

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI TELEMONITORING SISTEM ELECTROCARDIOGRAPH (ECG) DENGAN NOISE REDUCTION BERBASIS WAVELET

Jana Utama¹, Suhartono Tjondronegoro², Koredianto Usman³

¹Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Sistem telemonitoring ECG telah banyak dikembangkan, hingga dalam ukuran yang Portabel yaitu seperti Pocket PC sehingga pasien dapat memonitor keadaannya sendiri. Bahkan dalam beberapa tahun terakhir Elektrokardiogram (ECG) memainkan peran penting dalam diagnosa penyakit jantung, Human Computer Interface (HCI), dan penilaian kondisi emosional seseorang, dll. Secara umum, sinyal ECG dipengaruhi oleh Power line interference, Electrode contact noise, Motion artifacts/Baseline wandering, EMG noise, dan Instrumentation noise. Dalam rangka mempertahankan sinyal morfologi ECG, beberapa penelitian telah mengadopsi menggunakan metode preprocessing dengan cara yang berbeda-beda. Tetapi dalam penelitian ini, algoritma yang digunakan untuk mereduksi gangguan-gangguan yang dapat mempengaruhi sinyal ECG adalah dengan menggunakan Discrete Wavelet Transform (DWT) berbasis Wavelet detrend dan denoising dengan menggunakan teknik thresholding, dimana teknik thresholding yang digunakan adalah soft thresholding untuk menghapus tiga sumber utama gangguan dari sinyal yang diperoleh ECG yaitu, baseline wandering, power line interference dan high frequency noises during data acquisition, dengan menggunakan fungsi Wavelet ("Haar", "db02", "db03", "db04" dan "db06") dengan tingkat dekomposisi ("1", "2", dan "3").

Ukuran kinerja untuk memilih fungsi Wavelet yang terbaik adalah dengan melihat hasil MSE dari masing-masing Wavelet yang diuji cobakan. Wavelet yang memberikan hasil MSE yang terbaiklah yang akan diimplementasikan dalam "Perancangan dan Implementasi Telemonitoring Sistem Electrocardiograph (ECG) dengan Noise Reduction Berbasis Wavelet". Hasil percobaan menunjukkan Wavelet "Haar" dapat menghasilkan nilai MSE yang lebih optimal.

Kata Kunci : Portable telemedicine unit, Base unit, Noise reduction, Wavelet dan Sistem telemonitoring

Telkom
University

Abstract

ECG telemonitoring system has been developed into a small-portable size like a Pocket PC so the patients can monitor their heart condition by themselves. Today, Electrocardiogram (ECG) plays an important role in Human Computer Interface (HCI), diagnosing heart disease and assessing human emotional conditions. In general, the ECG signal is influenced by the power line interference, Electrode contact noise, motion artifacts / Baseline wandering, EMG noise, and Instrumentation noise. To maintain the morphology of the ECG signal, several ways of preprocessing methods have been adopted in several studies. This study applied algorithms to reduce the interferences affecting the ECG signal. They were Discrete Wavelet Transform (DWT)-based wavelet detrend and wavelet denoising using thresholding techniques. The thresholding technique was soft thresholding; this was to remove the three main disturbing sources of the ECG signal, namely baseline wandering, power line interference and high frequency noises during data acquisition, using wavelet functions (" Haar " , " db02 " , " db03 " , " db04 " and " db06 ") on the level of decomposition (" 1 " , " 2 " , and " 3 ").

The best performance of the wavelet was obtained by testing each wavelet and comparing the results of the MSE. The wavelet with the best MSE was then implemented in "Wavelet Based Design and Implementation of Electrocardiograph (ECG) Telemonitoring System with Noise Reduction". The results of the experiments showed that Wavelet "Haar" produced the optimum MSE score.

Keywords : Telemedicine Portable Unit, Base Unit, Noise Reduction, Wavelet and Telemonitoring Systems

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak yang selalu beranggapan bahwa atlet pasti mempunyai tubuh yang bugar dan sehat. Namun, seringkali atlet atau mantan atlet meninggal akibat serangan jantung mendadak, bahkan atlet yang masih berusia muda sekali pun. Menurut sebuah studi terbaru, di Amerika Serikat kematian akibat serangan jantung mendadak lebih banyak membunuh atlet muda dari perkiraan sebelumnya seperti dikutip dari *Epharmapedia*, Selasa (6/9/2011).

Menurut peneliti dari *University of Washington di Seattle*, berdasarkan analisis dari laporan berita, data klaim asuransi dan data dari *National Collegiate Athletic Association (NCAA)* mengungkapkan bahwa 1 dari 43.770 atlet NCAA meninggal akibat serangan jantung mendadak setiap tahun. Serangan jantung mendadak adalah kematian otot-otot jantung yang disebabkan karena terhentinya pasokan darah ke otot jantung akibat tersumbatnya satu atau lebih pembuluh darah arteri koroner oleh gumpalan darah. Bila yang tersumbat pembuluh koroner utama (*left main coronary artery*) serangan jantung biasanya berakhir dengan kematian. Demikian juga bila sumbatan terjadi pada banyak tempat, pasien jarang sekali dapat tertolong.

Para peneliti melacak kematian atlet pada tahun 2004-2008 dan menemukan bahwa terjadi 273 kematian. Kematian tersebut terdiri dari: 187 kematian (68 persen) dengan penyebab *non-medical/trauma*, 80 kematian (29 persen) dengan penyebab medis, dan 6 kematian (2 persen) dengan penyebab yang tidak diketahui. Kematian dengan penyebab medis termasuk 45 atlet (56 persen) yang mengalami kematian mendadak terkait penyakit kardiovaskular. Menurut penelitian yang diterbitkan secara *online* dalam edisi 4 bulan April *journal Circulation*, dari 36 kematian yang terjadi selama atau segera setelah aktivitas fisik, terdapat 27 kematian (75 persen) terkait dengan serangan jantung.

Untuk mengetahui informasi tentang kesehatan jantung individu para atlet, maka perlu dirancang suatu alat yang mampu membantu dokter/tim medis para atlet dalam memberikan informasi mengenai kesehatan jantung sejak dini. Sehingga dokter/tim medis

para atlet dapat mengetahui kondisi atlet yang mempunyai kelainan jantung atau tidak. Oleh karena itu dari latar belakang diatas penulis akan melakukan penelitian dengan judul **“Perancangan dan Implementasi *Telemonitoring Sistem Electrocardiograph (ECG)* dengan *Noise Reduction* Berbasis *Wavelet*”**.

Penerapan algoritma *noise reduction* berbasis *wavelet* memang telah banyak digunakan dalam pemrosesan pada sinyal ECG seperti yang dibuat oleh ^[1] dan ^[2], tetapi kekurangannya adalah masih menggunakan sinyal rekaman ECG dari MIT-BIH database. Dari hasil tinjauan yang ada, maka dalam penelitian ini akan mencoba mencari solusi dari permasalahan-permasalahan penelitian yang telah dilakukan, baik dari segi algoritma, realisasi maupun implementasi sistem yang akan dibuat.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tesis ini adalah.

1. Mencari solusi yang terbaik jenis *wavelet* yang akan digunakan untuk menghilangkan atau menekan *noise* dari sinyal ECG.
2. Mengekstrak informasi diagnostik dari sinyal ECG itu sendiri.
3. Merancang dan merealisasikan sebuah sistem *Portable telemedicine unit* dan *base unit* yang diharapkan dapat digunakan dalam pengetesan kesehatan, untuk melihat kebugaran dari atlet itu sendiri.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun Permasalahan-permasalahan yang telah dikaji dan dicari solusinya dalam tesis ini adalah.

1. Bagaimana mencari solusi yang terbaik jenis *wavelet* yang akan digunakan untuk menghilangkan atau menekan *noise* dari sinyal ECG?
2. Bagaimana mengekstrak informasi diagnostik dari sinyal ECG itu sendiri?
3. Bagaimana merancang dan merealisasikan sebuah sistem *portable unit* dan *base unit*, yang dapat digunakan untuk pengetesan kesehatan ataupun melihat kebugaran fisik seorang atlet?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan –batasan masalah dalam tesis ini adalah.

1. Media komunikasi yang digunakan dalam hal ini adalah menggunakan media komunikasi *wireless* dengan menggunakan Modul YS-1020UB *wireless data transceiver*.
2. *Analog to digital converter* (ADC) yang digunakan 8 bit yang terdapat dalam mikrokontroler ATmega8.
3. Metode yang digunakan untuk menghilangkan atau menekan *noise* dari sinyal ECG dan mengekstrak informasi diagnostik dari sinyal ECG, yaitu menggunakan *Wavelet* (Haar, db2, db3, db4,db6).
4. Ukuran kinerja untuk memilih fungsi *wavelet* yang terbaik adalah dengan melihat hasil MSE dari masing-masing *wavelet* yang diuji cobakan. *Wavelet* yang memberikan hasil MSE yang terbaiklah yang akan diimplementasikan dalam “Perancangan dan Implementasi *Telemonitoring* Sistem *Electrocardiograph* (ECG) dengan *Noise Reduction* Berbasis *Wavelet*”
5. Pemrosesan Sinyal ECG menggunakan *Software* LabVIEW.

1.5 Kontribusi Penelitian

Adapun kontribusi yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah merealisasikan sistem *telemonitoring* dengan *noise reduction* berbasis *wavelet*. Yang nantinya diharapkan dapat digunakan dalam dunia medis untuk atlet.

1.6 Metodologi Penelitian

Metoda penelitian yang dilakukan adalah eksperimental, yaitu melakukan penelitian serta membuat perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk sistem *telemonitoring* ECG. Adapun tahapan-tahapan penelitiannya adalah sebagai berikut.

1. Studi literatur
2. Perancangan perangkat keras
3. Pengukuran
4. Perancangan perangkat lunak
5. Analisis

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian serta analisis data dari **“Perancangan dan Implementasi Telemonitoring Sistem *Electrocardiograph* (ECG) dengan Noise Reduction Berbasis *Wavelet*”**. yang dibahas pada penulisan laporan tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan hasil analisis data yang mengacu kepada tujuan perancangan dan pembuatan aplikasi ini.

1. Dari hasil pengujian performansi yang telah dilakukan secara simulasi diperoleh jenis *wavelet* yang dapat menghasilkan nilai MSE yang terbaik adalah *wavelet* Haar, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.
2. Dari hasil pengujian 5 orang dengan kondisi tanpa gerak, dengan gerak ringan, dengan gerak sedang dan dengan gerak cepat dengan posisi duduk dan berdiri. Sudah deiperoleh informasi diagnostik berupa *heart rate* dan *poincare plot*. Selain itu juga telah dilakukan perhitungan besarnya simpangan yang terjadi untuk pengujian dalam posisi duduk maupun berdiri. Adapun perhitungan hasil simpangan ini diperoleh dengan menghitung simpangan yang terjadi antara tanpa bergerak terhadap gerakan ringan, gerakan sedang dan gerakan cepat yang kemudian hasilnya dirata-ratakan dengan jumlah subjek yang ada. Hasil simpangan *Heart Rate* (BPM) dalam posisi duduk yang lebih minimum diperoleh ketika subjek bergerak ringan yaitu sebesar 0,244, terbaik kedua diperoleh ketika subjek bergerak sedang yaitu sebesar 0,366, dan terakhir diperoleh ketika subjek bergerak cepat yaitu sebesar 0,418. Sedangkan Hasil simpangan *Heart Rate* (BPM) dalam posisi berdiri yang lebih minimum diperoleh ketika subjek bergerak sedang yaitu sebesar 0,252, terbaik kedua diperoleh ketika subjek bergerak cepat yaitu sebesar 0,478, dan terakhir diperoleh ketika subjek bergerak ringan yaitu sebesar 0,65.
3. Spesifikasi penguatan pada pembuatan alat telemonitoring sistem ECG memiliki penguatan sekitar 1.584 kali. Dengan *bandwidth* sinyal ECG yang dirancang untuk jantung manusia yang berkisar antara 0,05 Hz - 106 Hz dengan aplikasi standar klinis, yang dirancang dengan menggunakan satu buah rangkaian HPF dan 2 buah

rangkaian LPF. Mikrokontroler yang digunakan menggunakan ATmega 8 yang berfungsi sebagai ADC (ADC yang digunakan 8 bit) dan pemroses data. Media yang digunakan untuk mengirimkan dan menerima data serial melalui media udara dengan menggunakan Modul YS-1020UB Wireless Data Transceiver, dengan frekuensi 433MHz dan standar ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) band, *baud rate* sebesar 19200 bps dan jarak transmisi: max 170 m pada *open area*

4. Proses deteksi gelombang QRS menggunakan algoritma Pan-Tompkins yang dikombinasikan dengan algoritma deteksi puncak gelombang R sehingga dapat diketahui interval waktu antara puncak gelombang R-R yang kemudian dilanjutkan dengan proses *adaptive threshold* untuk menentukan batas ambang untuk mendeteksi gelombang R dengan tepat sehingga dapat dilakukan perhitungan *heart rate* dengan keakurasian yang baik.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dan peningkatan lebih lanjut dari **“Perancangan dan Implementasi Telemonitoring Sistem *Electrocardiograph* (ECG) dengan Noise Reduction Berbasis *Wavelet*”** ini dari segi alat yang telah dibuat ada beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam perancangannya.

1. Resolusi pembacaan ADC yang digunakan semakin besar akan memberikan resolusi yang semakin baik, karena resolusi tersebut akan sangat berpengaruh terhadap akurasi pembacaan sinyal. Berdasarkan *“Evaluation of international standards for ECG-recording and storage for use in tele-medical services”* untuk analisis *aR-Rhythmia* dengan frekuensi sampling 1000Hz (atau diatas 2000 Hz) umumnya menggunakan jumlah bit adc 12 bit, minimal 10 bit ^[16].
2. Sebaiknya ic kontroler yang digunakan untuk alat ukur instrumentasi ini menggunakan ic dengan jenis *Field Programmable Gate AR-Ray* (FPGA) sehingga waktu pemrosesan dapat lebih cepat, dan resolusi serta kecepatan konversi ADC-nya lebih baik.

CHAPTER V

CONCLUSION AND RECOMMENDATION

5.1 Conclusion

This chapter is devoted to discuss the conclusion of the study and to provide some suggestions to improve the findings. The conclusions of the design, tests, and data analysis are as follows.

1. The results of simulated performance tests showed that the best MSE was resulted from Haar wavelet as illustrated in Table 4.1 and Table 4.2.
2. Five people involved in the tests. They were tested in the condition of sitting and standing; without motion, light motion, medium motion and quick motion. These tests gave diagnostic information such as heart rate and poincare plots. Some deviation calculations to tests the sitting or standing position were also made. The results of deviation were derived from calculating the deviation in the conditions of no-motion compared to light motion, medium and quick motion. The final results were derived from the average results of those five people. The results of the tests indicated that the minimum deviation of Heart Rate (BPM) in a sitting position was 0.244; it was obtained when the subjects were in the light motion. The second best was 0.366; it was obtained when subjects were engaged in medium motion. The third best was 0.418; and it was obtained when the subjects were in quick motion. While the minimum deviation result of Heart Rate (BPM) in a standing position was 0.252; it was obtained when the subjects moved in medium motion. The second best was 0.478; it was obtained when the subjects were in the quick motion. The third best was 0.65; it was obtained when the subjects had light movement.
3. The specifications of the reinforcement implemented in the device of the ECG telemonitoring systems were approximately 1.584 times. The ECG signal bandwidth was designed for human heart ranging from 0.05 Hz - 106 Hz. Based on clinical standard applications, it was designed using a single circuit HPF and 2 LPF circuit. ATmega 8 microcontroller was used to serve as 8 bit ADC and data processors. The air was used as a medium to send and receive the serial data through of YS-1020UB Wireless Module Data Transceiver, with a frequency of 433MHz, standard ISM

(Industrial, Scientific and Medical) band, a baud rate of 19200 bps and transmission distance: max 170 m in the open area.

4. QRS wave detection process used the Pan-Tompkins algorithm which was combined with the R wave peak detection algorithm. Using this algorithm, the time interval between RR wave crests were determined, and the process of adaptive threshold to determine the R wave was then detected. As a result, the heart rate could be calculated accurately.

5.2 Recommendation

To improve the "*Design and Implementation of Electrocardiograph (ECG) Telemonitoring System with Noise Reduction Using Wavelet*", several points need to be considered when conducting similar studies in the future.

1. The greater the Resolution of ADC readings, the better the resolution can be obtained, since it greatly affects the accuracy of reading the signal. Then, according to the "Evaluation of international standards for ECG-recording and storage for use in tele-medical services", to analyse arrhythmia with a sampling frequency of 1000Hz (or above 2000 Hz), generally a 12-bit adc, or at least 10 bits is used^[16].
2. For future study, it is suggested to apply Field Programmable Gate Array type (FPGA) Ic controller. This is to have a faster processing time, better resolution and ADC conversion.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stéphane, Henrion & Corinne, Mailhes, IST-2001-33352, “*Biomedical signal processing and analysis*”, Universal Remote Signal Acquisition For Health (U-R-SAFE), 2002
- [2] Cuiwei. Li, C. Zheng, and C. Tai., (1995) , "Detection of ECG characteristic points using *wavelet* transform", *IEEE Trans Biomed Eng*, 42(1), pp. 8-21.
- [3] *Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology*, "Heart Rate Variability – Standard of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Used". *Circulation*, Maret 1996.
- [4] Olkkonen, Hannu, *Discrete Wavelet Transforms - Biomedical Applications*, Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2011.
- [5] Rangayyan R.M., *Biomedical Signal Analysis*, Wiley-Interscience, John Wiley & SONS, INC., 2002.
- [6] Zhiheng Zhou and Kaiyong Yang, “*Fetal Electrocardiogram Extraction and Performance Analysis*”, *Journal of Computers*, vol. 7, no. 11, November 2012.
- [7] Kwang Eun Jang, Sungho Tak, Jinwook Jung, and Jaeduck Jang, “*Wavelet minimum description length detrending for near-infrared spectroscopy*”, *Journal of Biomedical Optics*, 2009, 14(3), 034004:1-13.
- [8] Mallat S.: A theory for multiresolution signal decomposition: the *wavelet* representation. *IEEE Pattern Anal. and Machine Intel.*, 1989, vol. 11, no. 7, pp. 674-693.
- [9] Donoho D., Johnstone I.: Adapting to unknown smoothness via *wavelet* shrinkage. *JASA*, 1995, vol. 90, pp. 1200–1223.
- [10] Donoho D. L.: De-Noising by soft-thresholding. *IEEE Trans. on Inf. Theory*, 1995, vol.41, 3, pp. 613-627.
- [11] Tompkins WJ., *Biomedical Digital Signal Processing*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1995.
- [12] Rangayyan R.M., *Biomedical Signal Analysis*, Wiley-Interscience, John Wiley & SONS, INC., 2002.

- [13] Pan J. and Tompkins WJ., A real-time QRS detection algorithm, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 32:230-236, 1985.
- [14] Walker, J., S. (1999). *Wavelet and Their Scientific Applications*, CRC Press, Boston University, Boston.
- [15] Gacek A., Pedrycz W. (eds.) *ECG signal processing, classification and interpretation*, Springer, 2011. (ISBN 9780857298676).
- [16] Fensil, Rune. *Evaluation of international standards for ECG-recording and storage for use in tele-medical services*, Grimstad, Norway, 2006.
- [17] Brennan M, Palaniswami M and Kamen P 2001 Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 48 1342–47
- [18] Guzik P and Piskorski J. Geometry of the Poincaré plot of *RR* intervals and its asymmetry in healthy adults. Published 19 February 2007. Online at stacks.iop.org/PM/28/287
- [19] Junartha., "Telekardiologi menggunakan komunikasi Bluetooth" ,Jurnal Telekomunikasi IT Telkom, Vol.14 Tahun 2009.
- [20] Wavelet Analysis Tools User Manual. [online] www.ni.com/pdf/manuals/371533a.pdf
- [21] LabVIEW for ECG Signal Processing. [online] Publish Date: Aug 16, 2012 <http://www.ni.com/white-paper/6349/en>
- [22] Using LabVIEW for Heart Rate Variability Analysis. [online] Publish Date: Sep 10, 2012. <http://www.ni.com/example/30832/en/>
- [23] Biomedical Application: Multisim Simulation with an ECG Amplifier. [online] Publish Date: Mar 07, 2011. <http://www.ni.com/example/30925/en/>
- [24] Low-Power, Low-Voltage IC Choices for ECG System Requirements. [online] http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/29-3/low_power.html
- [25] Skill Lab Pemeriksaan ECG. [online] <http://noviirayanti.blogspot.com/2011/11/skill-lab-pemeriksaan-ECG.html>
- [26] Modul Praktikum medika 1. [online] http://student.eepis-its.edu/~aditelka/Prak_medika_1.doc

- [27] Angiology : is the description of the organs of circulation of the blood and lymph- the heart and vessels, including spleen and thymus. [online] <http://blog.ub.ac.id/cdrhprimasanti90/2011/02/>
- [28] Prinsip kerja ECG. [online] <http://med-tation.blogspot.com/>
- [29] Thalange, Asha V and Mergu, Rohini R. “HRV Analysis of Arrhythmias Using Linear – Nonlinear Parameters”. ©2010 *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). Volume 1 – No. 12*

