

SIMULASI DAN ANALISIS FILTER ADAPTIF UNTUK REDUKSI SUARA JANTUNG DARI REKAMAN SUARA PERUT MENGGUNAKAN ALGORITMA LEAST MEAN SQUARE (LMS)

SIMULATION AND ANALYSIS OF ADAPTIVE FILTER FOR HEART SOUND REDUCTION FROM ABDOMINAL SOUND RECORD USING LEAST MEAN SQUARE (LMS) ALGORITHM

^[1]Ni Wayan Ratna Juami ^[2]Achmad Rizal, S.T.,M.T. ^[3]Unang Sunarya, S.T.,M.T.

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

^[1]juami_ratna@ymail.com ^[2]ach_rizal@yahoo.com ^[3]unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam bidang kesehatan, terdapat suatu teknik untuk memeriksa kondisi pasien yang dinamakan Auskultasi. Auskultasi merupakan teknik mendengarkan suara yang dihasilkan dari proses biologis yang terjadi dalam tubuh. Teknik ini menggunakan stetoskop sebagai alat bantu. Dengan stetoskop dokter akan bisa menganalisa kondisi fisik pasien melalui suara yang terdengar dari dalam tubuh, misalnya suara jantung, perut, maupun paru – paru.

Pada penelitian ini, digunakan rekaman suara perut sebagai objek penelitian. Pada proses perekaman, sering kali ditemukannya noise yang akan mengganggu proses diagnosis salah satunya suara jantung. Suara jantung akan terdengar melalui rekaman suara perut tersebut dikarenakan frekuensi suara jantung lebih tinggi dari frekuensi suara perut. Adaptive noise cancellation sebagai salah satu aplikasi filter adaptif dengan algoritma Least Mean Square, mampu mereduksi suara jantung dari rekaman suara perut. Kinerja sistem dalam penelitian ini diamati untuk setiap kenaikan orde dengan mengamati nilai SNR dan nilai MSE nya. Dalam hal ini juga dilakukan pengukuran secara subjektif yaitu MOS dengan degradation category rating dari 30 responden.

Dari hasil percobaan dapat dilihat bahwa sinyal keluaran memiliki kualitas yang baik karena perbaikan SNR yang cukup tinggi dari masing-masing inputan yang telah diberikan. Nilai SNR optimal sebesar 11,82dB pada simulasi SNR inputan 5dB dengan orde filter 105 dan step size 0,015. Selain itu didapatkan nilai error minimum sebesar $8,3711e-07$ dengan orde filter 5 dan step size 0,005.

Kata Kunci : suara jantung, suara perut, filter adaptif, algoritma *Least Mean Square* (LMS)

Abstract

In the health sector, there is a technique to examine the patient's condition which is called auscultation. Auscultation is the technique of listening to the sounds produced from biological processes that occur in the body. This technique uses a stethoscope as a tool. Using a stethoscope doctor will be able to analyze the physical condition of the patient through voice sounded from inside the body, such as the sound of the heart, abdominal, and lung

In this final task, a abdominal sound recordings which have been used by the doctor to analyze the person's health is used. In recording process, unexpected noises that will affect the diagnosing process are often found, e.g. heart sound will be heard from that stomach sound recording since the heart sound's frequency is higher than the abdominal sound's frequency. Adaptive noise cancellation is an adaptive filter applications. By using the Least Mean Square algorithm, the filter can reduce heart sound from abdominal sound recordings. The performance of the system in this study were observed for any increase in order to observe the SNR value and the value of MSE. In this case also be measured subjectively that the MOS degradation category rating of 30 respondents.

The output signal has good quality because a fairly high SNR improvement of each of the input that has been given. Optimal SNR value of 11,82dB on simulation input SNR 5dB with order filter 105 and a step size of 0.015. In addition to the minimum error value is obtained by $8,3711e-07$ with five filter order and step size of 0.005.

Keywords: heart sound, abdominal sound, adaptive filter, *Least Mean Square* (LMS) algorithm

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kesehatan merupakan hal yang sangat penting untuk makhluk hidup pada umumnya, dan manusia pada khususnya. Dalam dunia kesehatan terdapat teknik pemeriksaan pasien yang dinamakan auskultasi^[1]. Auskultasi adalah teknik dasar dalam pemeriksaan kesehatan pasien dengan menggunakan stetoskop, dengan stetoskop seorang dokter dapat mendengar suara yang dihasilkan dari proses biologis yang terjadi dalam tubuh misalnya

suara perut. Dari suara perut, dokter dapat menganalisa penyakit yang diderita pasien, seperti diare atau gangguan pencernaan lainnya. Didasarkan bahwa setiap penyakit menghasilkan suara yang spesifik.

Pada proses auskultasi perut sering kali terdengar noise[1]. Noise tersebut berupa suara jantung yang akan mengganggu proses untuk mendapatkan informasi kondisi seseorang melalui suara perut. Karena alasan tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan reduksi suara jantung yang timbul pada saat auskultasi perut[2]. Penelitian ini juga dilakukan sebagai salah satu pengembangan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya.

Pada penelitian ini diambil rekaman suara perut menggunakan stetoskop elektronik. Suara yang sudah direkam dalam bentuk *.wav akan sebagai data input. Dalam hal ini, metoda yang digunakan untuk mereduksi sinyal suara jantung adalah filter adaptif sebagai *noise canceller*. Karena kemampuannya yang dapat beradaptasi terhadap perubahan karakteristik sinyal, metoda ini dapat digunakan untuk mereduksi suara jantung dari rekaman suara perut. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem untuk mereduksi suara jantung dari rekaman suara perut dengan menggunakan *Adaptive Noise Cancellation* (ANC) dengan algoritma *Least Mean Square* (LMS). Dengan terlebih dahulu membuat sebuah sinyal yang akan digunakan sebagai input referensi yang merupakan bentuk lain dari suara jantung, suara jantung dapat dipisahkan menggunakan filter ini[3]. Dan metode identifikasi akan menggunakan *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang akan membandingkan daya sinyal antara sinyal informasi dengan sinyal noise. Tujuan tugas akhir ini adalah mereduksi suara detak jantung dari rekaman suara perut untuk menghasilkan rekaman suara perut yang terbebas dari noise, sehingga proses pemeriksaan kesehatan jadi lebih akurat.

Sinyal input adalah suara perut yang telah terekam dalam bentuk *.wav. Analisis ditunjukkan untuk suara perut normal dan dalam keadaan santai. Suara perut yang direkam pada pria dan wanita, tidak terbatas pada umur namun tidak termasuk ibu hamil. Analisis tidak ditunjukkan untuk analisis suara perut secara medis tetapi hanya mengenali karakteristik dari sinyal. Tidak membahas bagaimana cara auskultasi dalam pengambilan data. Bersifat non-real time. Frekuensi sampling sebesar 44100 Hz. Alat yang digunakan untuk merekam suara perut adalah stetoskop elektronik. Metode yang akan digunakan pada analisis ini adalah filter adaptif dengan *algorithm least mean square* (LMS). Software yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah MATLAB 7.8.0 (R2009).

2. Dasar Teori

2.1 Teori Suara Perut

Usus merupakan organ bagian perut yang termasuk dalam sistem pencernaan yang bermula dari lambung hingga anus. Suara perut disebabkan karena adanya bising usus. Bising usus adalah fenomena fisik yang dapat direkam, diilustrasikan, diukur, dianalisis, dan setelah itu berkorelasi dengan fenomena fisik yang terkait[4]. Bising usus terjadi karena peristaltik usus dan kerja usus untuk metabolisme. Umumnya bising usus terjadi pada frekuensi lima – 35 kali per menit. Istilah yang digunakan oleh dokter untuk mendeskripsikan usus antara suara yang baik subyektif kualitatif (berdenting dan bernada tinggi) atau kasar kuantitatif (keras, meningkat, dan berkurang). Suara bising usus dapat didengarkan melalui proses auskultasi. Sinyal suara kemudian dapat dipelajari dan didiagnosa untuk mengetahui gangguan pencernaan secara langsung[5].

2.2 Teori Suara Jantung

Jantung merupakan salah satu organ dalam tubuh yang terlibat dalam sistem peredaran darah atau sistem cardiovascular sehingga manusia dapat beraktifitas. Jantung berfungsi untuk memompa darah ke organ paru-paru dan ke seluruh tubuh. Dalam kondisi normal atau tidak sedang melakukan kegiatan, jantung berdetak rata-rata sebanyak 60-100 kali per menit.

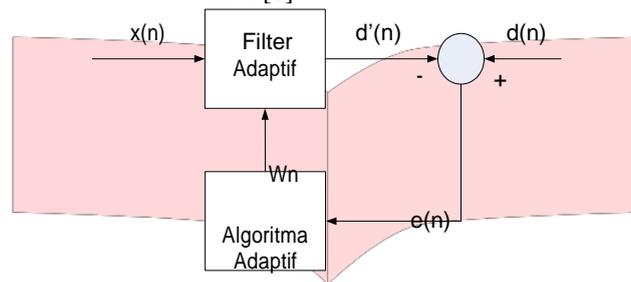
Detak jantung menghasilkan dua suara yang berbeda yang dapat didengarkan pada stetoskop, yang sering dinyatakan dengan *lub-dub*. Suara *lub* disebabkan oleh penutupan katup *tricuspid* dan *mitral* (*atrioventrikular*) yang memungkinkan aliran darah dari *atria* (serambi jantung) ke *ventricle* (bilik jantung) dan mencegah aliran balik. Umumnya hal ini disebut suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan timbulnya kompleks QRS dari elektrokardiogram dan terjadi sebelum *systole* (periode jantung berkontraksi). Suara *dub* disebut suara jantung kedua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup *semilunar* (*aortic* dan *pulmonary*) yang membebaskan darah ke sistem sirkulasi paru-paru dan sistemik. Katup ini tertutup pada akhir *systole* dan sebelum katup atrioventrikular membuka kembali. Suara S2 ini terjadi hampir bersamaan dengan akhir gelombang T dari elektrokardiogram. Suara jantung ketiga (S3) sesuai dengan berhentinya pengisian atrioventrikular, sedangkan suara jantung keempat (S4) memiliki korelasi dengan kontraksi atrial. Suara S4 ini memiliki amplitude yang sangat rendah dan komponen frekuensi rendah. Jantung abnormal memperdengarkan suara tambahan yang disebut murmur. Murmur disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau stenotic (yang memaksa darah melewati bukaan sempit), atau oleh *regurgitasi* yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah. Dalam masing-masing kasus suara yang timbul adalah akibat aliran darah dengan kecepatan tinggi yang melewati bukaan sempit. Penyebab lain terjadinya *murmur* adalah

adanya kebocoran *septum* yang memisahkan jantung bagian kiri dan bagian kanan sehingga darah mengalir dari ventrikel kiri ke ventrikel kanan sehingga menyimpangkan sirkulasi sistemik[6].

2.3 Filter Adaptif

Filter adaptif merupakan sebuah filter digital dengan pengatur koefisien dimana parameter filter diatur sedemikian rupa sehingga dapat mengoptimalkan sinyal dari distorsi (cacat) seminimal mungkin. Filter adaptif adalah filter yang melakukan pemrosesan sinyal digital dan menyesuaikan kinerja berdasarkan sinyal input. Fasilitas yang menarik dari filter adaptif adalah kemampuan untuk beroperasi secara maksimal pada lingkungan yang tidak dikenal dan juga variasi waktu pelacakan dari statistik input, membuat filter adaptif menjadi peralatan dalam pemrosesan sinyal. Filter adaptif juga mempunyai kemampuan untuk mengubah bobot koefisiennya secara otomatis, menyesuaikan dengan sinyal input untuk memperkecil eror[3].

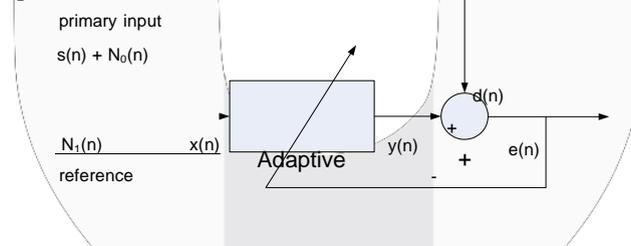
Untuk beberapa aplikasi koefisien filter diperlukan karena beberapa parameter dari operasi pemrosesan yang diperlukan tidak diketahui dan keadaan seperti inilah yang membuat filter adaptif menggunakan umpan balik untuk memperbaiki nilai-nilai koefisien filter[8].



Gambar 1 Blok Diagram Filter Adaptif

2.4 Adaptive Noise Cancellation

Adaptive Noise Canceller pertama kali diperkenalkan oleh Howells dan Applebaum di General Electric Company. Mereka mendesain sistem untuk meng-cancel side lobe pada antenna yang menggunakan referensi input dari antenna tambahan dan filter adaptive. Sistem Adaptive Noise Canceller untuk sinyal audio pertama kali dibuat pada 1965 di Stanford University dengan tujuan meng-cancel interferensi sinyal 60 Hz pada penguat electrocardiograph dan alat perekam suara[10].



Gambar 2 Adaptive Noise Canceller

2.5 Least Mean Square (LMS)

Algoritma *Least Mean Square* (LMS) ini merupakan pendekatan dari algoritma *steepest descant* yang menggunakan estimasi sesaat dari gradien vektor sebagai fungsi yang dipertimbangkan. Nilai estimasi gradien didasarkan pada nilai sample vektor masukan dan nilai eror yang diperoleh[7]. Untuk algoritma LMS ini diperlukan satu sinyal acuan $d(n)$ yang menyatakan sinyal keluaran yang diinginkan.

Bentuk perubahan dari algoritma *steepest descent* filteradaptif,yang memiliki persamaan weight-vector update sebagai berikut :

$$W(n+1) = W(n) - \mu e(n) X(n) \quad (1)$$

Suatu batasan praktis pada algoritma ini adalah ekspektasi $E\{e(n) X(n)^T\}$ pada umumnya tidak diketahui. Oleh karenanya dapat diestiamsi dengan sampel mean sebagai berikut[8].

$$E\{e(n) X(n)^T\} \approx \{-\sum_{k=0}^{L-1} W(n-k) X(n-k)^T\} \quad (2)$$

Sehingga dalam hubungannya dengan algoritma *steepest descent*, bentuk update dari W_n menjadi[8] :

$$W(n+1) = W(n) + \mu \sum_{k=0}^{L-1} W(n-k) X(n-k)^T \quad (3)$$

Dalam kasus khusus bila $L=1$, maka \dots persamaan inilah yang disebut dengan Algoritma Least Mean Square (LMS). Sehingga bentuk update dari k koefisien dapat ditulis sebagai berikut [8] :

Bentuk sederhana dari algoritma ini hanya membutuhkan satu perkalian dan satu penjumlahan, dimana nilai \dots hanya dihitung satu kali dan digunakan untuk seluruh koefisien. Oleh karena filter adaptif dengan algoritma LMS yang memiliki koefisien $P+1$ akan membutuhkan $P+1$ kali perkalian dan $P+1$ kali penjumlahan untuk meng-update koefisien filternya. Selain itu satu penjumlahan untuk menghitung kesalahan $e(n)$, satu perkalian diperlukan untuk pembentukan perkalian \dots Akhirnya diperlukan $P+1$ perkalian dan P penjumlahan diperlukan untuk perhitungan output filter adaptif. Oleh karenanya jumlah total yang diperlukan adalah $2P+3$ perkalian dan $2P+2$ penjumlahan per titik output yang diperlukan.

Algoritma LMS yang lengkap dapat dituliskan sebagai berikut [8] :

Parameter : P = orde filter
step size

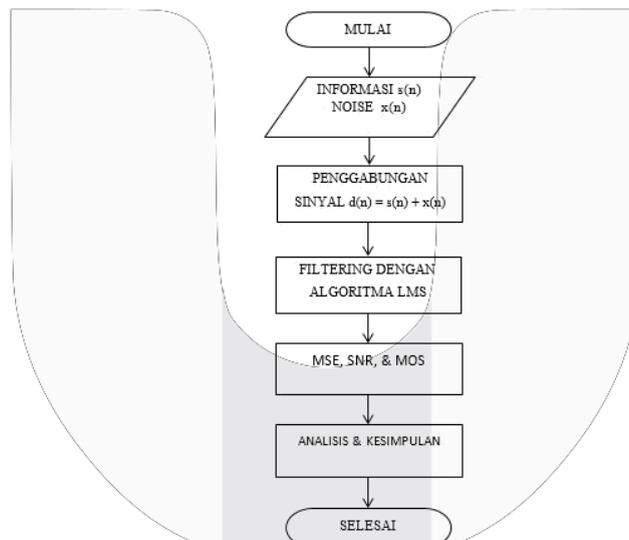
Inisialisasi : $W_0=0$

Perhitungan : untuk $n=0,1,2,\dots$

$$\begin{aligned} & \dots \\ & \dots \\ & \dots \end{aligned}$$

Pada penelitian ini disimulasikan dan dianalisis performansi Adaptif Noise Cancellation untuk reduksi suara jantung dari rekaman suara perut dengan menghitung nilai SNR dan MSE berdasarkan komputasi simulasi. Dalam hal ini, yang menjadi sinyal inputan adalah rekaman suara perut yang telah tercampur dengan suara jantung. Proses pemfilteran akan menggunakan algoritma *Least Mean Square* untuk memisahkan sinyal suara jantung dengan suara perut.

2.6 Diagram Alir Perancangan Sistem



Gambar 3 Diagram Alir Pemfilteran LMS

2.7 Pengambilan Data Input

Pada penelitian ini, pengambilan data secara langsung menggunakan stetoskop elektronik. Dengan menggunakan stetoskop elektronik akan dilakukan perekaman data input secara terpisah yaitu sinyal informasi berupa suara perut dan sinyal pengganggu berupa suara jantung. Data suara akan diubah dalam bentuk *.wav yang memiliki frekuensi sampling 44100 Hz. Sinyal input akan diproses di dalam *Adaptif Noise Cancellation* dengan algoritma adaptasi.

2.8 Penggabungan Sinyal Informasi Dengan Sinyal Noise

Pada penelitian ini, dilakukan metoda untuk menganalisis sinyal keluaran sistem. Simulasi yang dilakukan yaitu mengambil sinyal informasi terpisah dari sinyal pengganggu, setelah itu antara sinyal informasi dan sinyal pengganggu digabungkan sehingga menjadi sinyal pengamatan akan ditirukan oleh sinyal yang didapat dari

proses adaptasi yaitu dengan perhitungan berdasarkan kondisi korelasi antara sinyal yang diamati dengan sinyal referensi. Pada kondisi ini, digunakan sinyal pengganggu yang sama dengan sinyal referensinya sehingga antara sinyal yang diamati dengan sinyal referensi berkorelasi [8]

2.9 Perhitungan dengan Algoritma LMS

Pada algoritma adaptif ini, algoritma Least Mean Square nya adalah sebagai berikut :

1. Pada waktu n , bobot filter $w(n)$ diketahui.
2. Hitung $d'(n) = w(n)^T x(n)$
3. Hitung $e(n) = d(n) - d'(n)$
4. Hitung bobot filter berikutnya $w(n+1) = w(n) + 2\mu e(n)x(n)$
5. Lanjutkan ke $n=n+1$

Dari struktur filter tersebut terlihat jelas bahwa secara numeric akan tetap stabil untuk nilai tertentu. Inisialisasi algoritma hanya diperlukan untuk menginisialisasi koefisien filter $h(n)$.

$$* () + * (() ()) + (3.1)$$

Sedangkan penentuan nilai μ menentukan adanya konvergensi, kecepatan konvergensi dan excess errornya.

2.10 Parameter Analisis

Pada tugas akhir ini digunakan tiga parameter analisis hasil simulasi yaitu SNR (Signal to Noise Ratio), MSE (Minimum Square Error), dan MOS (Mean Opinion Score).

2.10.1 SNR (Signal to Noise Ratio)

SNR merupakan parameter performansi yang mengukur besarnya derajat sinyal informasi terhadap noise yang mengganggu. Semakin besar nilai SNR maka bisa dikatakan kualitas sinyal semakin baik. Noise yang dimaksud adalah akar rata-rata kuadrat nilai kesalahan [8].

2.10.2 MSE (minimum Square Error)

MSE merupakan parameter performansi system yang didapat dari besarnya selisih kemiripan antara sinyal yang asli dan sinyal yang ditirukan. Dalam hal filter adaptif dengan noise cancelation dirancang sebuah filter yang dapat menirukan sinyal asli melalui perhitungan korelasi antara sinyal yang ditirukan dengan noise referensi [8].

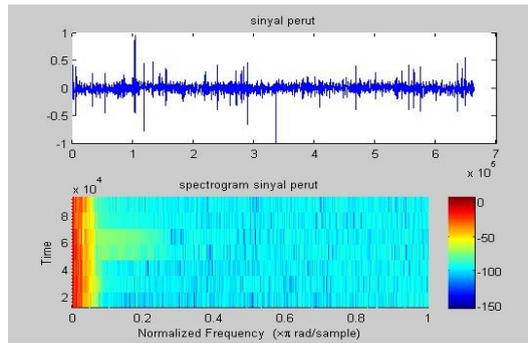
2.10.3 MOS (Mean Opinion Score)

MOS merupakan parameter performansi yang merupakan uji kelayakan secara subjektif dengan menilai factor kualitas system secara langsung.

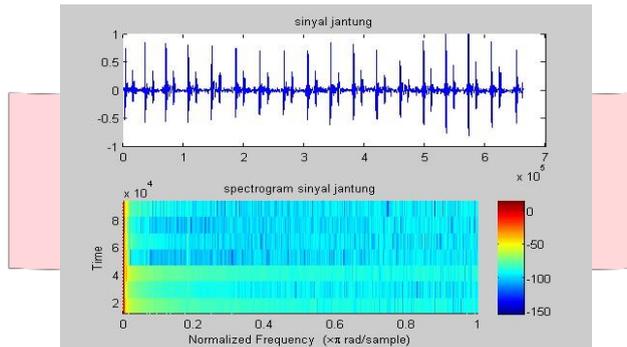
3. Pembahasan

3.1 Pengujian dan Analisis Orde Filter dan Step Size terhadap Nilai SNR, MSE, dan waktu Komputasi

Pada pengujian sistem, input pada proses filtering merupakan sampel sinyal diambil secara terpisah antara sinyal informasi dan sinyal pengganggu dengan waktu yang berbeda. Sampel sinyal kemudian diproses untuk dilakukan normalisasi daya kedua sinyal dan digabungkan menjadi sinyal pengamatan. Selanjutnya sinyal pengganggu yang telah diambil juga akan digunakan sebagai sinyal referensi. Sinyal referensi otomatis saling berkorelasi dengan sinyal yang diamati karena pada sinyal yang diamati mengandung komponen sinyal referensi yaitu sinyal pengganggu. Sinyal pengamatan kemudian diproses secara adaptif menggunakan metoda LMS. Berikut merupakan proses dan hasil dari keluaran sistem.

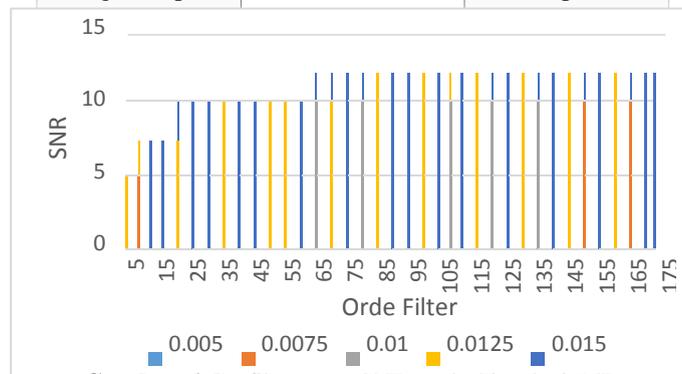


Gambar 4 Sinyal Informasi dan Spektogramnya

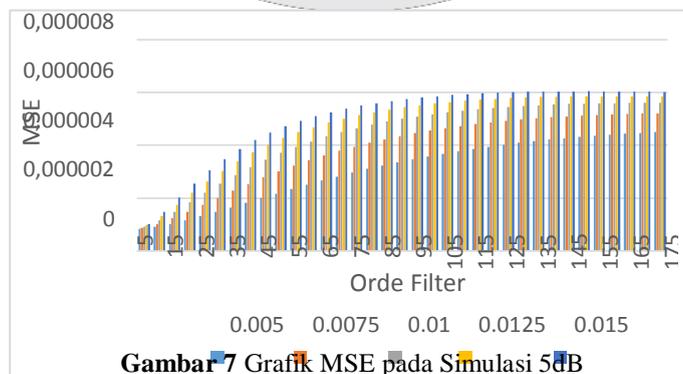


Gambar 5 Sinyal Pengganggu dan Spektogramnya

Hasil percobaan dengan SNR inputan 5dB, dapat dilihat bahwa nilai SNR optimum pada setiap step size terletak pada orde yang berbeda. Dengan step size 0.005 dan orde filter 160 didapatkan SNR optimum sebesar 10.09dB. Dengan step size 0,0075 dan orde filter 140 didapatkan SNR optimum 10.77dB. Dengan step size 0.01 dan orde filter 120 didapatkan SNR optimum 11.22 dB. Dengan step size 0.0125 dan orde filter 110 didapatkan SNR optimum 11.56dB. Dan dengan step size 0.015 dan orde filter 105 didapatkan SNR optimum 11.82dB.

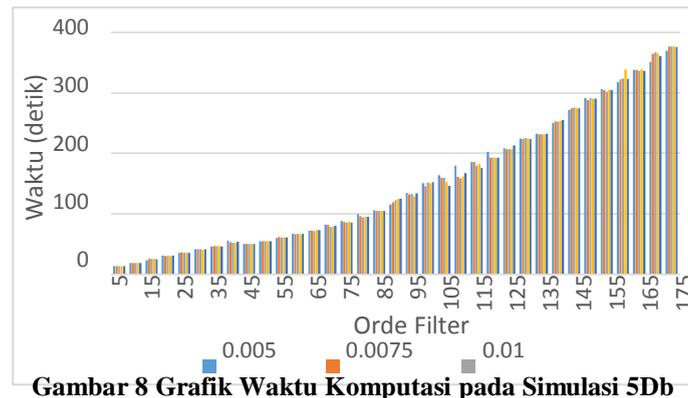


Gambar 6 Grafik output SNR pada Simulasi 5dB



Gambar 7 Grafik MSE pada Simulasi 5dB

Nilai MSE optimum pada orde 5 dengan step size 0.005 yaitu sebesar $8.3711e-07$ dan terlihat kenaikan pada orde selanjutnya.



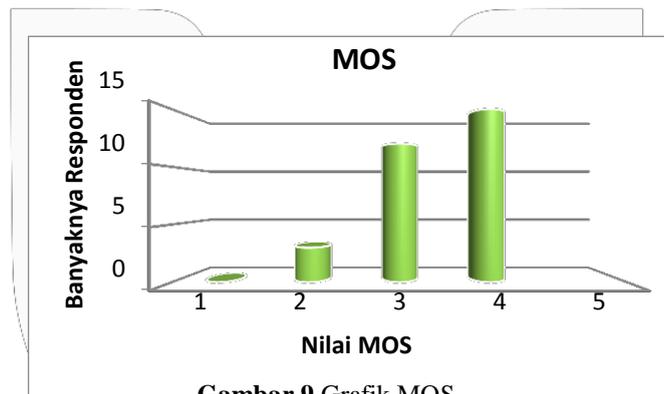
Gambar 8 Grafik Waktu Komputasi pada Simulasi 5Db

Dari grafik diatas terlihat kenaikan setiap ordennya dikarenakan semakin besar orde filter, waktu yang dibutuhkan semakin lama dikarenakan proses adaptif pada filter

3.2 Penilaian Sistem Secara Subjektif Dengan MOS

Sistem selain diukur secara kuantitatif juga dilihat secara kualitatif melalui penilaian yang dilakukan secara subjektif. Penilaian secara subjektif ditujukan untuk memperoleh hasil penilaian berdasarkan kualitas keluaran yang langsung dapat didengar sehingga bisa dibedakan baik buruknya sistem. Pada penilaian secara subjektif ini dilakukan terhadap 27 orang mahasiswa dan 3 orang yang berprofesi sebagai perawat. Metode MOS yang digunakan adalah mengacu kepada referensi *Degradation Category Rating Method (DCR)*^[12]

Nilai rata-rata MOS adalah 3,7. Namun pada grafik di bawah ini, terlihat nilai MOS tertinggi dari responden terbanyak adalah 4 yang artinya degradasi masih terdengar tetapi tidak mengganggu.



Gambar 9 Grafik MOS

3.3 Analisis Hasil Percobaan

Sinyal hasil proses pemfilteran terjadi pengurangan noise hasil adaptasi terhadap masukan. Sebagian noise yang tercampur ke dalam sinyal informasi hilang karena adanya korelasi dengan sinyal referensi.

Proses penghilangannya pertama-tama ditirukan sinyal seperti sinyal yang diamati, selanjutnya sinyal tiruan tersebut digunakan untuk mengurangi sinyal yang diamati, melalui metoda korelasi sinyal referensi dengan sinyal yang diamati. Dari hasil percobaan, sinyal keluaran memiliki kualitas yang baik dikarenakan tingkat kesalahannya kecil walaupun mengalami peningkatan pada setiap kenaikan orde filter. Selain itu, sinyal keluaran mengalami perbaikan SNR yang cukup tinggi dari masing-masing inputan yang telah diberikan. Karena semakin besar nilai SNR, maka bisa dikatakan kualitas sinyal semakin baik.

4 Kesimpulan

4.3 Kesimpulan

Bedasarkan hasil pengujian dari beberapa analisis terhadap pengujian dan beberapa analisis terhadap pengujian simulasi untuk penghilangan sinyal pengganggu secara adaptif, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil simulasi, semakin besar nilai orde filter, maka waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem lebih lama.

2. Dari keempat simulasi dengan mengubah SNR inputan, didapatkan nilai SNR tertinggi yaitu 11,82dB pada simulasi SNR inputan 5dB dengan orde filter 105 dan step size 0,015, Selain itu didapatkan nilai error minimum sebesar $8,3711 \times 10^{-7}$ dengan orde filter 5 dan step size 0,005.
3. Semakin besar sifat korelasi antara sinyal pengganggu referensi dengan sinyal pengganggu yang bercampur sinyal informasi, nilai kesalahannya pun akan semakin kecil.
4. Dari hasil simulasi bisa dilihat bahwa semakin besar nilai step size, maka besarnya SNR optimum semakin cepat didapatkan untuk tiap kenaikan orde filter yang digunakan.
5. Dari hasil percobaan, metode LMS yang merupakan salah satu algoritma adaptif ini mampu memberikan sinyal keluaran yang berkualitas baik dikarenakan tingkat kesalahannya kecil walaupun mengalami peningkatan pada setiap kenaikan orde filter.
6. Dari hasil pengujian, sinyal keluaran mengalami perbaikan SNR yang cukup tinggi dari masing-masing inputan yang telah diberikan. Karena semakin besar nilai SNR, maka bisa dikatakan kualitas sinyal semakin baik.

Daftar Pustaka :

- [1] Rizal, Achmad, & Vera. Suryani. *Aplikasi Pengolahan Sinyal Digital pada Analisis dan Pengenalan Suara Jantung dan Paru untuk diagnosis Penyakit Jantung dan Paru Secara Otomatis*. STT Telkom Bandung
- [2] Sabrina Tarigan, Riska. 2011. *Reduksi Suara Menelan dari Rekaman Suara Jantung Secara Segmentasi Adaptif Dengan Dimensi Varian*. IT Telkom Bandung
- [3] Sukresno, Ferdi. 2009. *Reduksi Suara Jantung dari Rekaman Suara Paru Menggunakan Filter Adaptif dengan Algoritma Recursive Least Square*. Bandung
- [4] Xizheng, Zhang. 2010. *An New Filtering Methods in Wavelet Domain for Bowel Sounds*. School of Computer And Communication, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan China
- [5] Watson ,W.C & C. Knox. 1967. *Phonoenterography: the recording and analysis of bowel sounds*. University Department of Medicine, Glasgow Royal Infirmary, and the Acoustic Division of the Regional Physics Department
- [6] Widodo, Th. Sri. "Analisis Spektral Isyarat Suara Jantung". *Seminar On Electrical Engineering (SEE2004)*. hal 109-114 , Agustus 2004, Universitas Achmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia
- [7] Huda, Miftahul. 2010. *Studi Pembatalan Periodic Noise Menggunakan Filter Adaptif pada Sinyal Wicara*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- [8] Sunarya, Unang. 2012. *Simulasi Dan Analisis Metoda Least Mean Square Untuk Penghapusan Derau Secara Adaptif*. Institut Teknologi Telkom Bandung : Tidak Diterbitkan
- [9] Hayes, Monson. 1996. *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*. Canada.
- [10] Hayes, Monson H. 2002. *Statistical Digital Signal Processing and Modeling*. India: John Willey & Sons. Worl wide web
- [11] Broesch, James D. 1997. *Digital Signal Processing Demystified*. United State of America.
- [12] Antoniou, Andreas. 2005. *Digital Signal Processing Signal System and Filter*. Canada.
- [13] Sulistyowati, Ita & Huda, Miftahul. *Aplikasi Noise Cancellation menggunakan metoda NLMS dengan DSP Board 6713*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya