

Analisis Performansi Denoising Sinyal EKG Menggunakan Metode Empirical Mode Decomposition dan Adaptive Filter

Analysis of Denoising Performance of ECG Signals Using Empirical Mode Decomposition and Adaptive Filter Methods

IRHAM BANI ALFAFA ¹, Ir. RITA MAGDALENA, M.T. ², R YUNENDAH NUR FU'ADAH, S.T., M.T. ³

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

¹irhambanialfafa10@gmail.com, ²ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id, ³yunendah@telkomuniversity.ac.id.

Abstrak

Elektrokardiogram (EKG) adalah suatu sinyal yang dihasilkan dari aktifitas listrik otot jantung. Sinyal EKG memiliki informasi yang menggambarkan kondisi dari kesehatan jantung. Pengukuran menggunakan EKG dapat mendeteksi secara dini gejala penyakit jantung. Namun, hasil pengukuran menggunakan EKG sering dipengaruhi oleh gangguan noise dan tidak dapat dihilangkan dengan metode filter yang sederhana.

Dalam ujicoba denoising pada tugas akhir ini, penulis menggunakan suatu perbandingan metode antara adaptive filter dan empirical mode decomposition (EMD), dan serial kedua metode tersebut. Pengujian dilakukan menggunakan matlab, dataset sinyal EKG dan beberapa *noise* di ambil dari database MIT-BIH *arrhythmia* dengan besar SNR input 30 dB yang akan ditambahkan pada sinyal EKG. Dimana adaptive filter menggunakan metode KALMAN, Least Mean Square (LMS), dan Recursive Least Square (RLS). Sedangkan noisy sinyal yang di filter menggunakan EMD didapatkan hasil terbaik pada iterasi ke-4, karena jika diteruskan ke iterasi selanjutnya output dari hasil denoised sinyal akan menjadi datar. Ujicoba dilakukan dengan memberikan 4 noise yang berbeda yaitu Additive White Gaussian Noise (AWGN), BASELINE WANDER (BWN), ELEKTRODE MOTION ARTIFAC (EMN) dan MUSCLE ARTIFAC (MAN) untuk masing masing metode EMD dan adaptive filter.

Berdasarkan hasil pengujian, denoising terbaik yang dilakukan oleh metode Empirical Mode Decomposition untuk Additive White Gaussian Noise (AWGN) adalah dengan nilai MSE = 0,0015 dan SNR = 25,1578. Sedangkan untuk denoising terbaik yang dilakukan oleh metode Adaptive Filter untuk Additive White Gaussian Noise (AWGN) adalah dengan metode LMS dengan nilai MSE = 0,000275 dan SNR = 31,591166. Jika dibandingkan dari data diatas maka metode terbaik ditunjukkan oleh metode adaptive filter.

Kata kunci: Elektrokardiogram (EKG), Denoising, Empirical Mode Decomposition, Adaptive Filter.

Abstract

Electrocardiogram (ECG) is a disease that results from the electrical activity of the heart muscle. ECG signals have unique information on cardiovascular health. Measurements using an ECG may inhibit cardiac symptoms. However, measurement results using an ECG are often characterized by noise interference and can not be removed by simple filter methods.

In the denoising test in this final project, the authors used the method between adaptive filter and empirical mode of decomposition (EMD), and serial II method. The test was performed using matlab, the ECG signal dataset and some noise was taken from the MIT-BIH *arrhythmia* database with a 30 dB SNR input to be added to the ECG signal. Where adaptive filters use KALMAN, Least Mean Square (LMS), and Recursive Least Square (RLS) methods. While the noisy signal in the filter using EMD obtained the best results to-4, because if it is forwarded to the next iteration the output of the denoised result will be a flat signal. The test is done by giving 4 different noise that is Additive White Gauss Noise (AWGN), BASELINE WANDER (BWN), MOTION ARTIFAC (EMN) and MUSCLE ARTIFAC (MAN) for each EMD method and adaptive filter.

Based on the test results, the best denoising performed by the Empirical Decomposition method for White Gaussian Noise Additive (AWGN) is with the value of MSE = 0.0015 and SNR = 25.1578. As for best denoising done by Adaptive Filter method for Additive White Gaussian Noise (AWGN) is by LMS method with value of MSE = 0.000275 and SNR = 31,591166. If compared from the above data then you can use adaptive filter method.

Key words: Electrocardiogram (ECG), Empirical Mode Decomposition, Adaptive filters.

1. Pendahuluan

Pada zaman ini perkembangan pesat terjadi pada dunia biomedik. Banyak peneliti yang memanfaatkan bidang kesehatan untuk dijadikan sebagai riset dari tugas akhir, salah satunya pendeteksi sinyal yang berasal dari dalam tubuh manusia. Banyak sekali metode yang saat ini masih terus dikembangkan, salah satunya *Electrocardiogram* (EKG) merupakan suatu alat biomedis yang berfungsi untuk mendeteksi jantung dengan mengukur aktifitas listrik yang dihasilkan oleh jantung. Namun sinyal hasil pengukuran pada EKG sering kali dipengaruhi oleh adanya *noise* yang tidak diinginkan. Untuk mengatasinya dilakukan metode yang disebut dengan *denoising* [1].

Denoising sendiri merupakan Metode untuk menghilangkan noise pada sinyal EKG. Noise yang terdapat pada sinyal EKG tersebar pada rentang yang sama dengan frekuensi yang sama dengan sinyal EKG, sehingga metode filter biasa tidak dapat menghilangkan noise tersebut[1]. Penelitian tentang denoising sendiri sudah banyak dilakukan, beberapa contoh dari penelitian yang terkenal adalah pada tahun 2004 oleh A.O. Boudraa, J.C. Cexus, dan Z. Saidi dengan judul “Denoising Via Empirical Mode Decomposition”[2] dan pada tahun 2006 oleh A.O. Boudraa dan J.C. Cexus yang juga melakukan sebuah penelitian dengan judul “Denoising Via Empirical Mode Decomposition”[3].

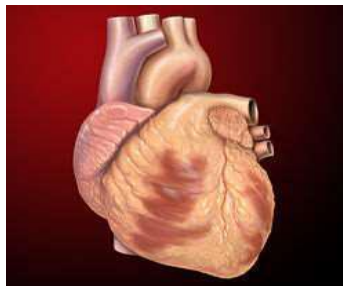
Untuk menanggapi penelitian diatas, maka digunakanlah penelitian tersebut sebagai landasan tugas akhir ini, yaitu dengan menggunakan beberapa metode untuk denoising sinyal yaitu adaptive filter dan empirical mode decomposition (EMD). Dengan melakukan perbandingan terhadap metode tersebut, diharapkan dapat diperoleh nilai terbaik untuk denosing sinyal EKG.

Dasar Teori

2.1. Jantung

Jantung merupakan rongga organ yang memompa darah lewat pembuluh darah dengan kontraksi berirama yang berulang. Darah menyuplai oksigen dan nutrisi pada tubuh, juga membantu menghilangkan sisa-sisa metabolisme. Jantung juga merupakan salah satu organ manusia yang berperan penting dalam sistem peredaran darah, terletak di rongga dada agak sebelah kiri [6].

Pada jantung, terdapat suatu aktivitas yang sering terjadi yaitu aktivitas sinyal elektrik. Untuk mengetahui aktivitas sinyal elektrik tersebut pada jantung maka digunakanlah beberapa metode, salah satunya metode dengan menggunakan sinyal Elektrokardiogram (EKG).



GAMBAR 2. 1. JANTUNG

2.2. Noise Pada EKG

Morfologi sinyal EKG telah digunakan untuk mengenali aktivitas jantung, sehingga sangat penting untuk mendapatkan parameter sinyal EKG. Selain dari segi alat sebagai filter untuk sinyal noise, penekanan bahkan penghapusan noise juga dapat dilakukan pada proses denoising sinyal.[10] Beberapa sumber noise menurut Gari D.Clifford dapat dikelompokkan sebagai berikut[11] :

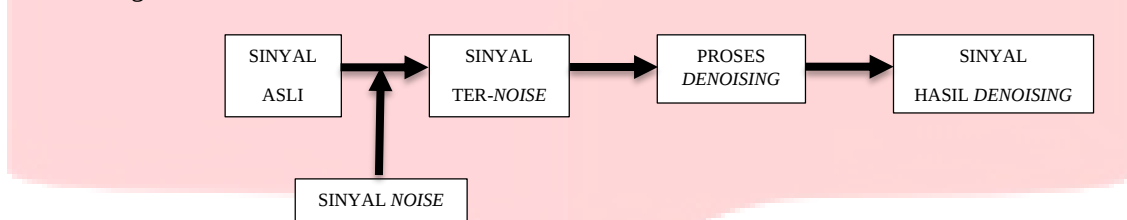
1. Muscle artifact, noise ini bersumber dari kontraksi yang terjadi dibawah elektroda EKG dan memiliki bandwidth yang hampir sama dengan sinyal EKG sehingga sulit untuk dihilangkan dengan memakai filter sederhana.
2. Electrode movement, noise yang dihasilkan karena ada sedikitnya kontak antar elektroda dengan kulit.
3. Baseline wander, noise ini disebabkan oleh pergerakan subjek saat dilakukan perekaman EKG, ciri noise baseline wander memiliki frekuensi yang lebih rendah dibandingkan sinyal EKG.

Selain sumber noise tersebut terdapat beberapa sumber noise yang lain yaitu:

1. AWGN (Additive White Gaussian Noise), AWGN disebut white noise karena seluruh frekuensi dalam spektralnya terdiri dari cahaya putih. White noise ini memiliki rapat spektral daya yang konstan

2.3. Denoising Sinyal EKG

Denoising adalah cara untuk menghilangkan atau mereduksi sinyal noise sekecil mungkin untuk mendapatkan visualisasi seperti sinyal asli. Konsep yang digunakan dalam denoising sinyal adalah menghilangkan komponen dari wavelet yang berfrekuensi tinggi. Proses pemisahan koefisien aproksimasi dan koefisien detail dilakukan dengan proses dekomposisi dan proses sebaliknya adalah proses rekonstruksi yaitu penggabungan koefisien aproksimasi dan koefisien detail. Noise yang biasanya terdapat pada data rekaman EKG, seperti AWGN, muscle artifact(MAN), electrode motion artifact(EMN), baseline wander(BWN).[10] Berikut adalah contoh dari proses denoising.



GAMBAR 2. 2. PROSES DENOSING

2.4. PARAMETER PENGUKURAN DENOISING

PARAMETER PENGUKURAN DENOISING		
MSE	SNR	PSNR
$= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (s(n) - \hat{s}(n))^2 \quad (2.1)$ Dimana : $s(n)$ = sinyal bersih $\hat{s}(n)$ = sinyal yang telah di <i>denoising</i>. N = Panjang Sinyal.	$= 10 \cdot \log_{10} \frac{\sum_{n=0}^{N-1} s(n)^2}{(s(n) - \hat{s}(n))^2} \quad (2.2)$ Dimana : $s(n)$ = sinyal bersih $\hat{s}(n)$ = sinyal yang telah di <i>denoising</i>. N = Panjang Sinyal.	$= 10 \log_{10} \frac{255}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N s(n) - \hat{s}(n) } \quad (2.3)$ Dimana : $s(n)$ = sinyal bersih $\hat{s}(n)$ = sinyal yang telah di <i>denoising</i>. N = Panjang Sinyal.

GAMBAR 2. 3. PARAMETER DENOSING SINYAL EKG

2.5. Empirical Mode Decomposition

Empirical Mode Decomposition (EMD) merupakan bagian mendasar dari transformasi Hibert-Huang yang dibutuhkan untuk menangani data dari sebuah proses nonstasioner dan nonlinear[14].

2.6. IMF

Dengan menggunakan EMD, kumpulan data dapat diuraikan ke dalam komponen yang lebih kecil dan jumlah yang terbatas serta memiliki frekuensi dan amplitud sinyal termulasi yang disebut *Intrinsic Mode Function* (IMF). Setiap IMF dapat dipandang sebagai sub-band dari sinyal. Oleh karena itu, EMD dapat dilihat sebagai dekomposisi sinyal sub-band[14]. IMF adalah sinyal yang memiliki karakteristik sebagai berikut[15] :

1. Sinyal memiliki jumlah titik extrema dan jumlah zero-crossing sama atau paling banyak berbeda Satu
2. Pada setiap titik dari sinyal, nilai rata – rata (*mean*) dari envelope ditentukan oleh maksimum lokal dan envelope dari minimum lokal harus nol.

Berdasarkan defisini IMF tersebut, suatu sinyal dapat diuraikan menjadi komponen IMF dengan langkah berikut ini[16] :

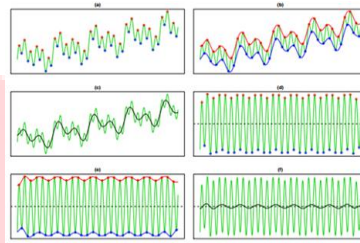
1. Identifikasi ekstrim lokal (maksimum/minimum) dari sinyal
2. Mengambil rata-rata yang menghasilkan komponen frekuensi rendah dari sinyal asli

$$m(t) = \frac{(e_{max}(t)) + (e_{min}(t))}{2} \quad (2.4)$$

3. Sinyal asli dikurangkan dengan hasil rata-rata dan diperoleh sinyal baru $h(t)$ yang merupakan kandidat sinyal IMF

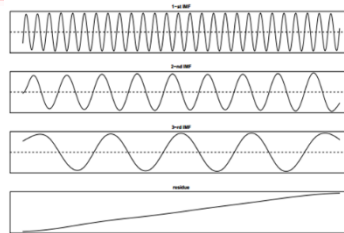
$$h(t) = x(t) - m(t) \quad (2.5)$$

Jika sinyal baru $h(t)$ memenuhi syarat dari definisi IMF, maka sinyal baru $h(t)$ disebut IMF. Jika tidak, maka prosedur yang sama diulang kembali terhadap sinyal $h(t)$ sampai memenuhi definisi IMF. Proses ini disebut dengan *sifting procedure*.



GAMBAR 2. 4. SHIFTING PROCEDURE

Proses tersebut merupakan langkah untuk memperoleh komponen IMF pertama, untuk mendapatkan komponen IMF selanjutnya dapat dilakukan dengan cara mengulang proses diatas terhadap IMF pertama sampai didapatkan sinyal monoton diakhir. Sinyal tersebut disebut dengan komponen residu.



GAMBAR 2. 5. PROSES EMD SINYAL MENJADI KOMPONEN IMF DAN RESIDU

Sinyal asli dapat diperoleh kembali dengan melakukan invers EMD yaitu dengan menjumlahkan semua komponen IMF termasuk residunya sesuai dengan persamaan berikut[16] :

$$x(t) = \sum_{i=1}^n IMF_i(t) + r(t) \quad (2.6)$$

Keterangan :

$x(t)$ = sinyal hasil invers EMD

i = IMF ke i

r = residu

Pengolahan sinyal dengan menggunakan EMD dapat mereduksi noise karena adanya pengurangan sinyal asli dengan rata-rata sinyal yang dilakukan berulang-ulang akan membuat sinyal semakin stabil dan secara otomatis noise juga akan tereduksi.

2.7. Adaptive Filter

Metode *adaptive* dilakukan dengan cara mengkombinasikan nilai pada *threshold adaptive* sebagai modifikasi rumus dari metode *heuristic* yang di usulkan oleh (D.L Donoho 1994).[17] Dimana pada setiap level dekomposisi akan diberikan nilai *threshold* yang berbeda. *Adaptive filter* sendiri adalah sebuah filter digital yang memiliki kemampuan untuk mengubah bobot efisiennya secara otomatis serta menyesuaikan sinyal input yang ada sehingga error yang terjadi bisa semakin kecil. *Adaptif filter* memiliki karakteristik respon frekuensi yang dapat berubah secara otomatis agar sehingga dapat meningkatkan performansi terhadap kriteria tertentu.[18]

2.7.1. LMS

Salah satu algoritma yang paling sederhana dengan struktur adaptif adalah algoritma *LMS* (*Least Mean Square*). Pada algoritma ini statistik sinyal diperkirakan terus berlanjut, sehingga filter adaptif dengan algoritma ini dapat menunjukan kinerja yang baik ketika memproses sinyal input yang rusak karena *noise*. Algoritma LMS memiliki nilai fungsi berupa $\{|(n)|^2\}$ dimana $e(n)$ adalah sinyal error.[18] Fitur utama dalam penggunaan algoritma *LMS* ini yaitu rendah dalam *kompletivitas komputasional* dan juga konvolusi yang tidak bias serta menunjukkan perilaku output yang stabil.

2.7.2. RLS

Jika dibandingkan dengan semua algoritma pada *LMS*, algoritma pada *RLS* (*Recursive Least Square*) mempunyai kecepatan konvergensi yang lebih cepat. Metode *RLS* merupakan metode kuadrat terkecil yang secara otomatis dapat menyesuaikan koefisien *filter FIR* tanpa harus meminta asumsi pada statistik sinyal masukan *EKG*. [18] Estimasi pada algoritma *RLS* ini dilakukan dengan cara meminimalkan jumlah kuadrat dari nilai error seketika.

2.7.3. KALMAN

Kalman Filter adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk memperkirakan hasil berikutnya berdasarkan data-data yang sudah ada sebelumnya. Algoritma ini biasanya digunakan untuk melakukan estimasi data sebenarnya berdasarkan data observasi yang mengandung noise, Kalman filter umumnya digunakan untuk menghapus *noise* tidak hanya pada system yang linier dengan meminimalkan nilai *kovarian error* estimasinya [19].

3. Metodologi dan Desain Model

3.1. Data

Data yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah data sinyal *EKG clean* dan *noise* yang diambil dari database *MIT-BIH Arrhythmia database*. Tabel 3.1 merupakan rincian *noise* yang ditambahkan pada data sinyal *EKG*.

TABEL 3. 1. DATA NOISE YANG DIPAKAI

No	Data Noise	Keterangan
1	AWGN	<i>Additive White Gaussian Noise</i>
2	MAN	<i>Muscle Artifac</i>
3	EMN	<i>Electrode motion artifac</i>
4	BWN	<i>Baseline Wander</i>

Kemudian untuk Empirical Metode Decomposition yang digunakan adalah sebagai berikut:

TABEL 3. 2. METODE EMD

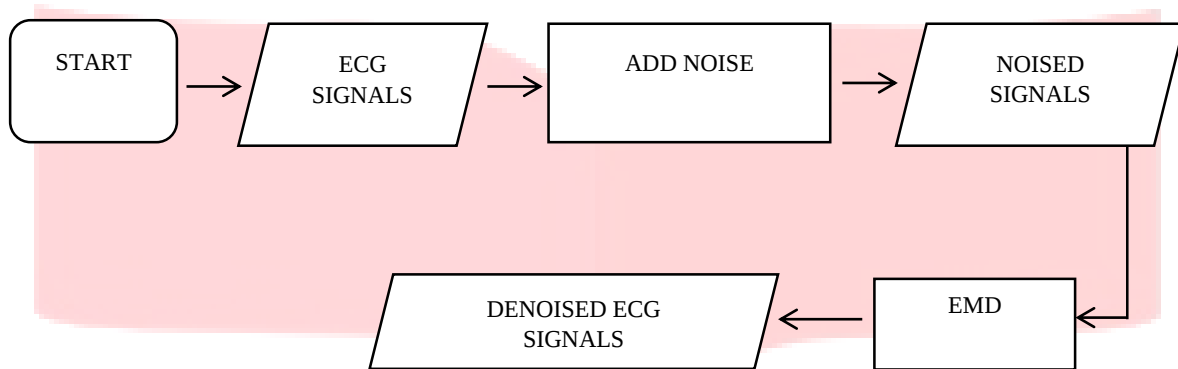
No	Metode
1	<i>EMD</i>

TABEL 3. 3. METODE ADAPTIVE FILTER YANG DIPAKAI

No	Algoritma	Keterangan
1	<i>LMS</i>	<i>Least Mean Square</i>
2	<i>RLS</i>	<i>Recursive Least Squares</i>
3	<i>KALMAN</i>	<i>Calman</i>

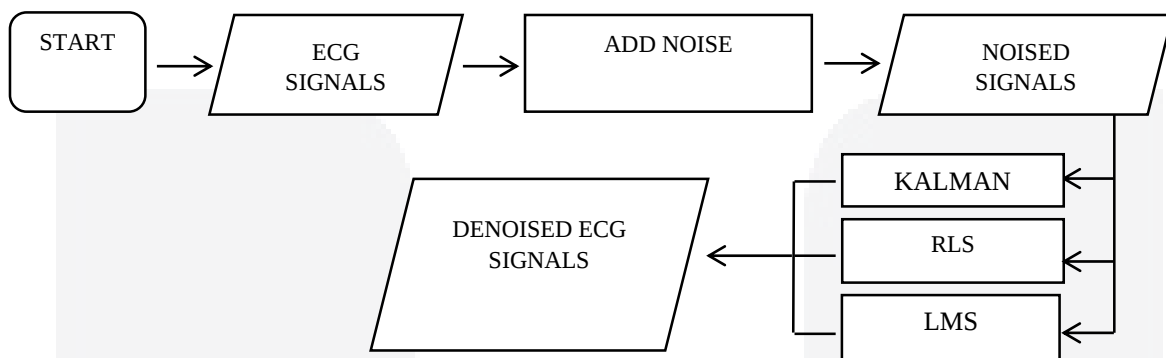
3.2. Desain Metode

3.2.1. Desain Metode Empirical Mode Decomposition



GAMBAR 3. 1. DENOISING DENGAN METODE EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION

3.2.2. Desain Metode Adaptive Filter



GAMBAR 3. 2. DENOSING DENGAN METODE ADAPTIVE FILTER

4. Analisis dan Hasil Data Pengujian

4.1. Tujuan Pengujian

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat merancang dan merealisasikan denoising sinyal EKG menggunakan Matlab.
2. Menemukan metode terbaik *denoising* sinyal menggunakan metode *empirical mode decomposition* (EMD) untuk setiap noise yang diberikan.
3. Menemukan metode terbaik *denoising* sinyal menggunakan metode *adaptive filter* untuk setiap noise yang diberikan.
4. Dapat menunjukan perbandingan performansi hasil *denoising* dengan metode *empirical mode decomposition* (EMD) dan *adaptive filter*.
5. Dapat menunjukan penggunaan metode denoising apakah yang sebaiknya digunakan untuk setiap noise agar dicapai nilai denoising terbaik dengan membandingkan hasil akhir dari EMD terbaik dan adaptive filter terbaik.

4.1.1 Skenario Pengujian EMD

1. Pengujian Seluruh Sinyal Dengan Metode EMD

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sinyal bersih 101,108,118,122,123 yang diberikan noise AWGN 30db. Setiap skenario yang diujikan menggunakan parameter *MSE*, *SNR* untuk mendapatkan hasil performansi terbaik.

2. Menghitung nilai rata rata nilai SNR, MSE, PSNR setelah Denoising

Setelah didapatkan nilai MSE, SNR dan PSNR dari pengujian diatas, maka dicari nilai rata rata dari semua sinyal yang telah di denoising yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai rata rata MSE, SNR dan PSNR dari metode EMD.

TABEL 4. 1. HASIL DENOISING TERBAIK DENGAN METODE EMD

AWGN						
Input SNR	MSE(dB)		SNR(dB)		PSNR(dB)	
	Noisy	Denoisy	Noisy	Denoisy	Noisy	Denoisy
30 dB	0,5979	0,0015	-0,0009	25,1578	-0,3731	24,7992

4.2.2 Skenario Pengujian Adaptive Filter

1. Perbandingan Algoritma

Skenario dilakukan dengan membandingkan hasil percobaan dari setiap algoritma *kalman*, *RLS*, dan *LMS* pada *adaptive Filter* dengan parameter *MSE*, *SNR* dengan tujuan untuk mendapatkan hasil terbaik yang dapat memberikan nilai maksimal untuk proses *denoising* dengan metode *adaptive filter*.

TABEL 4. 2. HASIL DENOSISING TERBAIK DENGAN METODE ADAPTIVE FILTER

NOISE	ADAPTIVE METHOD	MSE	SNR
AWGN	LMS	0.000275	31.591166
BWN	KALMAN	0.001006	28.490799
EMN	KALMAN	0.001917	24.064252
MAN	KALMAN	0.032823	12.691050

5. Kesimpulan

Hasil *denoising* terbaik ditunjukkan oleh metode *adaptive filter* dengan pembuktian hasil *denoising* nilai MSE lebih mendekati '0' dengan metode *adaptive filter* dibandingkan dengan metode *DWT*, dan hasil *denoising* nilai SNR lebih besar dengan metode *adaptive filter* dibandingkan dengan metode *DWT*.

Daftar Pustaka

- [1] Soleh, Ridwan Moch, Achmad Rizal, and Rita Magdalena. "Denoising Rekaman Sinyal Elektrokardiogram (EKG) Menggunakan Algoritma Iterative Threshold Pada Subband Wavelet." *Proceeding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*. Vol. 13. 2008.
- [2] Boudraa, A. & Cexus, J. (2006), *Denoising via Empirical Mode Decomposition*, IEEE.
- [3] Boudraa, A., Cexus, J. & Saidi, Z. (2004), EMD-Based Signal Noise Reduction, *International Journal of Signal Processing*.
- [6] Wikipedia. (2007, 08 November). Jantung. Diperoleh 17 April 2017, dari id.wikipedia.org/wiki/jantung/.
- [10] Google.co.id. (2013, 15 April). Noise Pada EKG. Diperoleh 17 April 2017, dari www.google.co.id/search?sclient=psyab&biw=1366&bih=700&noj=1&q=noise+pada+ekg&oq=noise+pada+ekg&gs_l=serp.3...4182.5332.1.5544.5.5.0.0.0.0.266.565.2j1j1.4.0....0...1c.1.64.serp..1.4.562...0i13k1j0i13i30k1j0i13i5i30k1j0i13i5i10i30k1j0i13i10i30k1j30i10k1.esow3ftBhsQ#.
- [11] Sameni, Reza, et al. "Multichannel EKG and noise modeling: application to maternal and fetal EKG signals." *EURASIP Journal on Applied Signal Processing* 2007.1 (2007): 94-94.
- [14] Kemiha, Mina. April 2014, "EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION AND NORMAL SHRINK THRESHOLDING FOR SPEECH DENOISING". *International Journal on Information Theory*, Vol. 3, 27-28.
- [15] Schlurmann, Torsten. "The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectra to Analyse Embedded Characteristic Oscillations of Extreme Waves". University of Wuppertal, Pauluskirchstr.
- [16] Kim, D and Oh, H.-S. (2009) EMD: A Package for Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectrum, *The R Journal*, 1, 40-46.
- [17] D. L. Donoho, (1991). De-noising by softthresholding, *IEEE Transaction on Information Theory*, Vol. 41, pp. 613–627, May 1995.
- [18] N. Sultana, Y. Kamatham, and B. Kinnara, "Performance analysis of adaptive filtering algorithms for denoising of EKG signals," *2015 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics*, pp. 297–302, 2015.
- [19] Kleinbauer, R. Kalman Filtering Implementation with Matlab. Helsinki: Universität Stuttgart, 2004.