



JESCE

(Journal of Electrical and System Control Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>

DENOISING SINYAL ECG DENGAN METODE EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION

ECG SIGNAL DENOISING WITH EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION METHOD

**Efri Suhartono ^{1)*}, Rita Magdalena ²⁾, Yunendah Nur Fu'adah ³⁾, Nor Kumalasari
Caecar Pratiwi ⁴⁾, Febriani Ruming Sari ⁵⁾**

1)Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Indonesia

2)Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Indonesia

3)Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Indonesia

4)Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Indonesia

5)Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Indonesia

Diterima: Desember 2019; Disetujui: Januari 2020; Dipublikasi: Februari 2020

*Corresponding Email: esuhartono@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sinyal electrocardiogram (ECG) mengandung informasi yang menggambarkan kondisi kesehatan jantung. Irama jantung yang tidak teratur atau kerusakan pada otot jantung dapat berdampak pada aktivitas listrik jantung sehingga mengubah bentuk sinyal ECG. Pengukuran menggunakan ECG sering dipengaruhi oleh noise yang tidak diinginkan. Noise yang diperoleh saat pengukuran ini tidak dapat dihilangkan dengan metode filter yang sederhana. Penelitian ini akan mengetahui performansi metode Empirical Mode Decomposition (EMD) untuk denoising pada sinyal ECG. Dataset sinyal ECG dan beberapa noise diambil dari database MIT-BIH arrhythmia dengan variasi besar Signal to Noise Ratio (SNR) input sebesar 20 dB, 25 dB dan 30 dB. Noisy sinyal yang difilter menggunakan EMD didapatkan hasil terbaik pada iterasi ke-4, karena jika diteruskan ke-iterasi selanjutnya, output dari hasil denoised sinyal akan menjadi datar. Hasil pengujian diperoleh bahwa nilai Mean Square Error (MSE) 0.0035 dB dan SNR 25.12 dB pada noise input 20 dB, MSE 0.0016 dB dan SNR 26.44 dB pada noise input 25 dB, MSE 0.002 dB dan SNR 27.5 dB pada noise input sebesar 30 dB. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa sistem denoising sinyal ECG menggunakan empirical mode decomposition dapat bekerja secara efektif dan mampu menghilangkan noise.

Kata Kunci: Electrocardiogram, Noise, Empirical Mode Decomposition, Signal to Noise Ratio, Mean Square Error.

Abstract

The electrocardiogram (ECG) signal contains information that describes the health condition of the heart organ. Irregular heart rhythms or damage in the heart muscle can have an impact on the electrical activity of the heart, changing the shape of the ECG signal. Measurements using ECG are often influenced by unwanted noise. Noise obtained during this measurement cannot be removed by a simple filter method. This study will determine the performance of the Empirical Mode Decomposition (EMD) method for denoising ECG signals. The ECG signal dataset and some noise are taken from the MIT-BIH arrhythmia database with a large variation of the Signal to Noise Ratio (SNR) input of 20 dB, 25 dB and 30 dB. Noisy signals filtered using EMD get the best results in the 4th iteration, if forwarded to the next iteration, the

output from the denoised result will be flat. The test results obtained that the value of Mean Square Error (MSE) 0.0035 dB and SNR 25.12 dB on the input noise of 20 dB, MSE 0.0016 dB and SNR 26.44 dB at 25 dB noise input, MSE 0.002 dB and SNR 27.5 dB at input noise of 30 dB. Thus, it can be said that the denoising ECG signal system using empirical mode decomposition can work effectively and be able to eliminate noise.

Keywords: *Electrocardiogram, Noise, Empirical Mode Decomposition, Signal to Noise Ratio, Mean Square Error*

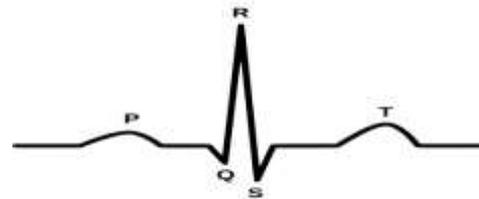
How to Cite: Suhartono. E, Magdalena. R, Fu'adah. Y. N, Pratiwi. N. K. C, Sari. F. R, (2020). Denoising Sinyal ECG Dengan Metode Empirical Mode Decomposition. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*. 3 (2): 72-81

PENDAHULUAN

Electrocardiogram (ECG) adalah salah satu alat biomedis yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal jantung dengan mengukur aktivitas listrik yang dihasilkan oleh jantung. Sinyal yang dihasilkan oleh ECG memiliki siri khas tersendiri, mengikuti kondisi kesehatan jantung. Dalam proses pengukurannya, seringkali dipengaruhi oleh *interference* luar, sehingga didalam sinyal ECG akan terdapat *noise-noise* yang tidak diinginkan. Kehadiran *noise-noise* ini akan mengganggu proses pembacaan kondisi sinyal jantung yang sebenarnya. Diperlukan suatu proses penapisan yang akan mampu menghilangkan *noise* dari sinyal ECG aslinya, proses ini dinamakan dengan *denoising*. Metode *filtering* biasa tidak mampu menghilangkan *noise* yang ada pada sinyal ECG karena *noise*-nya berada pada rentang frekuensi yang sama dengan sinyal ECG.

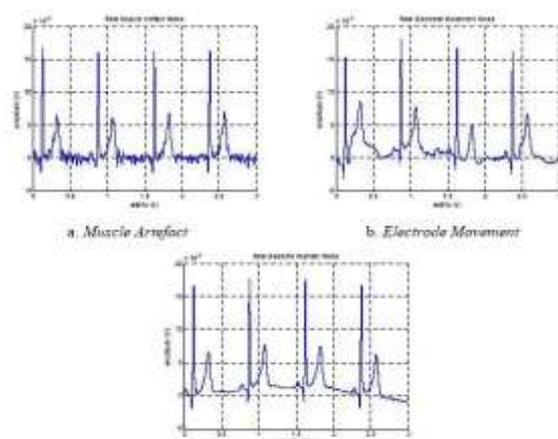
Electrocardigram (ECG) merupakan gambaran sinyal yang dihasilkan dari aktivitas impuls elektrik (kelistrikan) otot jantung selama periode waktu tertentu, yang direkam oleh suatu alat yang dinamakan elektrokardiograf yang terhubung ke tubuh. Sinyal ECG digunakan untuk mengukur potensi kelistrikan di berbagai titik pada tubuh menggunakan galvanometer sebagian besar, dalam

mendiagnosis tergantung ketika membaca sinyal di berbagai komponen sinyal ECG, seperti gelombang P, kompleks QRS dan gelombang T. ECG adalah grafik hasil catatan potensial listrik yang dihasilkan oleh denyut jantung. Sinyal ECG terdiri atas 3, yaitu gelombang P, gelombang QRS dan gelombang T.



Gambar 1. Tipikal Sinyal ECG

Seperti halnya dengan sinyal *biomedical* yang lainnya, sinyal ECG juga dipengaruhi oleh beberapa sumber *noise* yang tidak diinginkan. Menurut Gari D. Clifford, ada beberapa sumber *noise* tersebut, diantaranya *Muscle Artefact* (MA), Elektroda *Movement* (EM) dan *Baseline Wander* (BW).



Gambar 2. Sinyal ECG dengan Noise

Selain sumber *noise* tersebut, ada beberapa sumber *noise* yang lainnya yaitu: *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) dan *colored noise*.

LANDASAN TEORI

Empirical Mode Decomposition (EMD) merupakan bagian mendasar dari transformasi Hibert-Huang yang dibutuhkan untuk menangani data dari sebuah proses non-stasioner dan non-linear. Dengan menggunakan EMD, kumpulan data dapat diuraikan ke dalam komponen yang lebih kecil dan jumlah yang terbatas serta memiliki frekuensi dan *amplitude* sinyal termodulasi 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*. IMF adalah sinyal yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

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

Berdasarkan definisi IMF tersebut, suatu sinyal dapat diuraikan menjadi komponen IMF dengan langkah berikut ini:

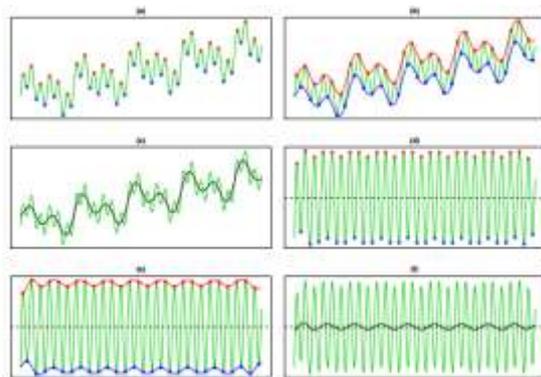
1. Identifikasi ekstrim lokal (maksimum/minimum) dari sinyal.
2. Mengambil rata-rata yang menghasilkan komponen frekuensi rendah dari sinyal asli.

$$m(t) = \frac{emax(t) + emin(t)}{2} \quad (1)$$

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

$$h(t) = x(t) - m(t) \quad (2)$$

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 3. *Sifting Procedure*

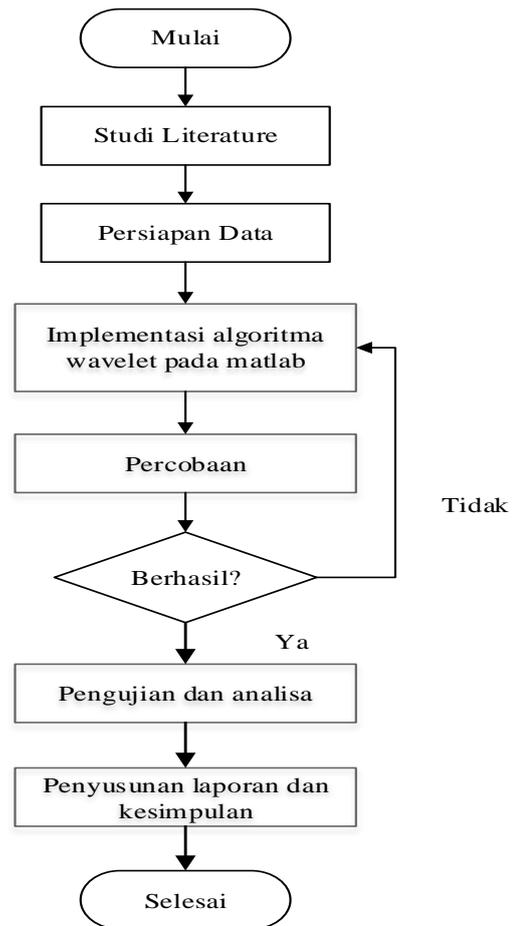
Proses tersebut merupakan langkah untuk memperoleh komponen IMF pertama, untuk mendapatkan komponen IMF selanjutnya dapat dilakukan dengan cara mengulang proses diatas terhadap IMF pertama sampai didapatkan sinyal monoton diakhir. Sinyal tersebut disebut dengan komponen residu. Sinyal asli dapat diperoleh kembali dengan melakukan invers EMD yaitu dengan menjumlahkan semua komponen IMF termasuk residunya sesuai dengan persamaan berikut:

$$x(t) = \sum_{i=1}^n IMF_i(t) + r(t) \quad (3)$$

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.

METODE PENELITIAN

Validasi performansi metode dalam analisis ini dilakukan dengan cara menguji setiap metode denoising menggunakan matlab terhadap *Mean Square Error* (MSE) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada hasil denoising sinyal ECG.

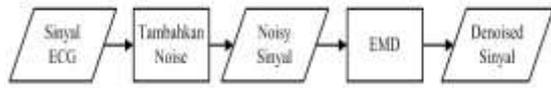


Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data sinyal ECG dan noise, dimana masing-masing data diambil dari database MIT-BIH Arrhythmia Database. Noise yang akan digunakan adalah AWGN (*Additive White Gaussian Noise*), EMN (*Electrode Movement Noise*), BWN (*Baseline Wander Noise*) dan MAN (*Muscle Artifact Noise*).

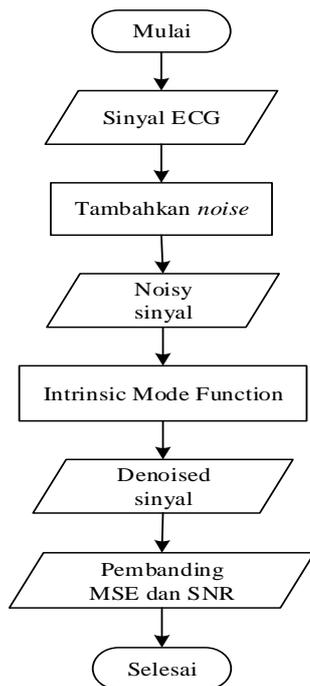
Pada penelitian ini akan dilakukan validasi terhadap metode *denoising empirical mode decomposition* untuk mengetahui performansinya. Gambaran umum prosedur denoising pada sinyal

ECG yang sudah diimplementasikan menggunakan matlab dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Gambaran Umum Metode

Untuk mengetahui performansi terbaik dari metode *empirical mode decomposition* akan ditentukan dengan perbandingan antara nilai SNR dan MSE pada sinyal hasil *denoising*.



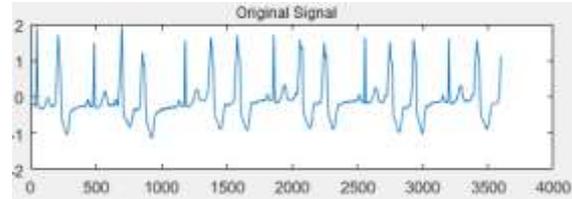
Gambar 6. Denoising dengan EMD

HASIL DAN PEMBAHASAN

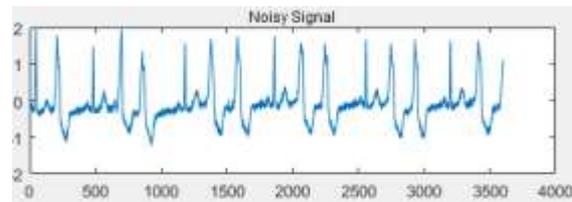
Pengujian dilakukan simulasi sinyal ECG menggunakan metode *Empirical Mode Decomposition* (EMD) untuk

denoising terhadap noise AWGN, BWN, EMN dan MAN.

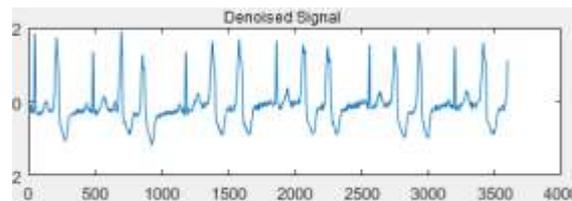
A. Additive White Gaussian Noise (AWGN)



Gambar 7. Sinyal Asli



Gambar 8. Sinyal Disisipi AWGN



Gambar 9. Sinyal Hasil Denoising

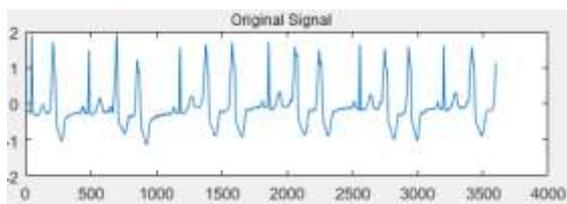
TABEL 1. HASIL PENGUJIAN DENOISED AWGN MENGGUNAKAN EMD

INP UT SNR (db)	MSE (DB)		SNR (DB)		PSNR (DB)	
	NOI SY	DE- NOIS ED	NOISY	DE- NOIS ED	NOI SY	DE- NOIS ED
20	1.14	0.003	- 0.0014	25.12	-4.2	20.95
25	1.13	0.001	- 0.0008	26.44	-4.1	24.43
30	1.13	0.002	- 0.0056	27.5	-4.1	23.33

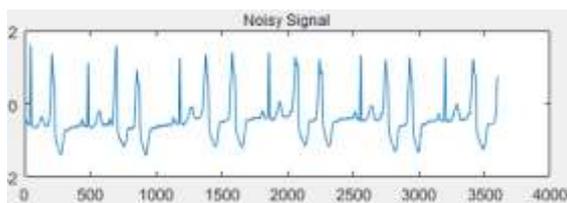
Hasil *denoised* pada pengujian yang dilakukan menggunakan metode *empirical*

mode decomposition dengan mendapatkan *Intrinsic Mode Function* (IMF) dari sinyal. Pengujian ini dilakukan dengan penambahan *Additive White Gaussian Noise*, diberikan SNR input sebesar 20 dB pada *noise* yang ditambahkan kesinyal ECG sehingga didapatkan nilai SNR untuk sinyal yang mengandung *noise* yaitu -0.0014dB, setelah diterapkan sistem *denoising* nilai SNR menjadi 25.12 dB. Ketika SNR input dinaikkan menjadi 25 dB pada *noise*, didapatkan nilai SNR yang mengandung *noise* sebesar -0.0008 dB setelah dilakukan *denoising* nilai SNR menjadi 26.44 dB, dan SNR input yang ditambahkan pada *noise* 30 dB, didapatkan nilai SNR pada sinyal yang mengandung *noise* 0.0056 dB setelah dilakukan *denoising* nilai SNR menjadi 27.5 dB.

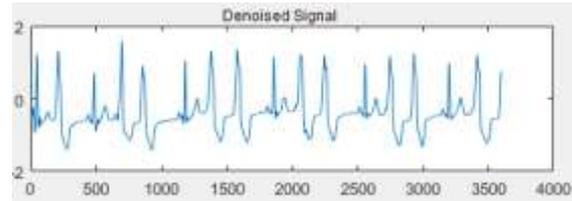
B. Baseline Wander Noise (BWN)



Gambar 10. Sinyal Asli



Gambar 11. Sinyal Disisipi BWN



Gambar 12. Sinyal Hasil *Denoising*

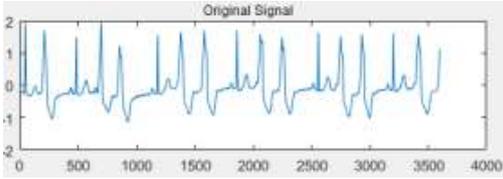
TABEL 2. HASIL PENGUJIAN DENOISED BWN MENGGUNAKAN EMD

INP UT SNR (db)	MSE (DB)		SNR (DB)		PSNR (DB)	
	NOI SY	DE- NOI SED	NOIS Y	DE- NOIS ED	NOIS Y	DE- NOIS ED
20	2.01	0.14	-3.13	8.99	-6.67	4.821
25	1.60	0.04	-1.88	13.7	-5.65	9.564
30	1.38	0.01	-1.10	18.0	-5.02	13.83

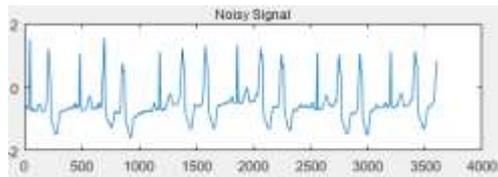
Hasil *denoised* pada pengujian yang dilakukan menggunakan *metode empirical mode decomposition* dengan mendapatkan *Intrinsic Mode Function* (IMF) dari sinyal. Pengujian dengan penambahan *baseline wander noise*, SNR input yang ditambahkan pada *noise* 20 dB, didapatkan nilai SNR untuk sinyal yang mengandung *noise* -3.13 dB kemudian dilakukan sistem *denoising* sehingga nilai SNR menjadi 8.99 dB. SNR input yang ditambahkan pada *noise* 25 dB didapatkan nilai SNR yang mengandung *noise* -1.88 dB, setelah dilakukan *denoising* nilai SNR menjadi 13.7 dB. Ketika SNR input dinaikkan menjadi 30 dB pada *noise*, untuk sinyal yang mengandung *noise* didapatkan nilai SNR sebesar -1.1 dB, setelah dilakukan

denoising pada sinyal yang mengandung *noise* tersebut nilai SNR menjadi 18 dB.

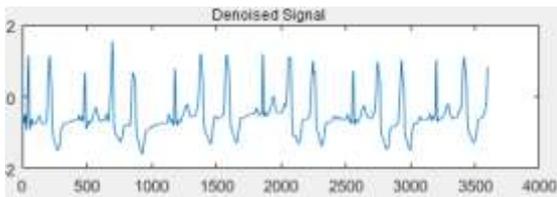
C. Electrode Movement Noise (EMN)



Gambar 13. Sinyal Asli



Gambar 14. Sinyal Disisipi EMN



Gambar 15. Sinyal Hasil Denoising

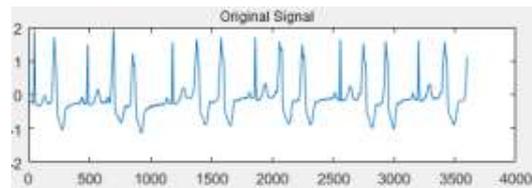
TABEL 3. HASIL PENGUJIAN DENOISED EMN
MENGUNAKAN EMD

INP UT SNR (db)	MSE (DB)		SNR (DB)		PSNR (DB)	
	NOIS Y	DE- NOIS ED	NOIS Y	DE- NOIS ED	NOIS Y	DE- NOIS ED
20	1.82	0.09	-2.6	10.75	-6.22	6.6
25	1.49	0.03	-1.5	15.34	-5.37	11.2
30	1.33	0.01	-0.9	19.24	-4.86	15.08

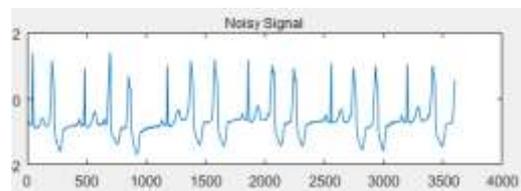
Pengujian ketiga dengan penambahan *electrode movement noise* pada sinyal ECG. Pada *noise* ketiga ini diberikan SNR input 20 dB dan didapatkan nilai SNR untuk sinyal yang

mengandung *noise* -2.6 dB setelah dilakukan denoising nilai SNR menjadi 10.7 dB. SNR input yang ditambahkan pada *noise* 25 dB didapatkan nilai SNR untuk sinyal yang mengandung *noise* -1.5 dB setelah dilakukan denoising nilai SNR menjadi 15.34 dB. Selanjutnya, SNR input dinaikkan 30 dB pada *noise*, didapatkan nilai SNR pada sinyal yang mengandung *noise* sebesar -0.9 dB, setelah dilakukan *denoising* nilai SNR menjadi 19.24 dB.

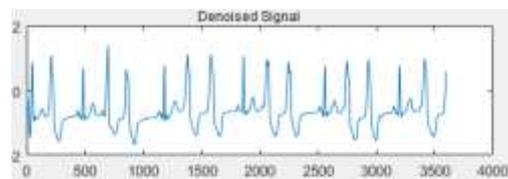
D. Muscle Artefact Noise (MAN)



Gambar 16. Sinyal Asli



Gambar 17. Sinyal Disisipi MAN



Gambar 18. Sinyal Hasil Denoising

TABEL 4. HASIL PENGUJIAN DENOISED MAN MENGGUNAKAN EMD

INP UT SNR (db)	MSE (DB)		SNR (DB)		PSNR (DB)	
	NOI SY	DE- NOIS ED	NOI SY	DE- NOIS ED	NOI SY	DE- NOIS ED
20	4.8	1.4	-7.7	0.768	10.4	4.929
25	2.8	0.4	-5.0	4.198	8.19	0.037
30	2.0	0.1	-3.1	9.107	6.63	4.946

Pengujian dengan penambahan muscle artifact noise pada sinyal ECG, dengan SNR input yang ditambahkan 20 dB pada noise, dari penambahan noise tersebut didapatkan nilai SNR untuk sinyal yang mengandung noise -7.67687 dB setelah dilakukan denoising pada sinyal nilai SNR menjadi -0.768498 dB, pada SNR input yang ditambahkan 25 dB pada noise, didapatkan nilai SNR untuk sinyal yang mengandung noise -5.00399 dB setelah dilakukan denoising nilai SNR menjadi 4.19847 dB, pada SNR input yang ditambahkan 30 dB didapatkan nilai SNR sinyal yang mengandung noise -3.11281 dB setelah dilakukan denoising nilai SNR menjadi 9.10749 dB.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performansi *denoising* sinyal terhadap metode *empirical mode decomposition* dapat diambil kesimpulan, diantaranya adalah; berdasarkan nilai *output* SNR, pengujian yang dilakukan terhadap sinyal ECG dengan menggunakan metode *decomposition* dapat bekerja secara efektif dan mampu menghilangkan *noise*. Sistem *denoising* menggunakan *empirical mode decomposition* dapat bekerja efektif ketika SNR input 20 dB, 25 dB, 30 dB pada AWGN dengan nilai SNR *output* secara berturut-turut 25.12 dB, 26.44 dB, 27.5 dB. Sedangkan untuk *noise* BWN, untuk SNR input 20 dB, 25 dB dan 30 dB didapatkan SNR *output* masing-masing sebesar 8.99 dB, 13.7 dB dan 18 dB. Penambahan EMN pada sinyal bersih ECG, sistem denoising bekerja efektif ketika SNR input 25 dB dan 30 dB dengan nilai SNR yang didapat yaitu 15.3452 dB dan 19.2435 dB. Selain AWGN dan BWN, sistem juga diuji dengan menambahkan noise MAN, untuk setiap SNR input menghasilkan *denoised* SNR sebesar 10.75 dB, 15.34 dB dan 19.24 dB. Dari scenario pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa Empirical Mode Decomposition (EMD) mampu dengan efektif melakukan denoising pada sinyal ECG.

REFERENSI

- S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569-571, Nov. 1999.
- M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1999