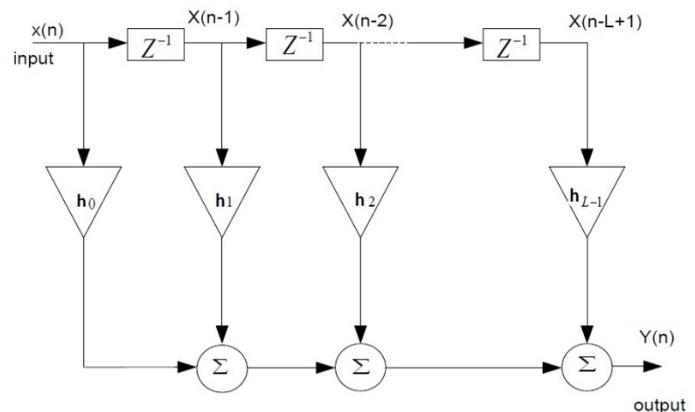
$h(k)$, $k = 0, 1, \dots, N-1$ adalah koefisien respon impuls filter.

$y(n)$ adalah sinyal keluaran tapis.

$H(z)$ adalah transfer *function* tapis.

N adalah panjang tapis.

Struktur tapis FIR[7] pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Struktur Transversal Tapis FIR

Maka persamaanya[7] menjadi:

$$y(n) = b_0x(n) + b_1x(n-1) + b_2x(n-2) + \dots + b(n)x(n-k) \quad (3)$$

C. Tapis FIR dengan metode jendela

Persoalan yang diperlukan pada perancangan tapis digital FIR adalah menentukan panjang tapis yang memenuhi syarat, dimana sinyal informasi yang ditapis tidak bekerja pada daerah osilasi. Karena bila bekerja pada osilasi, sinyal masukan akan menjadi osilasi pula. Salah satu metode agar tidak bekerja pada daerah osilasi adalah mengalikan sinyal dari perancangan metode langsung dengan suatu fungsi tertentu (fungsi *window*). Proses ini dikenal dengan metode *window*. Proses perkalian dapat dilihat di persamaan[12] (4).

$$h(n) = h_d(n) * w(n) \quad (4)$$

Dimana: $h(n)$ adalah *unit response sample filter* digital FIR.

$h_d(n)$ adalah *unit response sample* yang diperoleh dari metode langsung.

$w(n)$ adalah *fungsi window* yang digunakan. Lihat pada Tabel 1.

Tapis metode langsung mengisyaratkan bahwa semua sinyal yang memiliki komponen frekuensi dibawah nilai *cut-off* harus dilewatkan dan semua komponen frekuensi diatas frekuensi *cut-off* harus di-*reject*. Tanggapan *impulse* pada tapis ideal [12] dapat dinyatakan sebagai :

$$h_d(n) = \frac{1}{2} \int_{-wc}^{wc} H_d(e^{jw}) e^{jwn} dw \quad (5)$$

Dengan nilai amplitudo $H_d(e^{jw}) = G = 1$ maka akan diperoleh persamaan [12]:

$$h_d(n) = \frac{1}{2} \int_{-wc}^{wc} 1 e^{jwn} dw = \frac{e^{jwn} e^{-jwn}}{j2} \quad (6)$$

$$h_d(n) = \frac{\sin(\frac{1}{2} n wc)}{n} = \frac{wc}{nw_c} \sin \frac{wc n}{2}$$

Dengan: w_c adalah frekuensi *cut-off*, dengan n adalah *index* nilai sampel waktu *diskrit*.

TABEL 1. FUNGSI JENDELA [6] (NON CAUSAL)

D. Microcontroller SAM3X8E

Fungsi jendela	Fungsi jendela
Rectangular	$w_R(n) = \begin{cases} 1,0 & n \in \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$
Bartlett	$w_B(n) = \begin{cases} \frac{2n}{N-1}, 0 & n \in \frac{N-1}{2} \\ 2 \frac{2n}{N-1}, \frac{N-1}{2} & n \in N-1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$
Hanning	$w_{Han}(n) = \begin{cases} 0.5 + 0.5 \cos \frac{2n}{N-1}, 0 & n \in \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$
Hamming	$w_{Ham}(n) = \begin{cases} 0.54 + 0.46 \cos \frac{2n}{N-1}, 0 & n \in \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$
Balckman	$w_B(n) = \begin{cases} 0.42 + 0.5 \cos \frac{2n}{N-1} + 0.08 \cos \frac{4n}{N-1}, 0 & n \in \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$

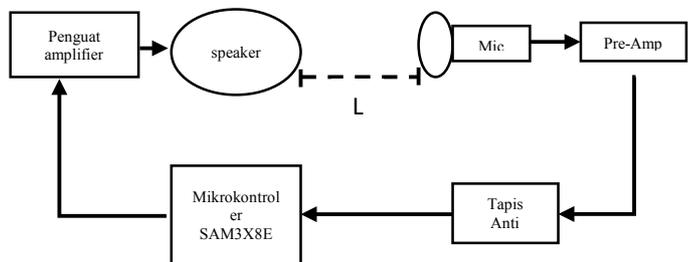
Microcontroller SAM3X8E adalah mikrokontroler yang memiliki kinerja tinggi 32bit RISC-M3 ARM buatan Atmel. mikrokontroler ini beroperasi pada kecepatan maksimum 84MHz dan memiliki memori *flash* sebesar 512Kbyte dan 96Kbyte SRAM. pada mikrokontroler ini didalamnya juga terdapat fitur *High Speed USB Host* dan *port device*. mikrokontroler SAM3X8E memiliki *port* digital I/O sebanyak 54 pin, dengan 12 pin untuk *port* PWM. ADC pada mikrokontroler SAM3X8E sebanyak 12 pin serta DAC sebanyak 2 pin [4].

Perangkat Mikrokontroler SAM3X8E beroperasi pada 1.62 Volt ke 3.6 volt sehingga hemat daya, serta memiliki tiga mode daya rendah *software* yang bisa dipilih yaitu sleep, wait dan backup. pada mode sleep prosesor dihentikan sementara fungsi lainnya tetap berjalan. Pada mode wait semua fungsi *clock* dihentikan dan fungsi beberapa peripheral dapat dikonfigurasi untuk bangun sistem berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan. dalam mode *backup* hanya fungsi RTC, RTT, and *wake-up logic* yang berjalan.

Arsitektur mikrokontroler SAM3X8E dirancang untuk mempertahankan Secara khusus transfer data berkecepatan tinggi. Ini termasuk matriks bus multi-layer serta beberapa bank SRAM, PDC dan DMA saluran memungkinkan untuk menjalankan tugas secara paralel dan memaksimalkan data.

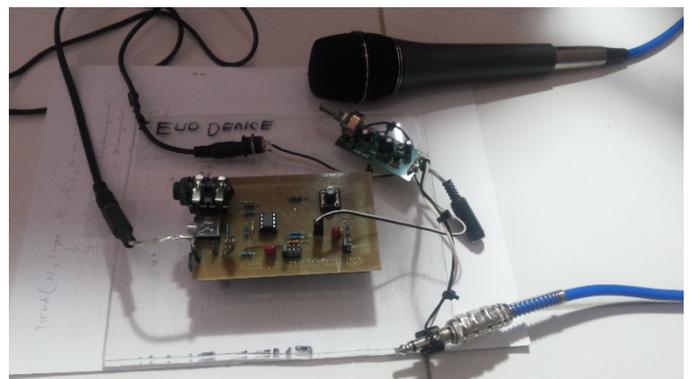
III. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem merupakan tahap yang penting dalam proses perancangan implementasi alat. Perancangan bertujuan agar dalam pembuatannya dapat berjalan secara sistematis, terstruktur dan rapi sehingga hasil implementasi alat dapat berjalan sesuai dengan apa yang dikehendaki. Secara umum diagram blok perancangan implementasi eliminasi derau seperti Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram blok perancangan implementasi eliminasi derau

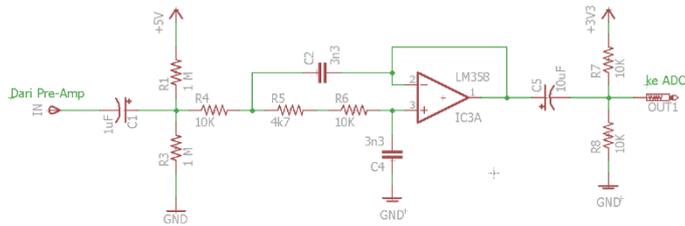
Pada perancangan eliminasi derau tahap pertama yaitu mendapatkan derau hasil umpan balik dari penguas *amplifier* terhadap *microphone*. Seperti Gambar 3 yang ditandai dengan huruf "L", dimana untuk mendapatkan derau yaitu dengan menaruh *microphone* sejajar dengan speaker kemudian diatur jarak antara *microphone* dengan speaker tersebut sehingga diperoleh derau yang dihasilkan. Dalam memudahkan penelitian proses perekaman data derau dengan menggunakan matlab.



Gambar 4. Bentuk perancangan implementasi eliminasi derau.

A. Tapis anti aliasing

Anti-aliasing berarti menghilangkan komponen sinyal yang memiliki frekuensi lebih tinggi dari yang dapat diterima oleh alat perekam (*sampling*). Jika perekaman dilakukan tanpa menghilangkan bagian sinyal ini, maka dapat menyebabkan derau (*noise*). Sebuah realisasi filter *anti-aliasing* biasanya akan baik mengizinkan beberapa aliasing terjadi atau menipiskan beberapa frekuensi di-band dekat dengan batas Nyquist[10]. Untuk alasan ini, banyak sistem praktis sampel yang lebih tinggi dari yang dibutuhkan untuk memastikan bahwa semua frekuensi yang menarik dapat direkonstruksi, praktik yang disebut *oversampling*.



Gambar 5. Rangkaian anti aliasing.

Rangkaian tapis *anti aliasing* seperti Gambar 5 di atas berisi komponen pasif yaitu resistor dan kapasitor serta komponen aktif berupa penguat operasi (*Op-amp*). Pada prinsipnya rangkaian *anti aliasing* prinsip dasar penguat *inverting*, dimana untuk menentukan frekuensi *cutt-off*[11] yaitu:

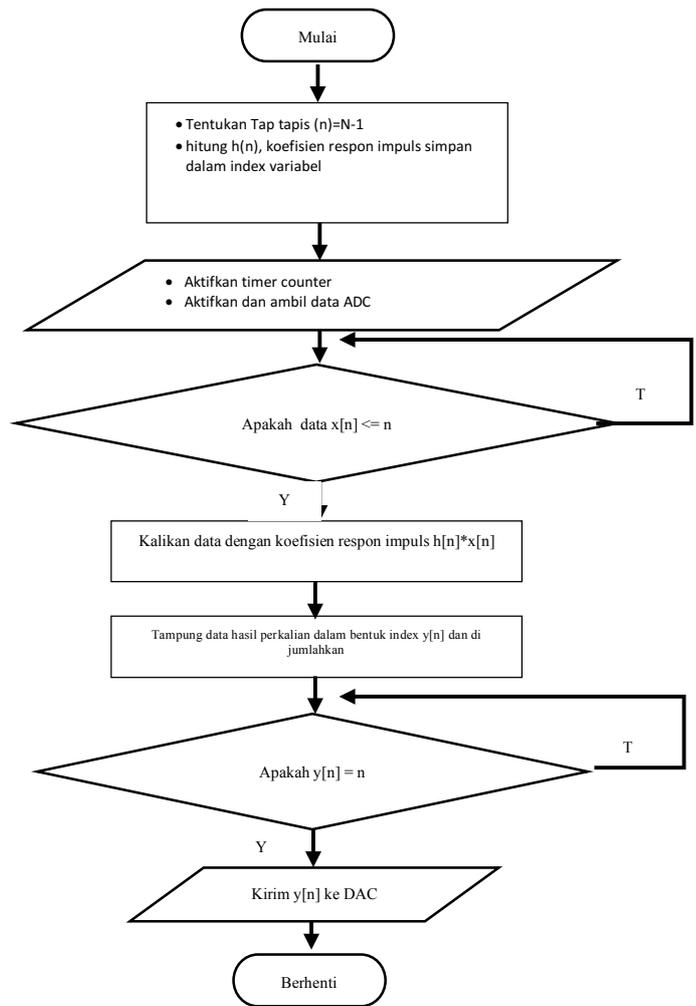
$$f_c = \frac{1}{2 \cdot R_4 \cdot C_2} \quad (7)$$

Tegangan operasi ADC pada mikrokontroler SAM3X8E bekerja pada tegangan 3,3 volt, maka data dari rangkaian *anti aliasing* harus di turunkan dahulu sebelum ke ADC, seperti gambar 4 diatas persamaannya[11] adalah:

$$V_{out} = \frac{R_8}{R_7 + R_8} \times 3,3V \quad (8)$$

B. Implementasi penapisan derau

Implementasi penapisan derau adalah menerapkan teori tapis FIR ke dalam mikrokontroler SAM3X8E. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam implementasi penapisan derau ini yaitu tentang keterbatasan alokasi memori yang dimiliki oleh mikrokontroler SAM3X8E, sehingga dalam perancangan pemrograman harus diperhatikan dalam penggunaan tipe variabel serta perhitungan yang tidak terlalu rumit sehingga dapat mengurangi pemakaian alokasi memori. Berdasarkan persamaan baku pada persamaan (1) diatas maka dapat dibuat diagram alir program dari implementasi penapisan derau sebagai berikut.



Gambar 6. Rangkaian anti aliasing.

Berdasarkan Gambar 6 diagram alir diatas maka dapat di implemenatasi tapis digital FIR dalam mikrokontroler SAM3X8E, maka program tapis FIR sebagai berikut:

```

y=0
input data x[n_pointer]
Do for semua tap
    y = y + h[n]*(x_pointer)
    tambahkan x_pointer dan tutup samapai if > N
End Do
Keluarkan y ke DAC
Kurangi n_pinter dan tutup samapai if < 0
    
```

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

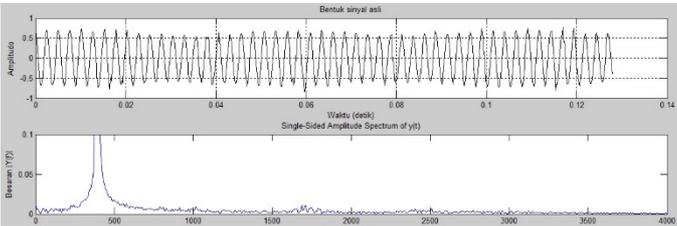
A. Pengambilan sampel data derau

Pengambilan sampel data derau yaitu dengan menaruh *microphone* tepat didepan speaker *amplifier* kemudian digeser-geser sampai mendapat data derau.



Gambar 7. Pengambilan sampel data derau.

Pada percobaan kami menggunakan speaker *amplifier* merek labtec seri LCS-1050 dengan daya power *amplifier* maksimal 2 watt. Diperoleh hasil derau umpan balik antara speaker dengan *microphone* pada jarak sekitar $\pm 30\text{cm}$, dengan rentang frekuensi derau 300 Hz sampai 450 Hz.



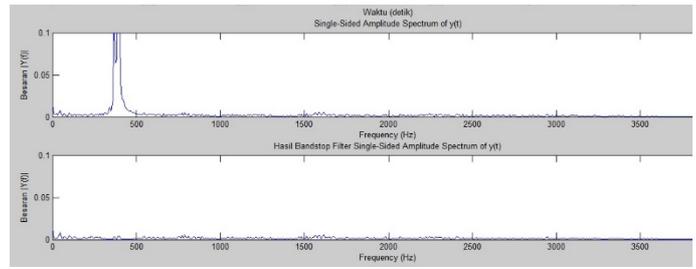
Gambar 8. Hasil sampel data derau.

B. Pengujian implementasi dengan fungsi jendela

Pengujian implementasi eliminasi derau menggunakan tapis FIR pada mikrokontroler SAM3X8E yaitu mengolah data sampel derau diatas untuk dilakukan proses penapisan menggunakan tapis FIR, pada rentang frekuensi derau 300 Hz sampai 450 Hz dengan menggunakan tapis *bandstop*, serta fungsi jendela yang berbeda. Pada percobaan fungsi jendela yang digunakan yaitu *Rectangular*, *Bartlett*, *Hanning*, *Hamming*, *Balckman*. Pada percobaan ini jumlah tap yang digunakan $n = 133$. Berdasarkan persamaan 3 maka persamaannya menjadi:

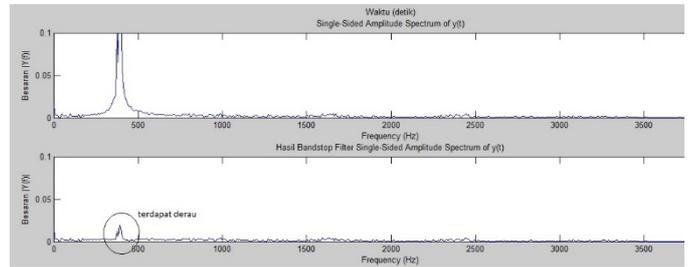
$$y[n] = h[0]x[n] + h[1]x[n-1] + h[2]x[n-2] + h[3]x[n-3] + \dots + h[132]x[132] \quad (9)$$

1) *Implementasi pada fungsi jendela Rectangular*. Pada pengujian fungsi jendela *rectangular* diperoleh hasil cukup bagus meskipun masih ada derau sedikit dengan magnitude yang kecil, seperti pada Gambar 9. Pada gambar bagian atas adalah sinyal sebelum di ditapis, untuk gambar di bawahnya adalah setelah ditapis.



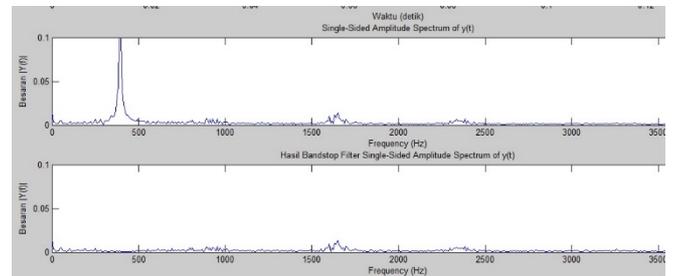
Gambar 9. Hasil pengujian pada fungsi jendela *rectangular*.

2) *Implementasi pada fungsi jendela Bartlett*. Pada pengujian fungsi jendela *Bartlett* diperoleh hasil kurang begitu bagus dikarenakan derau masih muncul meskipun dengan magnitude yang rendah, seperti pada Gambar 10.



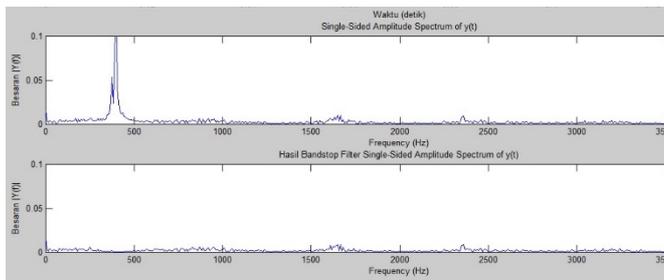
Gambar 10. Hasil pengujian pada fungsi jendela *bartlett*.

3) *Implementasi pada fungsi jendela Hanning*. Pada pengujian fungsi jendela *Hanning* diperoleh hasil lebih bagus jika dibandingkan dengan fungsi jendela *Bartlett*.



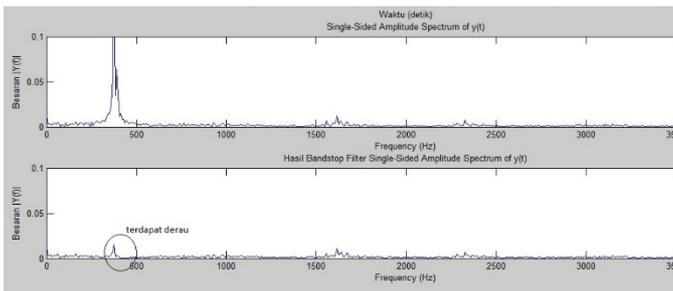
Gambar 11. Hasil pengujian pada fungsi jendela *hanning*.

4) *Implementasi pada fungsi jendela Hamming*. Pada pengujian fungsi jendela *Hamming* diperoleh hasil sama dengan fungsi jendela *hanning* dan lebih bagus jika dibandingkan dengan fungsi jendela *Bartlett*.



Gambar 12. Hasil pengujian pada fungsi jendela *hamming*.

5) *Implementasi pada fungsi jendela Balckman*. Pada pengujian fungsi jendela *Balckman* diperoleh hasil hampir sama dan lebih bagus jika dibandingkan dengan fungsi jendela *Bartlett*.



Gambar 13. Hasil pengujian pada fungsi jendela *balckman*.

V. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa, pertama derau yang dihasilkan pada umpan balik *speaker* merek *labtec* terhadap *microphone* pada jarak $\pm 30\text{cm}$ dengan rentang frekuensi 300Hz sampai 450Hz. Kedua proses implementasi alat pada *microcontroller* SAM3X8E menggunakan jumlah tap 133 dengan beberapa fungsi jendela, bahwa fungsi jendela *bartlett*

dan jendela *blackman* diperoleh hasil kurang bagus karena masih terdapat derau meskipun dengan magnitude yang rendah.

VI. SARAN

Penelitian yang berkelanjutan dengan modal dasar ini perlu terus dikembangkan antara lain untuk mengimplementasikan algoritma lain. Serta perlu penelitian lanjut dengan menggunakan *speaker power amplifier* dengan daya yang lebih besar agar dapat diperoleh data-data derau yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (2016) *Derau*. [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Derau>
- [2] Bambang Dwi Sanyata, "Analisis perbandingan penghilangan derau pada isyarat suara dengan tapis adaptif menggunakan algoritma LMS dan RLS", Tesis, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta, 2006.
- [3] Denny Dermawan, "Implementasi tapis digital finite impulse response (FIR) berbasis FPGA (Field Programmable Gate Arrays)", Tesis, Teknik Elektro UGM, Yogyakarta, 2009.
- [4] "SAM3X / SAM3A Series data sheet", Atmel, San Jose, California.
- [5] Kuc, Roman, *Introduction to digital signal processing*, McGraw-Hill Book Company, 1982.
- [6] Harlianto Tanudjaja, "Pengolahan sinyal digital & sistem pemrosesan sinyal", ANDI Yogyakarta, Yogyakarta, 2007.
- [7] Dogan Ibrahim, "Practical digital signal processing using microcontrollers", Elector International Media BV, United Kingdom, 2013.
- [8] Gafar A, "perancangan tapis digital FIR pelewat rendah dengan penjudelaan *balckman* berbasis *FPGA*", Teknik elektro UGM, Yogyakarta, 2002.
- [9] (2016) *Labtec LCS-1050 Spin 50 2-Piece Computer Speakers*. [Online]. Available: <http://www.amazon.com/Labtec-LCS-1050-2-Piece-Computer-Speakers/dp/B00004SUG7>
- [10] El-Tarhuni , M.G. , Sheikh A.U., *Application of Adaptive Taping to Direct-Sequence Spread-Spectrum Code Acquisition*, Wireless Personal Communications, 8:185-204, 1998.
- [11] Wasito s, "vedemekum Elektronika edisi kedua", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2001.
- [12] R.H Sianipar, I.K Wiryajati, M. Irwan, "Pemroses Sinyal Digial", Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 2012.