

# Adaptive IIR Filter Untuk Active Noise Controller Menggunakan Prosesor Sinyal Digital TMS320C542

Endra

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Nusantara  
Jl K.H. Syahdan No. 9, Kemanggis, Jakarta Barat, 11480, Telp : 021-53696930  
Email : [endraoey@binus.ac.id](mailto:endraoey@binus.ac.id)

## Abstrak

Active Noise Controller (ANC) adalah cara untuk mengurangi/menghilangkan noise dengan cara membangkitkan sinyal yang akan mengurangi atau menghilangkan noise tersebut. ANC biasanya diimplementasikan menggunakan adaptive Finite Impulse Response (FIR) filter karena kestabilan ANC yang dihasilkan, namun memerlukan jumlah koefisien filter yang banyak. Dalam penelitian ini ANC akan menggunakan adaptive Infinite Impulse Response (IIR) filter yang hanya membutuhkan sebanyak 3 koefisien untuk input dan 2 koefisien untuk output. Namun dengan adanya umpan balik maka IIR filter dapat mengalami ketidakstabilan sehingga algoritma untuk meng-update koefisien-koefisiennya menjadi sulit. Algoritma Feintuch's IIR-LMS (Least Mean Square) merupakan pendekatan algoritma adaptif untuk IIR filter yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Active noise controller yang dirancang menggunakan DSP's TMS320C542 untuk menghitung algoritma Feintuch's IIR-LMS. Fungsi alih akustik ruangan akan dimodelkan sebagai phase delay menggunakan FIR filter 33 koefisien. ANC diuji coba secara simulasi, dengan menggunakan sinyal sinus dan random noise generator sebagai sinyal noise yang akan dikurangi/hilangkan. Hasil simulasi menunjukkan ANC bekerja cukup baik dalam meredam noise. Untuk noise berupa sinyal sinus frekuensi 181 Hz dan 2330 Hz peredaman sebesar 41,88 dB dan 64,68 dB sedangkan untuk random noise peredaman sebesar 17,5 dB.

**Keywords:** Active Noise Controller (ANC), adaptive IIR filter, algoritma Feintuch's IIR-LMS, prosesor DSP TMS320C542.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Filter Digital FIR dan IIR

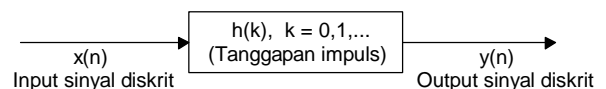
Filter adalah sebuah sistem atau jaringan yang secara selektif merubah karakteristik (bentuk gelombang, frekuensi, fase dan amplitudo) dari sebuah sinyal. Secara

umum tujuan dari pemfilteran adalah untuk meningkatkan kualitas dari sebuah sinyal misalnya menghilangkan atau mengurangi noise, mendapatkan informasi yang dibawa oleh sinyal atau untuk memisahkan dua atau lebih sinyal yang sebelumnya dikombinasikan, dimana sinyal tersebut dikombinasikan dengan tujuan mengefisienkan pemakaian saluran komunikasi yang ada. [8]

Filter digital adalah sebuah implementasi algoritma matematik ke dalam perangkat keras dan/atau perangkat lunak yang beroperasi pada sebuah input sinyal digital untuk menghasilkan sebuah output sinyal digital agar tujuan pemfilteran tercapai [14].

Filter digital memainkan peranan yang sangat penting dalam pemrosesan sinyal digital, pemakaian filter digital antara lain untuk kompresi data, pemrosesan suara, pengolahan citra, pengiriman data, noise canceller dan echo canceller pada telepon.

Diagram blok dasar dari filter digital dapat dilihat pada Gambar 1., berdasarkan diagram blok tersebut maka secara garis besar filter digital dapat dibagi menjadi dua yaitu filter digital FIR dan IIR.



**Gambar 1.** Blok Diagram Dasar Filter Digital.

Filter digital FIR dan IIR dituliskan dalam persamaan :

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

$$\text{IIR : } y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k) \quad (2)$$

Bentuk rekursif filter digital IIR :

$$y(n) = \sum_{k=0}^N a_k x(n-k) - \sum_{k=1}^M b_k y(n-k) \quad (3)$$

dimana  $a_k$  dan  $b_k$  adalah koefisien filter. [11]

### 1.2 Adaptive IIR Filter

Filter digital adaptif merupakan filter digital yang mampu melakukan pengaturan terhadap koefisien-koefisiennya secara otomatis.

*Adaptive IIR filter* memiliki kelebihan dibandingkan *adaptive FIR filter* dalam hal jumlah koefisien filter yang dibutuhkan lebih sedikit. Namun dengan adanya umpan balik maka *IIR filter* dapat mengalami ketidakstabilan sehingga algoritma untuk meng-update koefisien-koefisiennya menjadi sulit. *Algoritma Feintuch's IIR-LMS* merupakan pendekatan algoritma adaptif untuk *IIR filter* yang sederhana dan mudah diimplementasikan. *Algoritma Feintuch's IIR-LMS* bertujuan untuk meminimalkan rata-rata kuadrat error yang terjadi antara output filter dan sinyal referensi dengan cara meng-update koefisien-koefisien filter menurut persamaan [7] :

$$a_{n+1} = a_n + 2m_a e_n x_n ; b_{n+1} = b_n + 2m_b e_n y_{n-1} \quad (4)$$

Rumus untuk memperbaharui koefisien pada *Feintuch's IIR-LMS* tersebut relatif sederhana sebab hanya melibatkan operasi perkalian dan operasi penjumlahan sehingga mudah dilakukan pada operasi *real time*.

## 2. Active Noise Controller (ANC)

ANC adalah cara untuk mengurangi/menghilangkan noise dengan cara membangkitkan sinyal yang akan mengurangi atau menghilangkan noise tersebut. Isitilah 'active' menunjukkan perbedaan dengan metode tradisional teknik 'passive' untuk mengontrol suara dan getaran yang tak diinginkan. Teknik pasif ini mencakup penggunaan 'insulation', *silencers*, *vibration mount*, *damping treatments* dan *absorptive treatments*. Teknik pasif bekerja baik pada frekuensi menengah dan tinggi, tapi untuk frekuensi rendah teknik pasif membutuhkan ukuran yang besar dan memakan tempat [9].

ANC pada penelitian sebelumnya menggunakan *adaptive FIR filter* menggunakan DSP's TMS 320C542 dengan algoritma LMS [10], [13] dan menggunakan MatLab dengan algoritma RLS [12]. Dengan *adaptive FIR filter* dihasilkan ANC yang stabil, namun membutuhkan koefisien filter yang banyak.

Dengan menggunakan *adaptive IIR filter* untuk ANC maka jumlah koefisien yang dibutuhkan lebih sedikit, namun kestabilan ANC harus dijaga hati-hati sebab *IIR filter* dapat menyebabkan ketidak-stabilan.

## 3. Perancangan ANC Dengan Adaptive IIR Filter Pada DSP's TMS320C542

### 3.1. DSP's TMS320C542

TMS320C542 adalah prosesor sinyal digital *fixed point* sebagai *Application Specific Integrated Circuits*

yang termasuk dalam keluarga besar prosesor TMS320 produksi *Texas Instrument*.

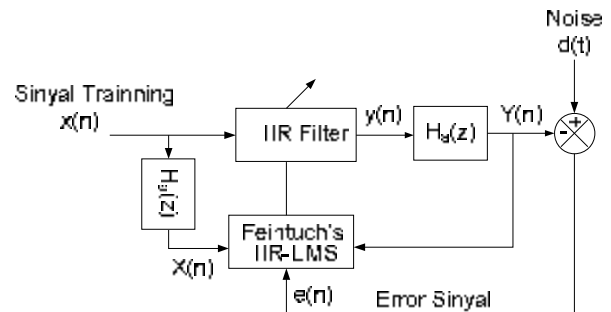
Prosesor ini menggunakan *advanced modified Harvard architecture* dimana terdapat satu bus untuk program, tiga bus untuk data, dan empat bus untuk pengalamatan sehingga memungkinkan untuk mengakses instruksi dan data secara bersamaan.

Antar-muka antara prosesor *DSP* dan lingkungan yang noise-nya akan dikontrol menggunakan *ADC/DAC* 14 bit yang dapat diprogram. [1],[2],[3],[4],[5],[6].

### 3.2. Perancangan ANC dengan Adaptive IIR Filter

Untuk ANC maka bentuk langsung algoritma *Feintuch's IIR-LMS* tak dapat digunakan karena adanya fungsi alih akustik ruangan, sehingga output filter bukan dibuat supaya sama dengan noise tapi dibuat supaya sama dengan noise setelah melewati fungsi alih tersebut. Sehingga fungsi alih akustik tersebut harus dimodelkan terlebih dahulu dan model itu digunakan dalam perhitungan *Feintuch's IIR-LMS*. Fungsi alih ruangan tersebut dimodelkan sebagai *phase delay* menggunakan *FIR filter* sebanyak 33 koefisien.

Blok diagram dari ANC yang dirancang ada pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Blok Diagram ANC Adaptive IIR Filter

Pada Gambar 2.  $H_d(z)$  adalah fungsi alih akustik ruangan, sehingga algoritma *Feintuch's IIR-LMS* menjadi :

$$a_{n+1} = a_n + 2m_a e_n X_n ; b_{n+1} = b_n + 2m_b e_n Y_{n-1} \quad (5)$$

Digunakan 3 koefisien untuk  $a_n$  dan 2 koefisien untuk  $b_n$ . Nilai konstanta konvergensi,  $\mu_a = 0,3$  dan  $\mu_b = 0.03$ . Nilai awal koefisien *IIR filter* diset sedemikian sehingga membentuk *Butterworth Low Pass Filter (LPF)* dengan frekuensi cut-off 1500 Hz Frekuensi sampling dari ADC/DAC di-set sebesar 9259,259 Hz.

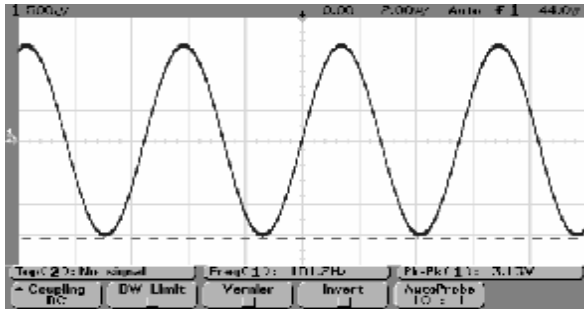
*Noise controller* dilakukan secara simulasi (noise,  $d(n)$ , dan perhitungan sinyal error,  $e(n)$ , dibangkitkan dan dilakukan di dalam prosesor DSP).

ANC akan diuji coba dengan menggunakan *noise* berupa sinyal sinus dan *random noise*.

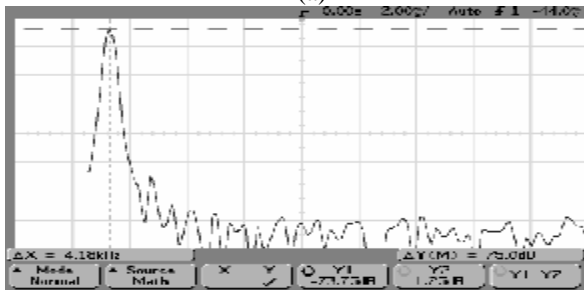
#### 4. Hasil Eksperimen

##### 4.1 Noise berupa sinyal sinus

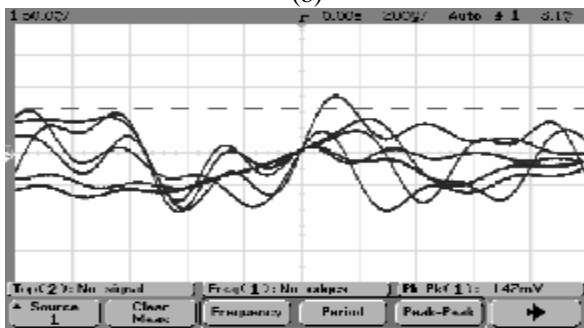
###### a. Sinyal Sinus 181 Hz



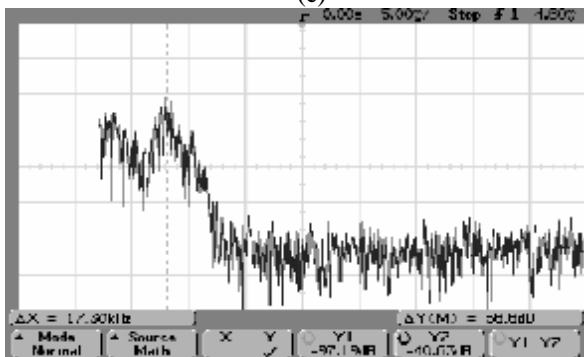
(a)



(b)



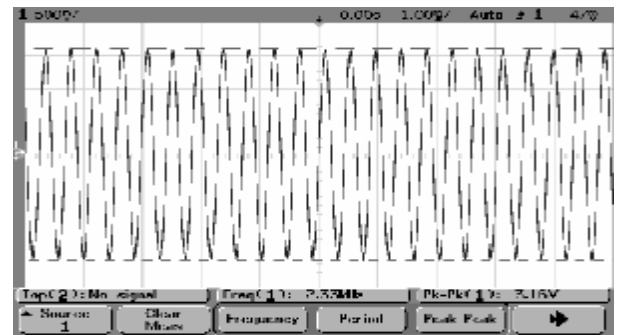
(c)



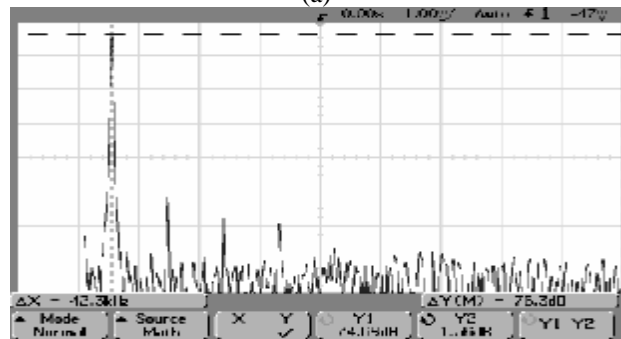
(d)

**Gambar 3.** (a) Sinyal sinus,  $f = 181$  Hz . (b) Spektrum frekuensi sinyal sinus  $f = 181$  Hz. (c) Sinyal hasil ANC (error sinyal). (d) Spektrum frekuensi sinyal hasil ANC (error sinyal).

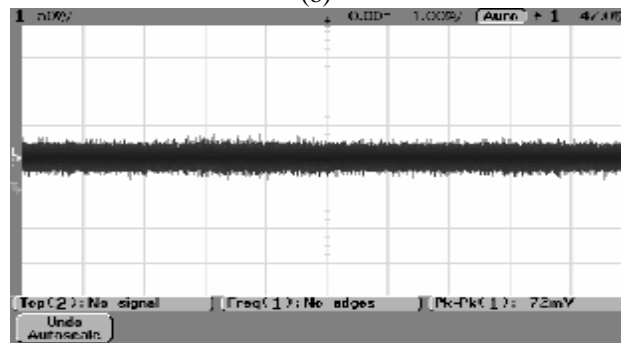
###### b. Sinyal Sinus 2330 Hz



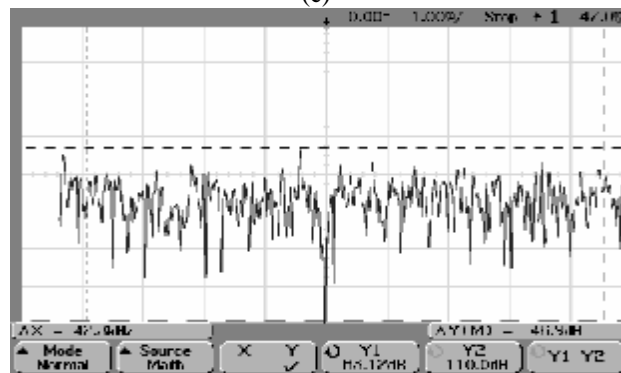
(a)



(b)



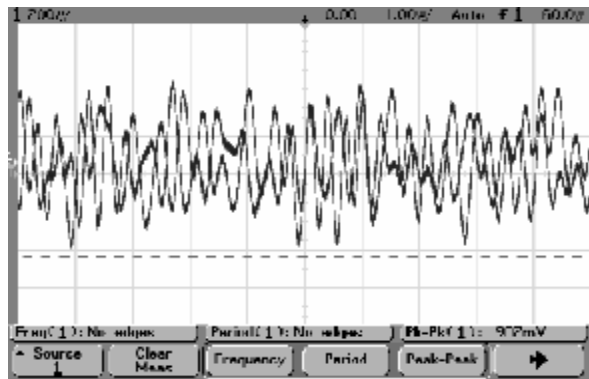
(c)



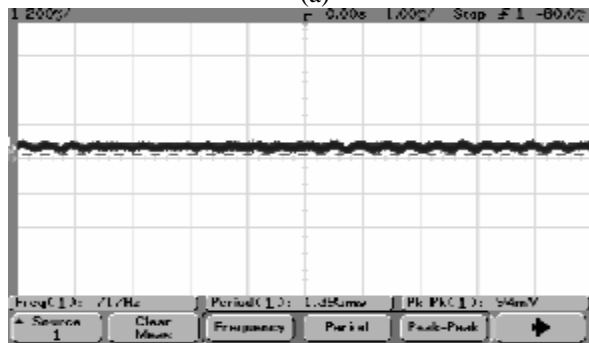
(d)

**Gambar 4.** (a) Sinyal sinus,  $f = 2330$  Hz . (b) Spektrum frekuensi sinyal sinus  $f = 2330$  Hz. (c) Sinyal hasil ANC (error sinyal). (d) Spektrum frekuensi sinyal hasil ANC (error sinyal).

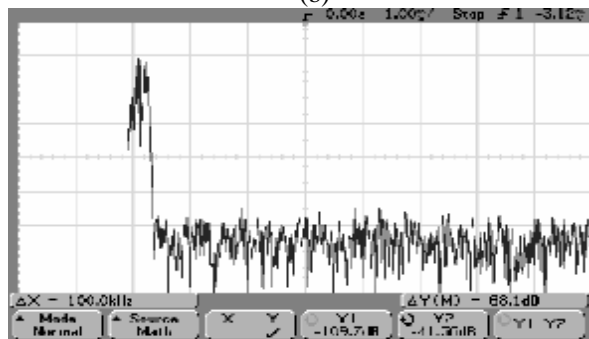
#### 4.2 Noise berupa *random noise*



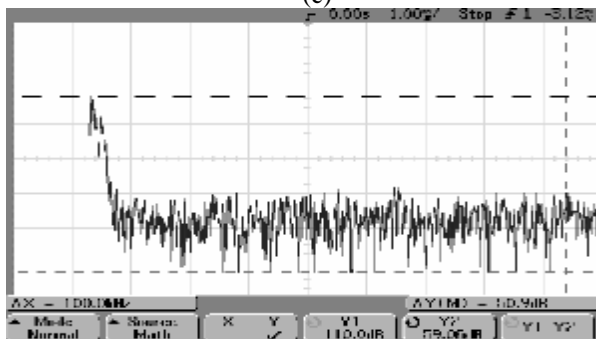
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 5.** (a) Sinyal *random noise*. (b) Spektrum frekuensi sinyal *random noise*. (c) Sinyal hasil ANC (error sinyal). (d) Spektrum frekuensi sinyal hasil ANC (error sinyal).

Gambar 3.(a) – (d), menunjukkan sinyal sinus dengan frekuensi 180 Hz dan tegangan *peak- to- peak* 3,13 V diredam oleh ANC menjadi 142 mV. Dalam domain frekuensi, puncak spektrumnya diredam dari 1,25 dB menjadi -40,63 dB, berarti terjadi peredaman sebesar 41,88 dB.

Gambar 4.(a) – (d), menunjukkan sinyal sinus dengan frekuensi 2330 Hz dan tegangan *peak- to- peak* 3,16 V diredam oleh ANC menjadi 72 mV. Dalam domain frekuensi, puncak spektrumnya diredam dari 1,56 dB menjadi -63,12 dB, berarti terjadi peredaman sebesar 64,68 dB.

Gambar 5.(a) – (d), menunjukkan sinyal *random noise* dengan tegangan *peak- to- peak* 982 mV diredam oleh ANC menjadi 94 mV. Dalam domain frekuensi puncak spektrumnya diredam dari -41,56 dB menjadi -59,06 dB, berarti terjadi peredaman sebesar 17,5 dB. Dalam peredaman *random noise* terjadi ketidakstabilan yang periodik, namun setelah waktu yang lama akhirnya diperoleh hasil peredaman yang maksimum seperti pada gambar 5. (b).

#### 5. Kesimpulan

*Adaptive filter Feintuch's IIR-LMS* memberikan hasil ANC yang stabil dan peredaman noise yang cukup baik. Dari hasil simulasi untuk noise berupa sinyal sinus, menunjukkan bahwa fekuensi yang lebih tinggi mengalami peredaman noise yang lebih besar daripada frekuensi yang lebih rendah. Untuk noise berupa *random noise* ANC juga berhasil melakukan peredaman walaupun tidak sebesar untuk peredaman sinyal sinus.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian terhadap nilai konstanta konvergensi yang berbeda-beda, nilai koefisien awal *IIR filter* yang berbeda-beda, melakukan identifikasi fungsi alih akustik dari ruangan dan melakukan peredaman langsung sumber noise dari ruangan tersebut.

#### Referensi

- [1] Anonim. (1996). *TLC320AC01 Single-supply Analog Interface Circuit Data Manual*. Texas Instruments, Texas.
- [2] Anonim. (1996). *TLC320AC01 Single-supply Analog Interface Circuit Data Manual*. Texas Instruments, Texas.
- [3] Anonim. (1996). *TMS320C54x, TMS320LC54x, TMS320VC54x Fixed-Point Digital Signal Processors*. Texas Instruments, Texas.
- [4] Anonim. (1996). *TMS320C54x DSKplus Users's Guide*. Texas Instruments, Texas.

- Anonim. (1996). *TMS320C54x DSP Reference Set Volume 4 : Application Guide*. Texas Instruments, Texas.
- [5] Anonim. (1996). *TMS320C54x DSP Reference Set Volume 3 : Algebraic Instruction Set*. Texas Instruments, Texas.
- [6] Anonim (1996). *TMS320C54x DSP Reference Set Volume 1 : CPU And Peripherals*. Texas Instruments, Texas.
- [7] C, David. (1996). *Adaptive Filters*. Available at [http://www.spd.eee.strath.ac.uk/~david/adapt\\_filt/adapt\\_filt.html](http://www.spd.eee.strath.ac.uk/~david/adapt_filt/adapt_filt.html).
- [8] Ifeachor, Emmanuel C. ; Jervis, Barrie W. (1993). *Digital Signal Processing : A Practical Approach*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [9] Olivares, Miguez. A (1996). *Development of an Active Noise Controller in The DSP Starter Kit*. Texas Instruments.
- [10] Panggadewi, Y (2003). *Filter Adaptif Untuk Printer Dot Matriks*. Skripsi Jurusan Sistem Komputer, Universitas Bina Nusantara.
- [11] Proakis, J.G. ; Manolakis, D.G. (1996). *Digital Signal Processing : Principles, Algorithms, and Applications, Third Edition*. Prentice-Hall, New Jersey.
- [12] Ronaldy dkk. (2003). *Noise Reduction Menggunakan Filter Adaptif Dengan Algoritma Recursive Least Square (LRS)*. Skripsi Jurusan Sistem Komputer, Universitas Bina Nusantara.
- [13] Siana,Linda dkk. (2002). *Noise Reduction Menggunakan Filter Adaptif*. Skripsi Jurusan Sistem Komputer, Universitas Bina Nusantara.
- [14] Smith, Steven W. (1999). *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, Second Edition*. California Technical Publishing, San Diego, California.