

Perancangan Simulasi dan Implementasi Noise Canceller Menggunakan Algoritma SFTRLS pada OMAP-L138 untuk Radio Militer

Simulation Design and Implementation Noise canceller using SFTRLS Algorithm on OMAP-L138 for Military Radio

Hernawan Kurniansyah¹, Ir. Jangkung Raharjo, M.T.², Suyatno, ST., MT³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹hernawank@live.com, ²jkr@btp.or.id, ³suyatno_budihario@yahoo.co.id

Abstrak

Saat ini perkembangan pemrosesan sinyal digital sangat pesat. Banyak sekali implementasi dari pemrosesan sinyal digital pada kehidupan sehari-hari, misalnya adaptive filter. Implementasi dari adaptive filter dapat dijumpai pada sistem noise canceller yang berfungsi untuk mengurangi noise yang bercampur dengan sinyal informasi. Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah merancang sebuah sistem noise canceller yang dapat digunakan untuk kebutuhan radio militer dengan menggunakan algoritma adaptif yang dinamakan Stabilized Fast Transversal Recursive Least Square (SFTRLS). Algoritma ini adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan RLS secara cepat. Dipilihnya algoritma SFTRLS dalam Tugas Akhir ini karena SFTRLS memiliki waktu konvergensi cepat sehingga cocok untuk digunakan pada radio militer. Sistem noise canceller pada Tugas Akhir ini memiliki nilai MSE optimal pada nilai forgetting factor 0.999, 0.9995, dan 0.9999. Selain itu juga diperoleh rata-rata waktu konvergensi sebesar 0.254 detik.

Kata kunci: Noise canceller, SFTRLS, radio militer, forgetting factor

Abstract

Currently, the development of digital signal processing is very fast. Lots of implementations of digital signal processing in daily life, such as adaptive filters. Implementation of adaptive filters can be found in the system noise canceller which serves to reduce the noise that mixes with the information signal. Research conducted in this final project is to design a noise canceller system that can be used for military radio which use an adaptive algorithm called Stabilized Fast Transversal Recursive Least Square (SFTRLS). This algorithm is one of the algorithms used to solve problems of RLS quickly. SFTRLS algorithm is chosen in this Final Project because SFTRLS has a fast convergence time, making it suitable for used on military radio. Noise canceller system in this Final Project has MSE optimal value on the value of forgetting factor at 0.999, 0.9995, and 0.9999. It also obtained an average convergence time is 0.254 seconds.

Keywords: Noise canceller, SFTRLS, military radio, forgetting factor

1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan pemrosesan sinyal digital sangat pesat. Banyak sekali implementasi dari pemrosesan sinyal digital pada kehidupan sehari-hari, misalnya adaptive filter. Implementasi dari adaptive filter dapat dijumpai pada sistem noise canceller yang berfungsi untuk mengurangi noise yang bercampur dengan sinyal informasi. Pada radio komunikasi, sistem noise canceller sangat memberikan manfaat karena dapat mengurangi noise pada sinyal informasi sehingga kualitasnya dapat terjaga di penerima.

Radio komunikasi militer adalah salah satu alat yang penting bagi TNI. Alat ini digunakan prajurit untuk berkomunikasi dengan sesama prajurit atau dengan markas pusat. Namun dalam prakteknya, sinyal informasi yang disampaikan menggunakan radio militer rentan terganggu oleh noise, terutama noise yang disebabkan oleh lingkungan sekitar prajurit seperti: suara tembakan, suara kendaraan perang, dan suara lainnya yang dapat mengganggu. Jika kondisi ini dibiarkan maka kualitas sinyal informasi yang disampaikan akan menurun dan ini sangat berbahaya bagi TNI karena bisa menimbulkan salah persepsi pada penerima.

Pada penelitian sebelumnya ^{[8][9]} telah dilakukan implementasi AEC pada ruangan tertutup. Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah merancang sebuah sistem noise canceller yang dapat digunakan untuk kebutuhan radio militer dengan menggunakan algoritma adaptif yang berbeda dengan penelitian sebelumnya. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini adalah Stabilized Fast Transversal Recursive Least Square (SFTRLS).

Saat ini Indonesia sedang mengembangkan pembuatan alutsista dalam negeri, sehingga Tugas Akhir ini dinilai sangat bermanfaat dan tepat guna. Hasil dari penelitian Tugas Akhir ini dapat digunakan untuk kebutuhan radio militer yang saat ini sedang dikembangkan oleh Negara Indonesia.

2. Noise Canceller 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

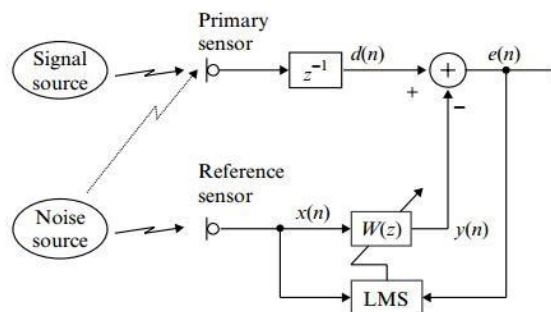
2.1 Noise^[12]

Noise atau bisa juga disebut sebagai derau merupakan sinyal yang tidak diinginkan yang mengganggu pada proses komunikasi atau pada proses pengukuran. Noise hampir dapat dijumpai dimana saja dan bersifat merugikan karena menurunkan kualitas sinyal informasi. Sebagai contoh, pada telepon seluler, terkadang beberapa suara yang tidak diinginkan bisa menurunkan kualitas komunikasi, seperti background noise, echo, dan thermal noise.

2.2 Noise Canceller^[5]

Noise canceller atau bisa juga disebut Adaptive Noise Cancellation merupakan salah satu aplikasi dari Active Noise Control (ANC). Sistem noise canceller sering dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan terutama dalam proses komunikasi karena kemampuan sistem ini untuk meredam noise. Sekitar tahun 1957 sampai 1960, Howells dan Applebaum melakukan penelitian mengenai implementasi sistem noise canceller untuk antenna sidelobe cancelling.

Terdapat dua metode yang dapat diterapkan pada sistem noise canceller, yaitu: single-channel dengan memanfaatkan metode filter Wiener, filter Kalman, atau metode spectral subtraction dan metode double-channel. Dalam metode double-channel dibutuhkan dua masukan, satu masukan adalah sinyal info yang tercampur dengan noise sedangkan masukan kedua adalah noise referensi yang memiliki korelasi dengan noise yang menginterferensi sinyal info pada masukan pertama.



Gambar 2.1 Konsep Dasar Noise Canceller

2.3 Filter Digital^{[1][10]}

Filter digital adalah pemrosesan sinyal dengan menggunakan komputer yaitu memisahkan bagian-bagian yang tidak diinginkan dari suatu sinyal dengan cara meredam atau melewatkan frekuensi tertentu. filter digital memiliki beberapa keunggulan dibandingkan filter analog, yaitu:

- Performansi tidak dipengaruhi lingkungan seperti temperatur.
- Dapat bekerja pada frekuensi rendah dan hasilnya lebih akurat.
- Fleksibel ketika ingin mengganti jenis filter.
- Mudah dikembangkan ke filter adaptif

Berdasarkan tanggapannya, filter digital dibedakan menjadi 2 macam, yaitu: Infinite Impulse Response (IIR) dan Finite Impulse Response (FIR).

2.3.1. Filter Digital Infinite Impulse Response^[12]

Filter digital jenis ini memiliki respon impuls tidak terbatas. Filter ini juga bisa disebut filter rekursif. Persamaan filter digital IIR yang menunjukkan hubungan masukan-keluaran dapat dinyatakan oleh persamaan 2.1.

$$y(n) = \sum_{k=0}^{\infty} h(k)x(n-k) + \sum_{k=1}^{\infty} a_k y(n-k) \quad (2.1)$$

Filter IIR memiliki karakteristik yang mendasar, berikut ini adalah beberapa karakteristik dari filter IIR.

1. Filter IIR memiliki kemungkinan tidak stabil jika nilai pole berada diluar daerah kestabilan.
2. Filter IIR bersifat rekursif.
3. Dengan orde yang sama dengan filter digital FIR, filter IIR memiliki kemiringan yang lebih tinggi.
4. Filter IIR terdiri atas beberapa jenis sehingga dapat dengan mudah diatur sesuai dengan kebutuhan.

Dalam realisasinya, filter IIR dapat direalisasikan strukturnya secara cascade dan paralel.

Persamaan alih atau respon filter dalam domain frekuensi digital pada filter IIR dapat dinyatakan dengan persamaan 2.2.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{\sum_{k=0}^{\infty} b_k z^{-k}}{\sum_{k=0}^{\infty} a_k z^{-k}}; \quad a_0 = 1 \quad (2.2)$$

Dimana b_k dan a_k merupakan koefisien filter. Sedangkan asumsi $a_0 = 1$ merupakan asumsi yang akan digunakan secara umum dan konsisten dalam setiap analisis filter filter IIR. Bila bagian penyebut dalam persamaan 2.2 $= 1$, maka persamaan tersebut akan berubah menjadi bentuk umum fungsi alih filter digital FIR.

2.3.2. Filter Digital Finite Impulse Response

Filter digital FIR memiliki respon impuls yang terhingga. Jika pada persamaan 2.1., komponen a_k dibuat $= 0$, maka keluaran $Y(z)$ hanya tergantung pada masukan present dan past. Secara matematik dinyatakan dalam persamaan 2.3.

$$Y(z) = \sum_{k=0}^{\infty} b_k z^{-k} X(z) \quad (2.3)$$

Sedangkan bentuk umum fungsi alih filter digital FIR dapat dinyatakan dengan persamaan 2.4.

$$Y(z) = \sum_{k=0}^{\infty} b_k z^{-k} X(z) \quad (2.4)$$

3. Filter Adaptif

Filter adaptif merupakan pengembangan dari filter digital. Filter adaptif biasa digunakan ketika karakteristik dari sinyal yang akan difilter tidak diketahui atau berubah tiap waktu. Keluaran dari filter adaptif ini diumpanbalikkan dan diproses sesuai dengan algoritma yang telah ditentukan untuk mendapatkan koefisien filter berikutnya sehingga kualitas keluaran sesuai (sangat menekati) yang diharapkan.

3.1 Recursive Least Square

Algoritma Least-Square bertujuan untuk meminimalkan jumlah kuadrat antara sinyal yang diinginkan dan sinyal keluaran sistem. Ketika sampel baru dari sinyal yang masuk diterima pada setiap iterasi, maka solusi untuk permasalahan untuk Least-Square dapat dihitung dalam bentuk rekursif yang lebih dikenal Recursive Least-Square (RLS).

Algoritma RLS memiliki kelebihan waktu konvergensi yang cepat bahkan ketika penyebaran nilai eigen dari matriks sinyal korelasi input besar. Algoritma ini memiliki kinerja yang sangat baik ketika bekerja dalam lingkungan dengan waktu bervariasi. Namun dengan kelebihan tersebut, algoritma ini memiliki komputasi yang cukup rumit dan masalah kestabilan sistem juga menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam algoritma ini. Hasil sistem filter adaptif menggunakan algoritma RLS dinyatakan dengan persamaan (2.6) berikut ini.

$$\begin{aligned} \hat{y}(n) &= \sum_{k=0}^{\infty} \hat{h}_k(n) x(n-k) \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} [\hat{h}_k(n) - \hat{h}_k(n-1)] x(n-k) \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dimana $\hat{h}_k(n)$ adalah nilai koefisien vektor filter adaptif dan $\hat{y}(n)$ adalah nilai keluaran posteriori. Parameter λ adalah nilai faktor bobot eksponensial yang harus dipilih dalam kisaran $0 < \lambda \leq 1$. Parameter ini juga disebut forgetting factor karena informasi dari masa lalu akan semakin dibiarkan untuk mengubah koefisien yang selanjutnya. Algoritma RLS mengubah nilai koefisien vektor dengan persamaan (2.7) berikut ini.

$$\hat{h}(n) = \sum_{k=0}^{\infty} \hat{h}_k(n) x(n-k) \quad (2.7)$$

3.1.1 Algoritma Fast Transversal Recursive Least Square (FTRLRLS)^[2]

Algoritma FTRLRLS bisa juga disebut sebagai algoritma yang memiliki waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan dengan algoritma RLS karena update vektor koefisien filter dilakukan disetiap iterasi. Algoritma ini melakukan prediksi untuk menentukan sinyal priori error dan posteriori error, dimana sinyal posteriori adalah sinyal diprediksi berdasarkan keluaran algoritma dan sinyal masukan yang selanjutnya.

3.1.2. Algoritma Stabilized Fast Transversal Recursive Least Square (SFTRLS)^[2]

Diantara sekian banyaknya algoritma yang menyelesaikan permasalahan Least-square dalam bentuk rekursif, algoritma Fast Transversal Recursive Least Square (FTRLS) adalah algoritma yang sering digunakan karena algoritma ini memiliki tingkat komputasi yang lebih rendah daripada algoritma lain. Namun, algoritma ini memiliki masalah mengenai kestabilan jika diimplementasikan pada aritmatika presisi terbatas. Menambah wordlength tidak menyelesaikan masalah karena dengan menambah wordlength akan semakin meningkatkan komputasi algoritma.

Salah satu algoritma yang dikembangkan untuk membuat algoritma FTRLS stabil adalah algoritma Stabilized Fast Transversal Recursive Least Square (SFTRLS). Tujuan algoritma ini adalah memperbaiki ketidakstabilan melalui error feedback. Ketidakstabilan dapat diperbaiki dengan menambahkan redundansi pada (λ, λ) dan (λ, λ) dimana masing-masing adalah faktor konversi dan priori backward error. Nilai ini bisa dihitung menggunakan persamaan yang berbeda dan untuk membedakannya maka ditambahkan indeks tambahan pada persamaan mereka. Redundansi priori backward error dinyatakan dengan persamaan (2.8), (2.9), dan (2.10) berikut ini.

$$(\lambda, \lambda, 1) = (\lambda - 1, \lambda) (\lambda, \lambda + 1) \quad (2.8)$$

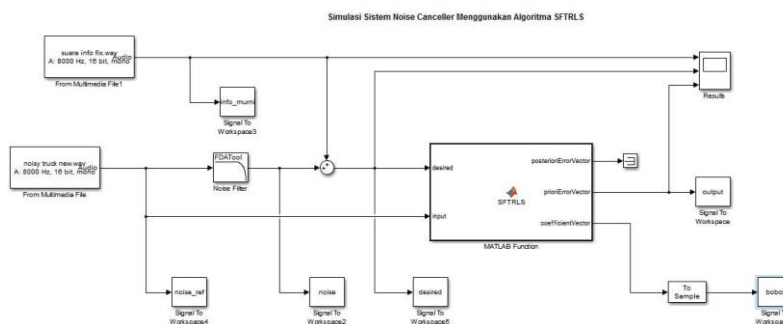
$$(\lambda, \lambda, 2) = [- (\lambda - 1, \lambda) (\lambda, \lambda + 1) \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} (\lambda, \lambda, 3) &= (\lambda, \lambda, 2) + (\lambda, \lambda, 1)[1 - \lambda] \\ &= (\lambda, \lambda, 1) + [\lambda (\lambda, \lambda, 2) - (\lambda, \lambda, 1)] \end{aligned} \quad (2.10)$$

4. OMAP-L138 LCDK^[11]

OMAP-L138 LCDK adalah sebuah DSP yang dapat digunakan oleh para pengembang untuk mengembangkan dan mencoba sebuah algoritma baru mengenai pengolahan sinyal digital. Alat ini memiliki harga yang murah dibandingkan development kit lainnya, selain itu alat ini juga membutuhkan daya yang rendah. Development kit ini dilengkapi dengan processor OMAPL138 dengan 456 MHz C674x Fixed/Floating Point Core.

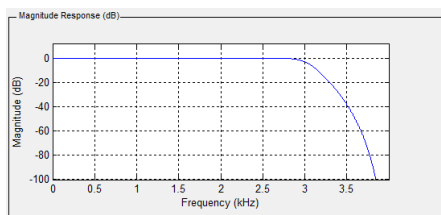
5. Model Sistem Skema Perancangan dan Pengujian



Gambar 3.1. Blok Simulasi Simulink

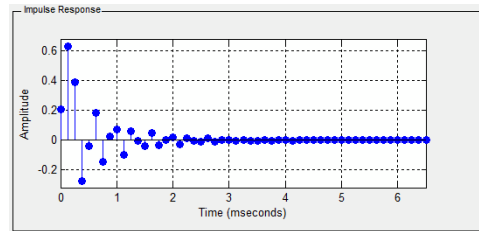
Berikut ini adalah penjelasan tentang simulasi sistem noise canceller pada software Simulink.

1. Port desired pada blok SFTRLS merupakan masukan sinyal yang telah tercampur dengan noise. Noise merupakan suara background yang biasanya dijumpai oleh TNI dalam medan perang. Noise background ini merupakan sinyal mono dengan frekuensi sampling 8000 Hz. Sebelumnya noise yang akan dicampur dengan sinyal info difilter terlebih dahulu dengan menggunakan filter digital lowpass IIR tipe butterworth dengan frekuensi cut off adalah 3 KHz. Respon frekuensi dari filter digital IIR bisa dilihat pada gambar 4.2. dibawah ini.



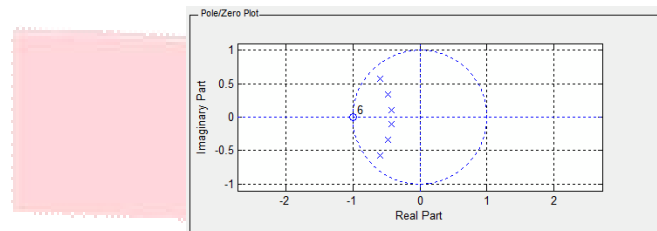
Gambar 3.2. Respon Frekuensi IIR

Respon impuls filter digital IIR dapat dinyatakan dengan gambar 4.3. berikut ini.



Gambar 3.3. Respon Impuls IIR

Salah satu parameter yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah filter digital IIR adalah kestabilan sistem. Indikasi kestabilan sistem ditunjukkan dengan letak pole yang berada dalam daerah kestabilan. Letak pole dan zero pada simulasi yang dilakukan dinyatakan pada gambar 4.3. dibawah ini.



Gambar 3.4. Pole dan Zero Filter IIR

Sinyal info yang digunakan adalah sinyal speech dengan frekuensi sampling 8 KHz. Nantinya sinyal info ini akan dijumlahkan dengan sinyal hasil filter digital IIR.

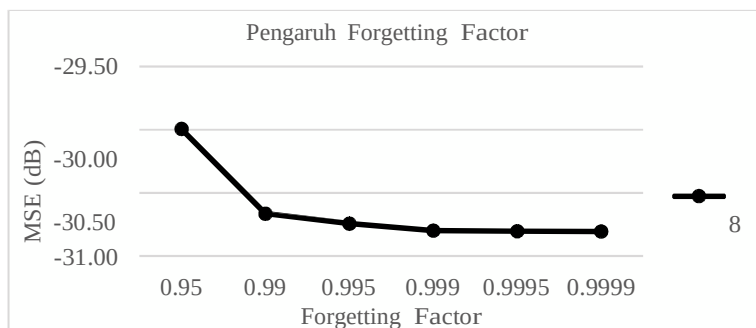
2. Port input adalah sinyal noise referensi yang merupakan sinyal noise masukan filter digital IIR.
3. Keluaran simulasi ini adalah priori error dan coefficient vector dari sistem noise canceller. Sinyal priori error adalah sinyal hasil filter yang diharapkan mendekati sinyal info, sedangkan coefficient vector merupakan matriks yang berisi koefisien vektor filter adaptif pada setiap iterasi dengan ukuran sesuai dengan besar orde filter.
4. Semua masukan dan keluaran sistem disimpan pada worksheet pada software Matlab untuk kemudian dianalisa.
5. Parameter yang akan diubah pada simulasi ini adalah nilai forgetting factor, orde filter adaptif, dan jenis noise background yang digunakan.
6. Dalam simulasi ini parameter performansi yang akan dianalisa adalah pengaruh nilai forgetting factor dan nilai orde filter terhadap nilai MSE dan SNR.

6. Analisa Sistem

Untuk menganalisis nilai rata-rata hasil pengujian yang dilakukan akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengaruh nilai forgetting factor terhadap nilai MSE dan orde filter terhadap MSE serta respon waktu.

6.1 Analisa Pengaruh Forgetting Factor

Perubahan nilai forgetting factor pada sistem noise canceller memberikan pengaruh pada nilai MSE seperti ditunjukkan dalam gambar 4.4., dilihat dari segi sinyal kesalahan yang diberikan.

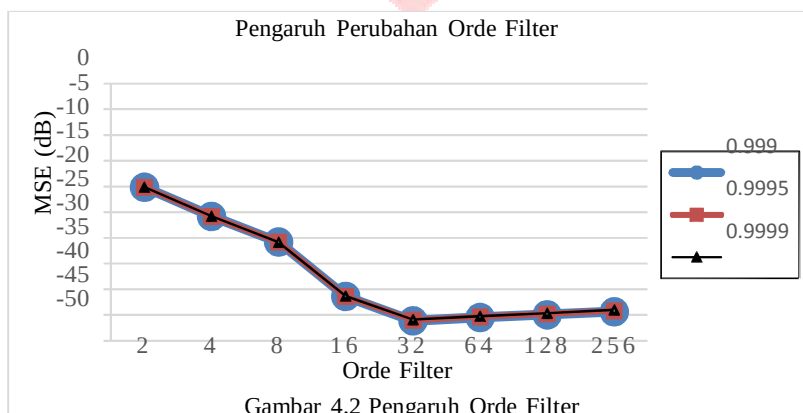


Gambar 4.1 Pengaruh Forgetting Factor untuk Orde 8

Dari data grafik pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa jika nilai α semakin mendekati nilai satu, maka sistem noise canceller akan memberikan nilai MSE yang semakin kecil. Semakin mendekati nilai satu mendandakan bahwa bobot sebelumnya pada sistem noise canceller semakin diabaikan. Dari data tersebut diperoleh bahwa nilai MSE optimal diperoleh pada 0.999, 0.9995, dan 0.9999.

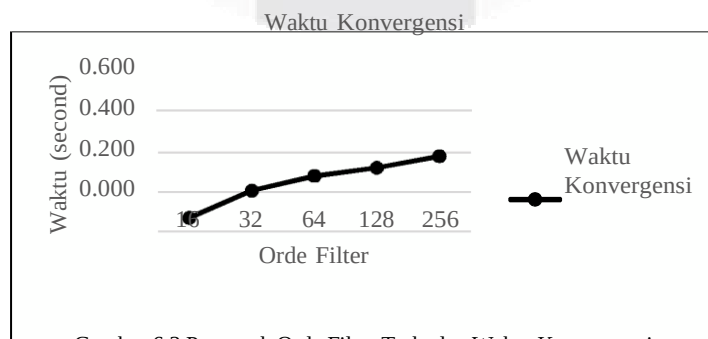
6.2 Analisa Pengaruh Orde Filter

Orde filter memberikan pengaruh pada ukuran matriks vektor koefisien filter adaptif. Pengaruh orde filter diuji dengan menggunakan tiga buah nilai optimal yang telah diuji sebelumnya. Data hasil pengujian pengaruh orde filter dinyatakan pada gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.2 Pengaruh Orde Filter

Dari data yang dinyatakan pada gambar 4.5., dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai orde filter maka nilai MSE akan semakin kecil. Dapat dilihat pada grafik, bahwa orde maksimum adalah 32. Nilai orde menentukan besar ukuran matriks vektor koefisien bobot dan ukuran vektor masukan filter adaptif. Semakin besar ukuran matriks masukan filter adaptif maka semakin banyak sampel sinyal masukan yang ditampung sehingga estimasi sinyal keluaran akan semakin mendekati sinyal masukan sistem. Namun dengan orde yang semakin tinggi, maka waktu komputasi yang diperlukan juga akan semakin lama sehingga berpengaruh pada waktu konvergensi filter adaptif. Pengaruh orde filter terhadap waktu konvergensi dinyatakan pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 6.3 Pengaruh Orde Filter Terhadap Waktu Konvergensi

7. Kesimpulan

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

1. Dari data hasil simulasi diperoleh bahwa nilai MSE optimal diperoleh pada nilai forgetting factor 0.999, 0.9995, dan 0.9999.
2. Orde filter dengan hasil MSE paling optimal adalah orde 32.
3. Semakin tinggi orde filter maka waktu konvergensi sistem noise canceller semakin lama.
4. Rata-rata waktu konvergensi sistem noise canceller adalah 0.254 detik.

8. Daftar Pustaka

- [1] P. S. Diniz, Adaptive Filtering Algorithms and Practical Implementation, Brazil: Springer, 2008.
- [2] S. M. Kuo y B. H. Lee, Real-Time Digital Signal Processing, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2001.
- [3] S. V. Vaseghi, Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [4] J. G. Proakis y D. G. Manolakis, Digital Signal Processing Principles, Algorithms, and Applications, USA: PRENTICE-HALL INTERNATIONAL, INC, 1996.
- [5] B. Farhang y B. , Adaptive Filters Theory and Application, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 1998.
- [6] H. Tanudjaja, Pengolahan Sinyal Digital & Sistem Pemrosesan Sinyal, Yogyakarta: ANDI, 2007.
- [7] S. M. Kuo y D. R. Morgan, Active Noise Control System Algorithms and DSP Implementations, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- [8] J. Raharjo, Inverse Filtering untuk Sistem Akustik Ruangan, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2001.
- [9] R. A. Rakhman, Perancangan Simulasi dan Implementasi Acoustic Echo Cancellation (AEC) Menggunakan Algoritma NLMS pada TMS320C6455, Bandung: Institut Teknologi Telkom, 2012.
- [10] I. McLoughlin, Applied Speech and Audio Processing, New York: Cambridge University Press, 2009.
- [11] R. Chassaing, Digital Signal Processing and Applications with the C6713 and C6416 DSK, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [12] Texas instruments, Getting Started with The OMAP-L138 LCDK, New Jersey: Texas instruments, Inc, 2012.
- [13] Texas Instruments, «L138/C6748 Development Kit (LCDK),» 5 June 2015. [En línea]. Available: [http://processors.wiki.ti.com/index.php/L138/C6748_Development_Kit_\(LCDK\)](http://processors.wiki.ti.com/index.php/L138/C6748_Development_Kit_(LCDK)).