

Electrocardiogram (ECG) dengan Noise Reduction Berbasis Wavelet Menggunakan Pemrograman LabVIEW

Electrocardiogram (ECG) with Noise Reduction Based on Wavelet Using LabVIEW Programming

Jana Utama

Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati ukur No 112, Bandung
Email : jana_utama@yahoo.co.id

Abstrak

Electrocardiogram (ECG) merupakan rekaman sinyal-sinyal elektrik yang dihasilkan tubuh akibat kerja jantung dengan menggunakan elektroda yang ditempatkan pada permukaan tubuh. *Electrocardiograph* merupakan suatu aktivitas listrik yang penting dalam mendiagnosis kelainan jantung seperti *myocardial infarction*, *conduction defects*, dan *arrhythmia*. Tetapi pada kenyataannya sinyal ECG seringkali terkontaminasi oleh sebuah *noise*. Oleh karena itu diperlukan suatu proses pengolahan sinyal ECG yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. *Dimana* untuk ekstraksi fitur ECG dan deteksi QRS kompleks diperlukan suatu teknik dapat mengatasi *baseline wandering* dan meminimalkan gangguan yang muncul pada sinyal ECG. Dalam tulisan teknik *noise reduction* yang akan digunakan adalah berbasis wavelet dengan *level* dekomposisi 3. Algoritma ini dikembangkan dengan menggunakan *Advanced Signal Processing Tool (ASPT)* pemrograman LabVIEW. Pada penelitian ini, dari kelima jenis wavelet yang diujicobakan (Haar, Daubechies 02, Daubechies 03, Daubechies 04 dan Daubechies 06), jenis wavelet yang dapat memberikan hasil nilai RMSE yang paling baik adalah Daubechies 04. Karena dapat melakukan perbaikan dengan cukup baik yaitu dengan persentase nilai perbaikan untuk masing-masing nilai AWGN 0.1, 0.2, 0.3 dan 0.4 sebesar 2.69%, 4.97% ,7.97%, dan 11.31 %.

Kata kunci : Sinyal ECG, *Noise Reduction*, Wavelet, LabVIEW

Abstract

Electrocardiogram (ECG) was recorded electrical signals produced by the body from the heart using electrodes placed on the surface of the body. *Electrocardiograph* is an electrical activity that are important in diagnosing cardiac disorders such as *myocardial infarction*, *conduction defects*, and *arrhythmia*. But in fact, the ECG signal is often contaminated by a noise. Therefore it is necessary an ECG signal processing is capable of addressing the issue. Where to ECG feature extraction and detection of QRS complex needs a technique to overcome the *baseline wandering* and minimize disturbance in the ECG signal. In this paper *noise reduction techniques* that will be used is based on wavelet Daubechies 04 (db 04) with decomposition level 3. The algorithm was developed using *Advanced Signal Processing Tool (ASPT)* LabVIEW programming. In this study, of the five types tested wavelet (Haar, Daubechies 02, Daubechies 03, Daubechies Daubechies 04 and 06), the type of wavelet that delivers the best RMSE values are Daubechies 04. Because it can do a enhancement value is good for AWGN 0.1, 0.2, 0.3, and 0.4 with the percentage value of 2.69%, 4.97%, 7.97%, and 11.31 %.

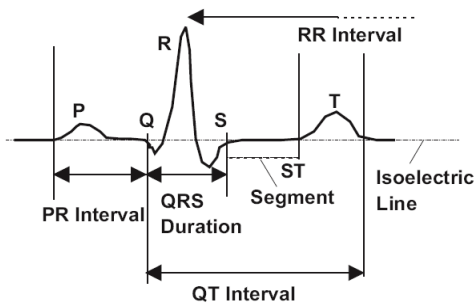
Keyword : Signal ECG, *Noise Reduction*, Wavelet, and LabVIEW

I. PENDAHULUAN

Electrocardiograph (ECG) adalah salah satu instrumen pengukuran yang telah lama digunakan di dalam ilmu kedokteran. Dan telah setia mengikuti perkembangan teknologi instrumentasi yang telah ada sampai saat ini. Dengan

berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, diharapkan akan muncul evolusi yang memungkinkan untuk meningkatkan resolusi tinggi ECG yang telah membuka pandangan baru mengenai analisis ECG dan interpretasinya. Penelitian sebelumnya [1] menyebutkan bahwa *noise* yang umumnya muncul pada ECG adalah

power line interference, electrode pop or contact noise, patient–electrode motion artifacts, electromyographic (EMG) noise, dan baseline wandering. Noise yang ada pada sinyal ECG terdistribusi pada rentang frekuensi yang sama dengan sinyal ECG itu sendiri, sehingga metode filter yang biasa tidak dapat untuk menghilangkan noise tersebut. Informasi dari pengukuran ECG yang dikumpulkan oleh elektroda yang ditempatkan pada kulit di lokasi yang ditunjuk pada tubuh. Sinyal ECG ini ditandai dengan enam puncak dan lembah diberi label dengan huruf berurutan dari abjad P, Q, R, S, T, dan U (**Gambar 1**).



Gambar 1. Sinyal ECG [6].

Sinyal ECG dapat rusak oleh berbagai macam gangguan. Secara garis besar, gangguan sinyal ECG dapat diklasifikasikan ke dalam kategori berikut:

- *power line interference* (contohnya : gangguan saluran listrik)
- *Baseline wandering* (contohnya: akibat pergerakan subjek)
- *electrode pop or contact noise* (contohnya: akibat kontraksi antara elektroda dan kulit, sehingga menyebabkan pergeseran awal pada saat pemasangan elektroda)
- *patient–electrode motion artifacts* (contohnya: karena sedikitnya kontak antara elektroda ECG dengan kulit yang menyebabkan perubahan impedansi)
- *electromyographic (EMG) noise* (contohnya: pergerakan otot)

II. WAVELET

Wavelet adalah fungsi matematika yang digunakan untuk membagi suatu fungsi atau sinyal waktu kontinu ke dalam komponen skala yang berbeda. Dalam proses skala biasanya dapat menetapkan rentang frekuensi untuk setiap skalanya.

A. Wavelet Transform

Sebuah Transformasi wavelet adalah representasi dari sebuah fungsi dengan wavelet. Wavelet adalah fungsi yang dapat digunakan untuk menguraikan sinyal. Transformasi wavelet menghitung *inner product* dari dianalisis sinyal dan keluarga wavelet. Berbeda dengan sinusoid, wavelet dilokalisasi di kedua waktu dan domain frekuensi, sehingga pemrosesan sinyal wavelet ini cocok untuk nonstasioner sinyal, yang spektral isi perubahan dari waktu ke waktu. Transformasi wavelet memiliki keunggulan dibandingkan transformasi. Transformasi wavelet mengubah memberikan pendekatan untuk resolusi sinyal multi-analisis dan teknik ini telah digunakan untuk mengidentifikasi fitur sinyal ECG seperti gelombang P, QRS kompleks dan gelombang T. Pemilihan fungsi wavelet tergantung pada aplikasi. Memilih fungsi wavelet yang sangat cocok dengan sinyal yang akan diproses akan menjadi sangat penting dalam aplikasi wavelet. Transformasi wavelet merupakan dekomposisi suatu sinyal dengan keluarga dari basis orthonormal real $\Psi_{a,b}(x)$ yang diperoleh melalui translasi dan dilasi sebuah fungsi kernel $\Psi(x)$ yang dikenal sebagai *mother wavelet*:

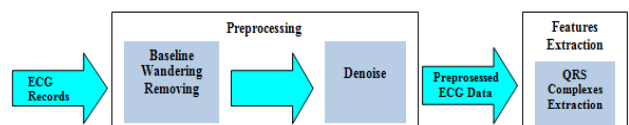
$$\Psi_{a,b}(x) = \left| \frac{1}{\sqrt{a}} \right| \Psi \left(\frac{x-b}{a} \right) \quad \dots (1)$$

B. Noise Reduction

Salah satu aplikasi wavelet yang paling efektif wavelet dalam pemrosesan sinyal adalah *denoising* atau mengurangi kebisingan dari sebuah sinyal. Metode transformasi berbasis wavelet dapat menghasilkan kualitas *denoising* jauh lebih tinggi, karena metode berbasis wavelet dapat mempertahankan rincian sinyal setelah *denoising*.

III. METODE ANALISIS

Pengolahan sinyal ECG dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu: tahapan *preprocessing* dan tahapan *features extraction*.



Gambar 2. Processing Sinyal ECG

A. Preprocessing Sinyal ECG

Preprocessing sinyal ECG dapat membantu menghilangkan kontaminasi dari sinyal ECG. Secara garis besar, kontaminasi ECG dapat diklasifikasikan ke dalam kategori berikut [1]:

- *power line interference*
- *electrode pop or contact noise*
- *patient–electrode motion artifacts*
- *electromyographic (EMG) noise*
- *baseline wandering*

Di antara *noise-noise* yang telah disebutkan diatas, *power line interference* dan *baseline wandering* merupakan hal yang paling signifikan dan sangat dapat mempengaruhi analisis sinyal ECG. Selain dari *power line interference* dan *baseline wandering*, gangguan lain yang mungkin yaitu *noise* yang bersifat *wideband* dan biasanya merupakan proses stokastik yang kompleks yang juga dapat mendistorsi sinyal ECG. Seperti gangguan saluran listrik yang bersifat *narrow-band* yang berpusat pada frekuensi 50 Hz dengan *bandwidth* kurang dari 1 Hz. Biasanya untuk gangguan yang diakibatkan oleh gangguan saluran listrik masih dapat ditangani oleh perangkat keras sinyal ECG. Namun untuk *baseline wandering* dan *noise* yang bersifat *wideband* tidak mudah untuk ditekan dengan peralatan perangkat keras. Sebaliknya, skema perangkat lunak yang sangat memungkinkan dan layak untuk pemrosesan sinyal ECG secara offline. Berikut ini merupakan cara-cara yang dapat digunakan untuk mengatasi berikut untuk *baseline wandering* dan *noise-noise* yang bersifat *wideband* lainnya. *Baseline wandering* biasanya berasal dari respirasi pada *frequencies wandering* antara 0,15 dan 0,3 Hz, dan cara untuk dapat menekannya yaitu dengan *highpass digital filter* atau dapat juga menggunakan *wavelet transform* untuk menghapus garis dasar yang menyimpang dengan menghilangkan kecenderungan dari sinyal ECG-nya itu sendiri.

Efisiensi dari *baseline removing* dengan menggunakan wavelet dilakukan dengan menguji beberapa prosedur de-noising berdasarkan analisis wavelet digital. Pendekatan dasar yang pertama adalah untuk mempertimbangkan tingkat dekomposisi dari koefisien *trend level* dari pendekatan *wavelet transform*). [1]

$$Trend\ level = \left\lceil \frac{\log_2 2t}{\log_2 N} \right\rceil \quad \dots (2)$$

Dimana t adalah durasi pengambilan sampel dan N adalah jumlah pengambilan sampel poin.

B. Features Extraction Sinyal ECG

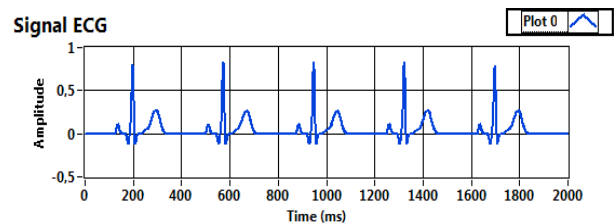
Untuk sebuah tujuan diagnosis, diperlukan untuk mengambil berbagai fitur dari (*denoised*) *preprocessed* data ECG, seperti puncak gelombang P, T, QRS. Deteksi kompleks QRS dalam sinyal ECG memberikan informasi tentang denyut jantung, kecepatan konduksi, kondisi jaringan dalam jantung serta berbagai kelainan pada jantung.

IV. SKENARIO PENGUJIAN

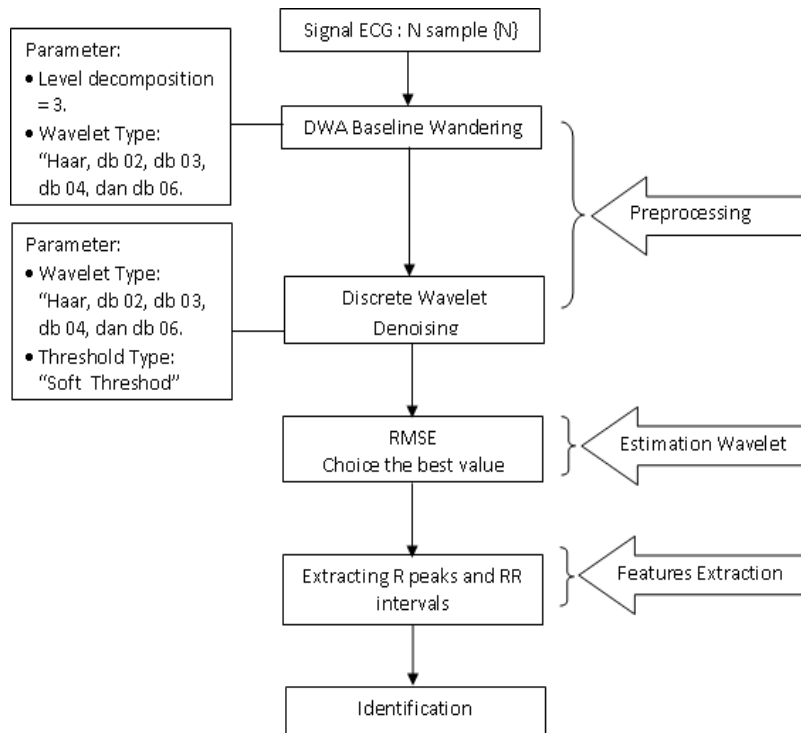
Skema pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan jenis wavelet yang terbaik adalah dengan menguji performansi sistem terhadap *noise* AWGN untuk setiap masing-masing wavelet (Haar, Daubechies 02, Daubechies 03, Daubechies 04, dan Daubechies 06) dengan nilai AWGN 0,1; 0,2; 0,3; dan 0,4. Adapun aliran pemrosesan sinyal ECG pada pemrograman LabVIEW dijelaskan pada gambar 3.

V. HASIL PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan generator sinyal ECG yang dibangkitkan secara komputasi menggunakan pemrograman LabVIEW, dimana hasil pembangkitan sinyal ECG tersebut dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini:

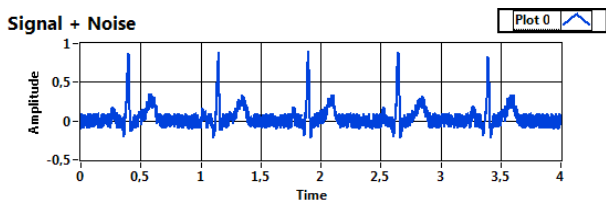


Gambar 4. Sinyal ECG



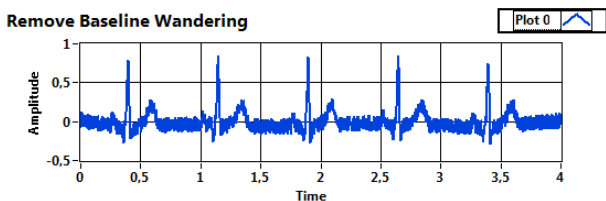
Gambar 3. Flowchart pemrosesan sinyal ECG

Berikut ini merupakan grafik dari Sinyal ECG yang telah diberi *noise* AWGN sebesar 0,1



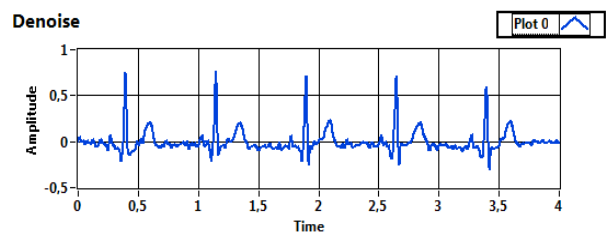
Gambar 5. Sinyal ECG + Noise AWGN = 0,1

Gambar 6. merupakan sinyal ECG hasil proses *remove baseline wandering*. Dari hasil tersebut dapat dilihat sinyal ECG yang dihasilkan mengandung informasi dasar sedikit *baseline wandering* tetapi mempertahankan karakteristik utama dari sinyal ECG + *noise*. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan berbasis transformasi wavelet lebih baik karena pendekatan ini tidak memperkenalkan *latency* dan distorsi kurang dari pendekatan berbasis filter digital.



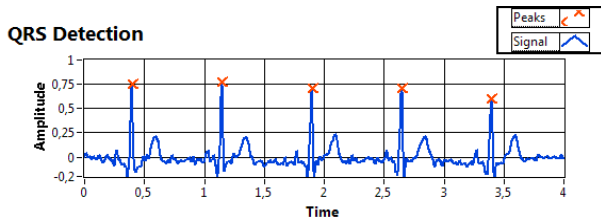
Gambar 6. Sinyal ECG hasil *remove baseline wandering*

Setelah proses *remove baseline wandering*, sinyal ECG yang dihasilkan dapat dilihat lebih stasioner dan eksplisit dari sinyal sebelumnya. Namun, beberapa jenis gangguan masih dapat mempengaruhi ekstraksi ciri dari sinyal ECG. Kebisingan ini mungkin merupakan sebuah proses stokastik yang kompleks dalam sebuah *wideband* dari sinyal ECG, sehingga untuk menghapus *noise* yang berada pada *wideband* diperlukan sebuah proses tambahan yang dalam hal ini menggunakan *Wavelet Denoise Ekspres VI*. Gambar 7. merupakan sinyal ECG yang telah dilakukan proses *removing wideband noise* menggunakan *Wavelet Denoise Ekspres VI*:



Gambar 7. Sinyal ECG hasil *denoise*

Gambar dibawah ini merupakan hasil *Feature Extraction* dari sinyal ECG dengan menggunakan *ECG Feature Extractor VI* pada ASPT LabVIEW.



Gambar 8. Sinyal ECG hasil QRS detection

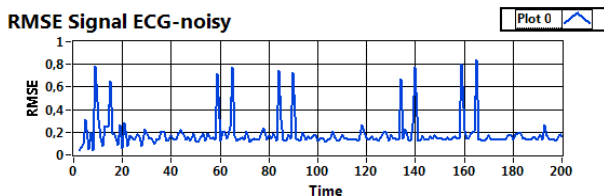
Hasil pengujian performansi wavelet terhadap noise AWGN

Hasil pengujian ini diperoleh dengan cara mencari nilai RMSE dari sinyal ECG dan sinyal noisy dan RMSE dari sinyal ECG dan sinyal denoised dengan menggunakan persamaan-persamaan dibawah ini:

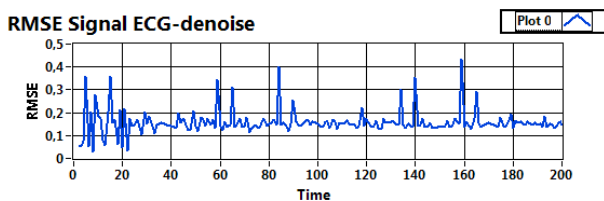
$$RMSE(S_a - S_n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_{asli\ ECG} - S_{noisy})^2} \dots (1)$$

$$RMSE(S_a - S_d) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_{asli\ ECG} - S_{denoised})^2} \dots (2)$$

Berikut ini merupakan data dari RMSE hasil pengujian dengan jumlah sampel (N) yang diambil sebanyak 201 sampel.



Gambar 9. Grafik RMSE signal ECG - noisy



Gambar 10. Grafik RMSE signal ECG - denoise

Dari hasil perhitungan $RMSE(S_a - S_n)$ dan $RMSE(S_a - S_d)$ maka didapatkan nilai Perbaikan Wavelet (PW) dengan menggunakan persamaan rumus dibawah ini:

$$PW = RMSE(S_a - S_n) - RMSE(S_a - S_d) \dots (3)$$

Sehingga apabila dipersentasekan nilai PW maka akan diperoleh nilai Persentase Perbaikan (PP) atau persamaan rumusnya dapat ditulis menjadi:

$$PP = [RMSE(S_a - S_n) - RMSE(S_a - S_d)] \times 100 \dots (4)$$

Tabel 1. Hasil pengujian performansi wavelet terhadap noise AWGN dengan level dekoposisi = 3 untuk setiap masing-masing wavelet (Haar, Daubechies 02, Daubechies 03, Daubechies 04, dan Daubechies 06)

AWGN	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{noisy}$)	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{denoised}$)	Nilai Perbaikan dengan Wavelet Haar	Persentase Perbaikan (%)
0,1	0,1833	0,1709	0,0124	1,24
0,2	0,2074	0,1753	0,0320	3,20
0,3	0,2396	0,1814	0,0582	5,82
0,4	0,2772	0,1898	0,0874	8,74

AWGN	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{noisy}$)	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{denoised}$)	Nilai Perbaikan dengan Wavelet db 02	Persentase Perbaikan (%)
0,1	0,1830	0,1608	0,0222	2,22
0,2	0,2071	0,1632	0,0439	4,39
0,3	0,2401	0,1661	0,0740	7,40
0,4	0,2775	0,1706	0,1070	10,70

AWGN	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{noisy}$)	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{denoised}$)	Nilai Perbaikan dengan Wavelet db 03	Persentase Perbaikan (%)
0,1	0,1834	0,1612	0,0222	2,22
0,2	0,2074	0,1634	0,0440	4,40
0,3	0,2400	0,1664	0,0735	7,35
0,4	0,2768	0,1700	0,1068	10,68

AWGN	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{noisy}$)	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{denoised}$)	Nilai Perbaikan dengan Wavelet db 04	Persentase Perbaikan (%)
0,1	0,1834	0,1565	0,0269	2,69
0,2	0,2077	0,1580	0,0497	4,97
0,3	0,2401	0,1604	0,0797	7,97
0,4	0,2766	0,1635	0,1131	11,31

AWGN	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{noisy}$)	RMSE ($S_{asli\ ECG} - S_{denoised}$)	Nilai Perbaikan dengan Wavelet db 06	Persentase Perbaikan (%)
0,1	0,1836	0,1723	0,0112	1,12
0,2	0,2067	0,1767	0,0300	3,00
0,3	0,2397	0,1833	0,0564	5,64
0,4	0,2771	0,1913	0,0858	8,58

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai *noise reduction* berbasis *Wavelet* pada sinyal ECG dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penentuan *level* dekomposisi yang diujicobakan dalam penelitian ini diambil pada level dekomposisi = 3.
2. *Thresholding* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan *thresholding mode soft*.
3. Jenis wavelet terbaik didapat dari jenis wavelet yang memberikan nilai RMSE terbaik. Dari kelima jenis wavelet (Haar, Daubechies 02, Daubechies 03, Daubechies 04 dan Daubechies 06), jenis wavelet yang dapat memberikan hasil nilai RMSE yang paling baik adalah Daubechies 04. Karena dapat melakukan perbaikan dengan cukup baik yaitu dengan persentase nilai perbaikan untuk masing-masing nilai AWGN 0.1, 0.2, 0.3 dan 0.4 sebesar 2.69%, 4.97% ,7.97%, dan 11.31 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].<http://www.ni.com/whitepaper/6349/en>
- [2].www.ni.com/pdf/manuals/371533a.pdf
- [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].Stéphane, Henrion & Corinne, Mailhes, IST-2001-33352, *Biomedical signal processing and analysis, Universal Remote Signal Acquisition For Health (U-R-SAFE)*, 2002.
- [5].Channappa Bhyri, Kalpana.V, S.T.Hamde, and L.M.Waghmare, July 2009, *International Journal of Computing Science and Communication Technologies*, VOL.2.
- [6].Olkkonen, Hannu, *Discrete Wavelet Transforms - Biomedical Applications, Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2011.*
- [7].Olsen JB, Rosow Eric. *Virtual Bio-Instrumentation: Biomedical, Clinical, and Healthcare Applications in labview*. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, Inc.; 2002. p.513-526.
- [8].Rangayyan R.M., *Biomedical Signal Analysis*, Wiley-Interscience, John Wiley & SONS, INC.,2002.