

Pengontrol Derau Secara Aktif Menggunakan Filtered NLMS Pada TMS320Family

Active Noise Control Using Filtered NLMS For TMS320Family

Bani Aulia Rahman¹, Dr.Ir. Bambang Hidayat, DEA.², Desti Madya Saputri, ST., MT³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
b.auliarahman@gmail.com, ²Bhidavat@telkomuniversity.com,
³destimadvasaputri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Active Noise Control merupakan suatu teknologi yang berguna untuk mereduksi *noise*, prinsip kerjanya dengan menghasilkan frekuensi dan amplituda yang sama dengan *noise* nya dan beda fasa 180^0 kemudian menggabungkannya dengan *noise* nya, sistem kerja bersifat destruktif. Transfer data analog terutama pada transmisi sinyal analog yang terkena *noise* merupakan titik berat persoalan, terkait dengan keberhasilan sinyal informasi yang disampaikan merujuk pada dimengertinya informasi tersebut di penerima. *Least Mean Square* merupakan salah satu filter adaptif yang ditentukan oleh nilai koefisien untuk memproduksi *error* sinyal yang rendah. Pada kondisi sistem yang linier, LMS merupakan salah satu metode yang tepat karena kesederhanaan dalam implementasi. Filtered NLMS merupakan perkembangan LMS dengan konvergensi waktu yang lebih cepat. Pada penelitian ini, sistem mencapai respon waktu dibawah 25 detik dan reduksi terbesar ada pada -18.37083 dB dalam perancangan sistem *Active Noise Control* pada TMS320C6713 dengan metode Filtered NLMS dalam meredam *noise*. Hasil yang diterapkan berupa peredaman *noise* secara penuh di dalam kanal. Target performansi sistem adalah seberapa besar respon waktu tingkat penurunan *noise pressure level (dB)* pada *receiver*. Rata-rata respon waktu tiap perubahan panjang filter 20, 40, dan 60 adalah 4.307, 5.912, dan 8.045 detik, dan reduksi noise terbesar bernilai -18.37083dB.

Kata kunci: Active Noise Control, NLMS, TMS320, Noise Pressure Level

Abstract

Active noise control is a useful technology to reduce noise, it works by generating a frequency and amplitude are the same with its noise and phase difference in and then combine it with its noise, system working by destructive signal information and reduction signal information. Analog data transfer, especially in the transmission of analog signals are affected by noise is the center of gravity of issues, related to the successful of the signal information submitted incomprehensible refer to the information on the receiver. *Least Mean Square* adaptive filter is one of another adaptive filter that is determined by the value of the coefficient to produce an low error signal. In linear systems, LMS is method that is appropriate for its simplicity in implementation. Filtered NLMS is a development of LMS. In this final project, the system reaches the response time of less than 25 seconds and the biggest reduction is -18.37083 in Active noise control system design on the TMS320C6713 with NLMS method in reducing noise. The results are applied in the form of full noise reduction in the receiver. The target, system performance is how much the response time decreased levels of noise pressure level (dB) on the channel. Mean of time respon for every changing length filtr 20, 40, and 60 is 4.307, 5.912, and 8.045second, and the biggest noise reduction is -18.37083 dB.

Keywords: Active Noise Control, NLMS, TMS320, Noise Pressure Level

1. Pendahuluan

Noise di bidang telekomunikasi khususnya AWGN (Additive White Gaussian Noise) yang terdistribusi di setiap frekuensi dan ada pada setiap perangkat yang melalui kanal komunikasi menjadi parameter dimengertinya sinyal dalam komunikasi. Additive White Gaussian Noise adalah sebuah penambahan sinyal acak pada kanal yang memiliki karakteristik rapat daya *spectral noise* merata di setiap *range* frekuensi. Terdapat dua jenis cara untuk mengatasi masalah noise secara umum, yaitu secara aktif (ANC) dan pasif (ruang kedap suara). Ruang kedap suara memiliki kelemahan pada harga dan dimensi yang besar, maka dari itu dibuatlah *active noise control*, sebuah metode reduksi suara dengan menambahkan suara yang sama tapi berkebalikan fasa.

Penelitian ini melanjutkan tugas akhir sebelumnya yang berjudul “Perancangan Aplikasi Peredam Suara Berbasis *Active Noise Control* Dengan Implementasi Filter Adaptif Algoritma *Least Mean Square* (LMS) Pada Ruang Tertutup” dengan tujuan mereduksi 10 jenis *noise* mesin, dengan melihat nilai MSE terkecil dihasilkan pada suara pompa air sebesar $1.6453e-013$ dengan file terpisah, dan $1.6460e-011$ dengan menggunakan file tergabung, jadi pada tugas akhir sebelumnya mensimulasikan reduksi *noise* mesin pada sinyal suara^[5]. Sedangkan penelitian ini membahas reduksi *noise* pada sinyal komunikasi dan merealisasikannya, *noise* yang diuji coba pada penelitian ini adalah awgn dengan dan menitikberatkan pengimplementasian pada alat TMS320C6713 dengan metode NLMS agar respon waktu konvergensinya lebih cepat.

Least mean square merupakan salah satu filter adaptif yang meniru bentuk filter yang diinginkan dengan mencari koefisien filter yang berhubungan dengan produksi *noise* yang *stokastik*. Pencarian nilai koefisien filter dapat diestimasi dengan nilai antara — , tetapi terdapat kesalahan antara *estimator* dan nilai yang diestimasi disebut *mean square error*. Pemilihan LMS karena kesederhanaan implementasi rumus dibandingkan *recursive least mean square*. Tujuan akhir dalam penelitian ini agar bisa mereduksi *noise* dalam ruang satu dimensi. Hasil dari penelitian ini yaitu pengurangan *noise* awgn pada sinyal informasi dengan respon waktu kurang dari 25 detik dan reduksi *noise* terbesar yaitu -18.37083 dB.

2. Reduksi Noise Dan Perancangan Sistem

Reduksi *noise* dilakukan dengan berbagai macam metode, salah satunya adalah filter adaptif, yaitu filter yang dapat menyesuaikan koefisiennya dengan otomatis walaupun *noise* lingkungan tidak diketahui

2.1. Filter^{[1][3][4]}

Suatu proses dimana diambil sebagian sinyal dari frekuensi tertentu, dan membuang sinyal pada frekuensi yang lain. Artinya menghilangkan rentang frekuensi tertentu untuk menekan interferensi sinyal dan mereduksi *background noise*. Terdapat dua pembagian filter, yaitu analog dan digital. Di dalam tugas akhir ini digunakan filter digital dengan alasan sbb:

1. Filter digital tahan terhadap perubahan suhu.
2. Dapat bekerja pada frekuensi rendah dengan akurat.
3. (*Programmable*) lebih fleksible dalam mengganti jenis filternya

Persamaan selisih filter digital secara umum dapat dilihat pada persamaan (2-1)

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k)w(k) \quad (2-1)$$

Terdapat dua jenis filter berdasarkan kestabilan sistemnya, *Finite Impulse Response* dan *Infinite Impulse Response*. Perbedaannya terletak pada *feedback* atau *memory output* sebelumnya.

2.1.1 Panjang Filter^[4]

Dalam merancang filter digital harus menentukan nilai panjang filter adaptif. Panjang filter mempengaruhi kecepatan konvergensi, kebutuhan sumber komputasi, dan steady state error yang dihasilkan adaptif filter.

Berikut panduan yang menjadi pertimbangan menentukan panjang filter untuk filter adaptif :

1. Memilih panjang filter yang tepat merupakan proses percobaan trial and error. Harus mensimulasikannya untuk menentukan nilai yang tepat.
2. Panjang filter harus sama atau lebih besar dari jumlah tap input respon unknown sistem
3. Panjang filter yang panjang dapat mengurangi nilai steady state error. Tetapi jika panjang filter terlalu panjang, nilai mean square error tidak terus menerus mengecil, ada titik saturasi yang terjadi.

2.1.2 Adaptif Filter

Filter adaptif dapat dipahami sebagai filter digital yang *self-modifying* dengan mengatur koefisien untuk meminimalkan kesalahan fungsi. Fungsi error ini merupakan jarak pengukuran antara desired signal dengan output filter adaptif.^[1] Terdapat banyak jenis algoritma adaptif filter, misalnya Least Mean Square (LMS), Recursive Least Square (RLS), Kalman Filter, Kernel Filter, Wiener Filter, dll. Penggunaan jenis-jenis filter tersebut bergantung pada kebutuhan akan bentuk sinyalnya, perubahan frekuensinya, nilai MSE nya, dll. Dalam proposal tugas akhir kali ini digunakan LMS sebagai algoritma adaptif filter karena kesederhanaan algoritmanya.

2.2. Least Mean Square

Salah satu algoritma adaptif filter yang mempunyai dua proses dasar yaitu:^[2]

1. Proses filtering, melibatkan perhitungan output transversal filter yang diproduksi oleh tap input, dan menghasilkan error estimasi dari perbandingan output $y(n)$ dan desire $d(n)$.
2. Adaptif proses, melibatkan pengaturan otomatis tap weight dari filter berdasarkan error estimasi.

$$\begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \quad (2-2)$$

$$\begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \quad (2-3)$$

$$\begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \quad (2-4)$$

$$\begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \quad (2-5)$$

Dimana:

$x(n)$ merupakan noise masukan yang linier

$y(n)$ merupakan output dari filter linier yang sudah diimplementasi algoritma adaptif

$d(n)$ merupakan sinyal informasi bercampur dengan noise

$e(n)$ merupakan nilai perbedaan selisih antara $d(n)$ dan $y(n)$

$w(n)$ =weight filter, yaitu koefisien untuk menambah nilai $y(n)$ sebagai reduksi noise

= step size untuk waktu komputasi atau kecepatan konvergensi nilai $w(n)$ terletak antara

2.2.1 Normalized LMS^[6]

Perbedaan utama antara LMS dan NLMS adalah pada persamaan *weight filter* yang digunakan, dapat dilihat pada persamaan (2-6) bahwa variabel *weight filter* $w(n)$ berubah dengan menambahkan *epsilon* serta *noise transpose* $u(n)$. nilai epsilon bergantung pada jenis tipe data yang digunakan, jika *floating point double precision* maka digunakan variabel epsilon sebesar $2.22044604925031e-016$ dan jika *floating point single precision* nilai epsilon sebesar $1.192092896e-07$. Dan untuk fixed point bernilai 0 untu epsilon.

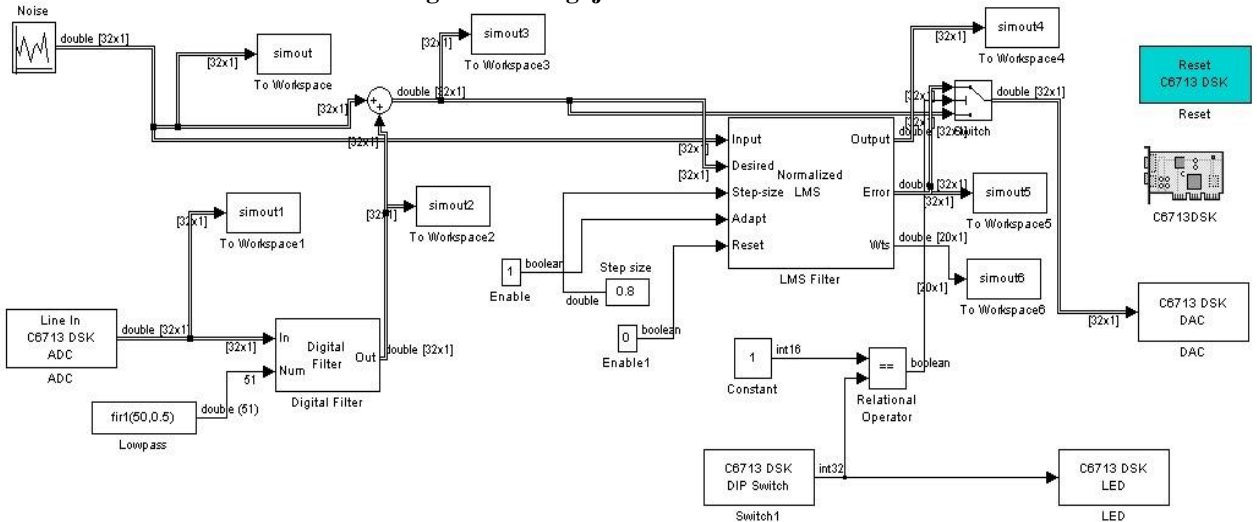
$$\begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \quad (2-6)$$

2.2.2 Leaky LMS^[2]

Ketika adaptif filter sudah diimplementasikan pada DSP dan memiliki nilai koefisien yang tetap, nilai *error* pada *feedback* sistem akan semakin menurun sehingga untuk menjaga kestabilan () nilai koefisien filter () akan semakin meningkat dan melebihi *dynamic range processor (overflow)*. Rentang nilai dengan persamaan

$$\begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix} \quad (2-7)$$

3. Model Sistem Skema Perancangan dan Pengujian



Gambar 2.1 Blok Sistem Perancangan

Skenario pengujian sistem pada Gambar 3.1 dimulai dari input line in audio dan dilakukan filtering sinyal FIR LPF. Hasil filter sinyal informasi kemudian di tambahkan dengan noise awgn dengan spesifikasi pada paragraph selanjutnya. Kemudian sinyal tersebut memasuki port desire $d(n)$ dan input port NLMS berupa noise nya $u(n)$. selanjutnya algoritma NLMS melakukan tugasnya mencari nilai *error noise* $e(n)$, dan sinyal inilah yang dikeluarkan dan didengar oleh *receiver*.

3.1 Skenario Pengujian

Sinyal audio berupa file lagu dengan format .mp3 dijalankan sebagai input Line in dari TMS320. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, dilakukan beberapa tahapan pengujian sistem :

1. Tahap pertama

Lagu dengan format .mp3 dijalankan sebanyak sembilan kali tiap perubahan skenario frekuensi cut off filter. Pada tahap ini dilakukan filtering LPF dengan ketentuan frekuensi cut off sebesar 0.5 rad/sample dengan orde sebesar 50. Tiap sinyal informasi di framing sebesar 32 sample. Di sampling sebanyak 8000 kali tiap detik dan panjang bit setelah dikuantisasi sebanyak 16-bit.

2. Tahap Kedua

Penambahan awgn dengan spesifikasi mean 0 dan variansi 1 harus memiliki framing yang sama dengan sinyal informasi, ini bertujuan agar nilai matriks baris dan kolom sinyal sama.

3. Tahap Ketiga

Reduksi noise dengan algoritma LMS dengan noise di lewatkan pada port input, noise + sinyal di lewatkan pada port desire, dan port error yang di transfer pada receiver. Variabel step size diubah menjadi 0.8, 0.5, 0.2, 0.08, 0.05, 0.02, 0.008, 0.005, 0.002. dan filter length pada LMS diubah menjadi 60, 40, dan 20.

4. Tahap Keempat

Tahap ini dilakukan pengamatan respon waktu dan penurunan dB yang dihasilkan pada sistem ini.

4. Analisa Sistem

Untuk menganalisis nilai rata-rata hasil pengujian yang dilakukan akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu Respon Waktu, Besarnya Reduksi *Noise* (dB) dan MOS.

4.1 Hasil Analisa Berdasarkan Respon Waktu dan Reduksi Noise

Pengujian respon waktu dan reduksi dilakukan dengan mengubah parameter step size dan parameter panjang filter. Pada bagian ini akan dilihat pengaruh perubahan parameter step size dan panjang filter terhadap respon waktu yang diperoleh.

Tabel 4.1 Pengaruh Panjang Filter 20, 40, 60 dan Step Size terhadap Respon waktu dan Reduksi Noise

No	step size	panjang filter 20		panjang filter 40		panjang filter 60	
		respon waktu	reduksi dB	respon waktu	reduksi dB	respon waktu	reduksi dB
1	0.8	1.768	-21.808315	1.11	-20.672541	2.494	-20.79702
2	0.5	1.247	-23.196991	0.929	-21.715137	1.065	-19.09522
3	0.2	1.52	-22.121828	1.4	-22.606049	1.156	-20.91526
4	0.08	1.2	-23.20857	1.17	-20.003341	2.04	-19.70618
5	0.05	1.38	-20.53726	1.526	-20.636577	2.56	-19.44662
6	0.02	2.29	-21.855659	4.08	-23.557984	6.281	-18.37083
7	0.008	5.85	-20.630989	10.36	-21.189304	15.3	-21.41346
8	0.005	8.571	-22.175343	13.1	-20.430754	16.825	-20.97802
9	0.002	14.94	-19.363962	19.54	-21.677247	24.69	-20.91395
10	Mean	4.307	-21.607607	5.912	-21.387659	8.045	-20.18184

Tabel 4.1 di atas merupakan hasil rata-rata dari pengujian tiga panjang filter yang berbeda. Dari Tabel 3.1 di atas, dilihat dari sudut pandang Step Size bila semakin rendah maka respon waktu semakin besar pada umumnya dan untuk reduksi dB semakin besar. Hal ini dikarenakan nilai step size mempengaruhi kecepatan reduksi dengan menaikkan nilai weight filter. Semakin besar nilai step size maka konvergensi reduksi semakin cepat, tetapi ada trade off yang diberikan. Bila konvergensi waktunya cepat tetapi menghasilkan noise yang tidak teredam sepenuhnya. Dilihat dari Respon waktu bisa dilihat konvergensi tercepat dilakukan oleh step size dengan ukuran 0.5 dan panjang filter sebesar 40. Dan dilihat dari reduksi noise terbesar dilakukan oleh step size 0.02 dengan reduksi sebesar -18.37083. Banyak anomali yang terjadi pada penelitian ini, hal ini berlaku karena pada perekaman sinyal tereduksi keterbatasan alat seperti speaker yang masih memberikan background noise yang cukup besar menurunkan akurasi ketepatan angka reduksi dan konvergensi waktu. Persepsi ITU-T G.160 memiliki standarisasi untuk reduksi noise sampai dengan 18dB untuk single input, hal ini sudah mencapai target reduksi. Panjang filter mempengaruhi kinerja sistem secara menyeluruh, dapat dilihat pada tabel 4.3 bahwa panjang filter 60 memiliki reduksi noise terbesar, panjang filter harus memenuhi dan harus lebih besar dari sampel tiap frame dan respon impuls yang tidak diketahui. Tetapi panjang filter dapat menambah waktu kecepatan konvergensi.

4.2 Analisa Pengaruh MSE terhadap Reduksi Noise

Secara matematis, nilai MSE pada tiap panjang filter bisa dilihat pada tabel 4.2 yang menunjukkan nilai keseluruhan MSE. Terlihat semua nilai MSE sangatlah kecil, ini mengindikasikan bahwa rata-rata kesalahan bernilai kecil menghasilkan reduksi yang besar dan bagus. Dan semakin besar panjang filter maka nilai MSE pun semakin kecil, kesalahan error yang terjadi semakin rendah karena semakin besar panjang filter mempengaruhi nilai *steady state* yang terjadi.

Tabel 4.2 Nilai MSE Tiap Perubahan Panjang Filter

No	Step Size	Panjang filter 20 MSE	Panjang filter 40 MSE	Panjang filter 60 MSE
1	0.8	4.79E-05	0.014742778	3.46E-05
2	0.5	0.001328829	0.003618116	0.015683822
3	0.2	4.05E-04	0.007758649	0.019495704
4	0.08	1.68E-09	0.02349357	4.71E-04
5	0.05	0.028768991	0.003657528	0.004375883
6	0.02	0.00669415	0.009054897	0.002479339
7	0.008	0.00340725	0.017215146	3.08E-05
8	0.005	0.007927447	3.03E-04	0.037572439
9	0.002	0.00911484	1.74E-04	0.001481349
	rata-rata	6.41E-03	8.89E-03	9.07E-03

4.3 Analisa Nilai MOS Terhadap Tingkat Pemahaman Sinyal Informasi

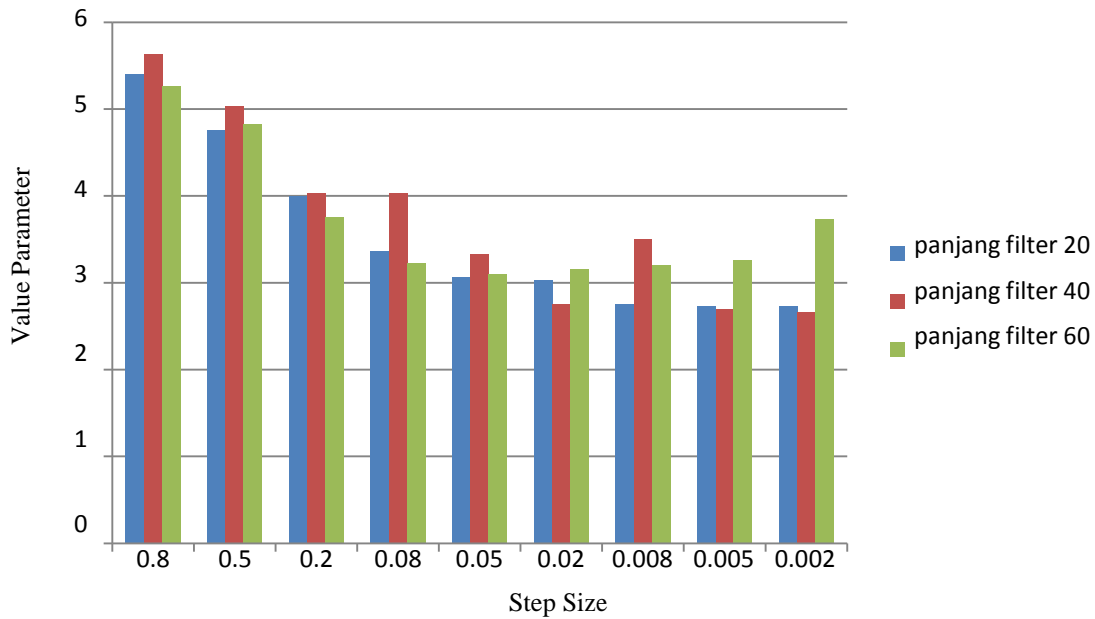
Setelah dilakukan survey terhadap 30 koresponden, untuk ketiga skenario yang sudah diterapkan mendapatkan hasil MOS sebagai berikut:

Berdasarkan Gambar 3.2 jika panjang filter membesar dan nilai step size mengecil pemahaman akan sinyal informasi akan semakin membaik, tetapi tidak halnya dengan panjang filter 60 dikarenakan waktu reduksi yang lama dan dapat dilihat pada tabel 3.1 membuat koresponden menyatakan bahwa *noise* lumayan mengganggu (*moderate*).

Pada akhirnya rata-rata nilai MOS yang paling baik ada pada panjang filter 40 dengan nilai step size 0.002 sekitar 2.66. ini membuktikan bahwa noise masih terdengar dengan intensitas yang tidak mengganggu, sama halnya dengan nilai step size dari 0.05 kebawah. Nilai step size pada 0.8 dan 0.5 memiliki nilai yang buruk, karena jelas terdengar bagi koresponden suara *noise* awgn masih jelas dan rata-rata koresponden menganggap *noise* ini sangat mengganggu tapi masih bisa didengar (*Loud*).

Hasil akhir baik objektif maupun subjektif menggambarkan bahwa dengan perubahan step size dan panjang filter, sinyal informasi masih bisa dikenali dan dimengerti dengan noise yang masih terdengar tapi tidak mengganggu seperti pada saat nilai step size dengan rentang 0.2 sampai 0.002. jika nilai step size terus diperkecil

maka akan ada saatnya *noise* tidak terdengar sama sekali, tetapi *trade off* nya respon waktu akan terus bertambah. Hal ini menjadi sesuatu yang riskan apabila dalam komunikasi analog secara langsung, maka dapat diambil kesimpulan nilai rentang antara 0.5 sampai 0.002 sudah dapat mewakili pada *receiver* sinyal informasi dengan jelas.



Gambar 4.1 Grafik MOS dari 30 Koresponden

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis simulasi dalam Tugas Akhir ini, dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari ketiga skenario panjang filter 60 memiliki reduksi noise terbesar dibandingkan dengan skenario lainnya yaitu sebesar -18.37083dB.
2. Panjang filter 20 membutuhkan waktu konvergensi yang tercepat dibandingkan yang lain, dengan rata-rata respon waktu 4.307 detik
3. Nilai step size semakin kecil maka respon waktu semakin besar dan reduksi noise pun semakin besar. Rata-rata respon waktu dengan panjang filter 20, 40, dan 60 adalah 4.307, 5.912, dan 8.045 detik
4. Rata-rata respon waktu dan reduksi noise yang seimbang untuk pendengaran manusia ada antara step size 0.05 sampai 0.02 dari parameter objektif dan 0.08 sampai 0.002 dari parameter subjektif.

6. Daftar Pustaka

- [1] Aplolinario, Jose A., Sergio L. Netto. 2009. *Introduction to Adaptive Filter*. Springer Science+Business Media
- [2] Haykin, Simon.1996. *Adaptive Filter Theory 3rd Edition*.. Prentice-Hall.
- [3] National Instrument. "Advantages of Digital *Filtering* Compared to Analog *Filtering*". 20 Januari 2015. http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361J-01/lvanlsconcepts/lvac_adv_dig_filt/
- [4] National Instruments."Choosing a Filter Length (Adaptive Filter Toolkit) ". 28 Desember 2014. http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372357A-01/lvaftconcepts/aft_choose_filterlength_
- [5] Rizki, Wahyu. 2013 . "Perancangan Aplikasi Peredam Suara Berbasis Active Noise Control (ANC) Dengan Implementasi Filter Adaptif Algoritma Least Mean Square (LMS) Pada Ruang Tertutup". Universitas TELKOM : Repository
- [6] The Mathworks, Inc."Signal Processing Blockset - LMS Filter". 20 Januari 2015. <http://www.mathworks.com/help/dsp/ref/lmsfilter.html>

