

DETEKSI KELAINAN *PREMATURE ATRIAL CONTRACTIONS (PACS)* BERBASIS KOMBINASI *BASELINE WANDER* DAN TRANSFORMASI WAVELET

Iman Fahruzi^{1,2}, Stevanus Hardirianto¹, Mauridhi Hery P¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Raya ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

Parkway St- Batam Centre, Batam, 29461

E-mail: iman10@mhs.ee.its.ac.id

ABSTRAKS

Sinyal biomedik seperti sinyal jantung secara periodik selalu berubah-ubah frekuensinya terhadap waktu sehingga menyebabkan kompleksitas dan heterogenitas gelombang. Elektrokardiogram (EKG) adalah salah satu alat bantu yang paling banyak digunakan untuk melakukan diagnosa kelainan jantung. Pada penelitian ini deteksi gelombang-gelombang pada sinyal EKG dilakukan berbasis kombinasi *baseline wander* dan transformasi wavelet dengan memperhatikan salah satu fitur temporal interval R-R untuk mendeteksi kelainan denyut jantung prematur, yaitu *Premature Atrial Contractions (PACs)*. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa data dari MIT-BIH Arrhythmia Database dengan tingkat akurasi saat pengujian adalah deteksi puncak R = 99.30% dan deteksi kelainan PACs = 93.74%.

Kata Kunci: wavelet, pac, fitur temporal

1. PENDAHULUAN

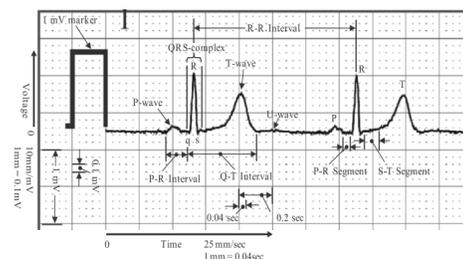
Elektrokardiogram (EKG) merupakan rekaman aktifitas listrik yang dihasilkan oleh jantung. Sinyal yang dihasilkan saat otot jantung depolarisasi, otot-otot berkontraksi dan memompa darah keseluruh tubuh. Deteksi QRS kompleks merupakan langkah pertama yang dilakukan untuk melakukan analisis sinyal EKG. Untuk mendeteksi QRS kompleks secara akurat maka perlu diidentifikasi dan ditentukan puncak R pada setiap data rekaman EKG dan kemudian dilanjutkan dengan mendeteksi gelombang P dan T jika diperlukan. Kontraksi prematur adalah satu detak jantung yang muncul lebih awal dari siklus normal dan bila kondisi ini terlalu sering muncul akan menyebabkan jantung berdebar (palpitasi) dan ini sebagai tanda kalau jantung sedang mengalami gangguan kerja. Kontraksi prematur ada dua macam, yaitu *Premature atrial contractions (PACs)* dan *premature ventricular contractions (PVCs)*. Transformasi wavelet dan metode lain telah banyak dikembangkan untuk menganalisis sinyal biomedik baik pada domain frekuensi maupun domain waktu. Beberapa metode wavelet dan metode lain yang telah dikembangkan untuk mendeteksi kelainan jantung diantaranya studi komparatif DCT, CWT dan DWT untuk klasifikasi kelainan jantung (Hamid Khorrani, 2010), deteksi fitur ECG menggunakan wavelet (Mahmoodabadi, 2005) Transformasi wavelet untuk mendeteksi P, QRS kompleks (Sasikala, 2010), deteksi sinyal prematur berdasarkan interval R-R, *threshold* dan *template matching* (Zhao, 2010), deteksi *PVCs* berdasarkan karakteristik vektor ECG (Nah, 2012). Pada

makalah ini transformasi wavelet digunakan untuk mendeteksi sinyal denyut jantung prematur *PACs* berdasarkan fitur temporal diantaranya interval R-R.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Morfologi EKG dan Sinyal Prematur

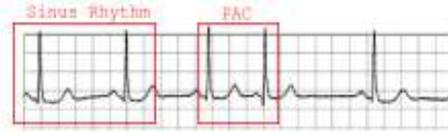
Perbedaan bentuk morfologi gelombang EKG meningkatkan kompleksitas QRS pada saat proses deteksi, oleh karena itu tingginya tingkat heterogenitas dalam gelombang QRS kompleks dan kesulitan dalam membedakan kompleks QRS dari gelombang P atau gelombang T. Tipikal gelombang P, Q, R, S dan T bisa dilihat pada gambar 1.



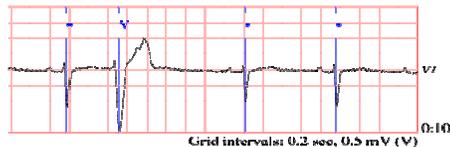
Gambar 1. Sinyal QRS Kompleks Orang Normal

Pada rekaman EKG, untuk kondisi jantung normal aktivitas ritme detak jantung memiliki interval puncak R ke R berkerja secara teratur, seperti terlihat pada gambar 2.a. Seandainya terjadi ritme yang tidak normal atau muncul lebih awal maka kondisi ini dinamakan kontraksi prematur yang disebabkan beberapa bagian jantung yang tidak bekerja normal. Jika kontraksi prematur terjadi pada

bagian ventrikel dinamakan *premature ventricular contractions (PVCs)*, seperti pada gambar 2b dan sebaliknya jika kontraksi prematur terjadi pada bagian jantung atrial, dinamakan *premature atrial contractions (PACs)*, seperti pada gambar 3.



Gambar 2. Ritme Sinus(a) dan Kontraksi atrial prematur(b)



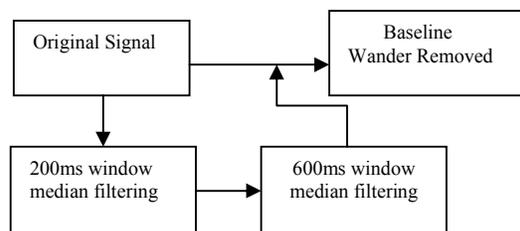
Gambar 3. Sinyal Kontraksi ventrikel prematur(V)

Untuk mengidentifikasi kontraksi prematur, jika dilihat dari morfologi sinyal ada perbedaan karakteristik *PACs* dan *PVCs*, diantaranya:

- Pada *PACs*, selain ritmenya muncul lebih awal, bentuk gelombang P juga terlihat tidak normal. Ritme ini berasal dari sumber ritme jantung selain *SA node*
- Sedangkan *PVCs* selain munculnya lebih awal dari ritme normal, bentuknya juga berbeda bisa lebih lebar atau lebih tinggi dari bentuk normal bahkan untuk beberapa kasus bentuknya terbalik atau negatif. Sumber ritme berasal dari ventrikel, bisa *bundle branches*, *Purkinje network*, or *ventricular myocardium*

2.2 Praproses Sinyal EKG

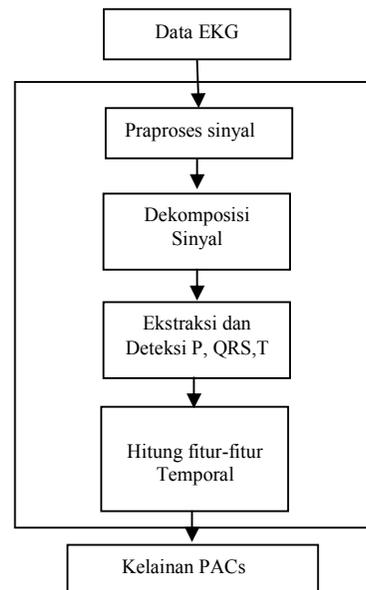
Baseline wander merupakan salah satu derau yang mempengaruhi sinyal EKG, karena tipikalnya yang turun naik akan menyebabkan kesulitan mendeteksi puncak R secara tepat karena sangat mungkin gelombang T bisa dianggap sebagai puncak R. Frekuensi rendah *baseline wander* yang variasi 0.15 – 0.3 Hz perlu dihilangkan sebelum mengekstraksi karakteristik fitur EKG. *Median Filter* (de Chazal, 2003) bisa digunakan untuk menghilangkan *baseline wander* seperti tahapan pada gambar 4.



Gambar 4. Pentapisan *baseline wander*

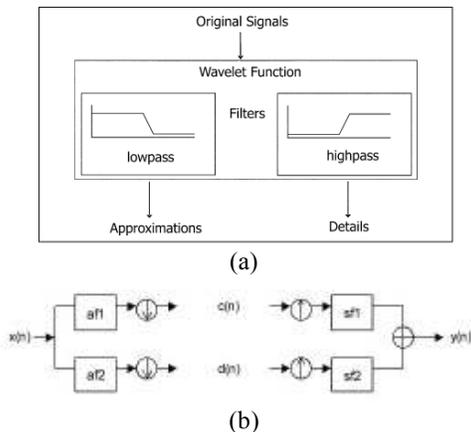
2.3 Dekomposisi Sinyal EKG

Untuk sinyal-sinyal alamiah, transformasi wavelet merupakan salah satu alat yang sangat efektif dibanding transformasi lainnya seperti transformasi fourier untuk menyusun, menganalisa dan mensintesis data. Dengan transformasi wavelet, sinyal digital dihitung untuk menentukan domain frekuensi dan waktu secara bersamaan sehingga bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi QRS kompleks dan beberapa gelombang lain seperti gelombang P dan T dengan cara mendekomposisi menjadi band-band frekuensi yang berbeda-beda. Pada penelitian ini *mother wavelet* yang digunakan adalah *Daubechies wavelet* dengan indeks sampai dengan level 4 karena respon frekuensinya yang baik dan kemiripan morfologinya dengan sinyal EKG. Diagram blok proses yang dilakukan untuk untuk mendeteksi kelainan *PACs* bisa dilihat pada gambar 5



Gambar 5. Blok Diagram Proses

Proses dekomposisi dan rekonstruksi seperti pada gambar 6 bisa dijelaskan sebagai berikut untuk dekomposisi sampai level 2 akan menghasilkan dua buah frekuensi (*subband*), yaitu $h(n)$ merupakan frekuensi rendah atau sinyal aproksimasi dan $g(n)$ merupakan frekuensi tinggi atau sinyal detail, keduanya merupakan bagian dari sinyal asli $x(n)$. Sebaliknya pada proses rekonstruksi merupakan penggabungan dua buah frekuensi $c(n)$ dan $d(n)$ menjadi sinyal tunggal $y(n)$. Jika keempat tapis yang dirancang sedemikian rupa untuk menjamin bahwa sinyal keluaran $y(n)$ sama dengan sinyal masukan $x(n)$ maka proses pentapisan bisa dikatakan memenuhi kondisi rekonstruksi yang sempurna.



Gambar 6. Blok Diagram(a), Proses Dekomposisi dan Rekonstruksi Sinyal(b)

Keterangan: af1 (analisis filter) adalah $h(n)$, koefisien lowpass filter dan af2 adalah $g(n)$, koefisien highpass filter. sf1 (sintesis filter) adalah $h(n)$, koefisien lowpass filter dan sf2 adalah $g(n)$, koefisien highpass filter, persamaan dekomposisi satu level:

$$c(n) = \sum_n x(n)h(2k - n) \quad (1)$$

$$d(n) = \sum_n x(n)g(2k - n) \quad (2)$$

Jika diinginkan dekomposisi lebih dari satu level, maka kedua persamaan diatas diberlakukan pada setiap level.

Dan persamaan rekonstruksi:

$$x(n) = \sum_n [c(n)h(-n + 2k) + d(n)g(-n + 2k)] \quad (3)$$

dimana: n dan k merupakan variabel integer

Pada penelitian ini penulis menggunakan *Daubechies wavelet* sampai level 4 ini berarti masing-masing memiliki 4 koefisien $h(n)$ dan $g(n)$. Sinyal aproksimasi dan sinyal detil dihitung dengan mengambil hasil perkalian koefisien $h(n)$ dan $g(n)$ dengan sinyal yang akan dianalisa. Persamaannya ditunjukkan sebagai berikut.

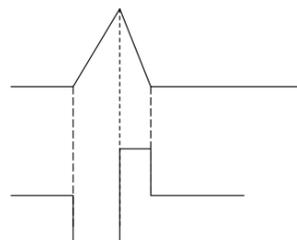
$$a_i = h_0s_{2i} + h_1s_{2i+1} + h_2s_{2i+2} + h_3s_{2i+3} + \dots \quad (4)$$

$$d_i = g_0s_{2i} + g_1s_{2i+1} + g_2s_{2i+2} + g_3s_{2i+3} + \dots \quad (5)$$

Dengan a_i adalah sinyal aproksimasi, d_i adalah sinyal detil, h_0, h_1, h_2, h_3 adalah koefisien $h(n)$ dan g_0, g_1, g_2, g_3 adalah koefisien $g(n)$ dan s adalah sinyal yang akan dianalisa.

2.4 Deteksi Kelainan Prematur

Deteksi puncak R merupakan bagian yang tidak mudah untuk ditemukan karena masing-masing data memiliki puncak R yang bervariasi bentuk dan sering kali dipengaruhi oleh derau dan terkadang gelombang T bisa teridentifikasi sebagai gelombang R pada kondisi tertentu. Untuk meningkatkan akurasi diperlukan informasi secara detail untuk mendeteksi secara tepat puncak dari sebuah gelombang, sehingga proses dekomposisi sinyal dilakukan menggunakan transformasi wavelet sampai pada level 4. Selanjutnya hasil dekomposisi pada level 2 yang berisi sinyal aproksimasi nantinya digunakan untuk mendeteksi puncak R dengan terlebih dahulu menentukan nilai ambang batas maksimum sebesar 0.6 kali nilai maksimum dari puncak R. Pendeteksian puncak R dilakukan berdasarkan prinsip *modulus maxima* dan *minima* (Rajendra, 2007) seperti pada gambar 7 dan setelah puncak R diperoleh selanjutnya dijadikan acuan untuk mendeteksi puncak P, Q, S dan T dengan melakukan *scanning* berdasarkan rentang *window* tertentu kearah kiri dan kanan gelombang R.

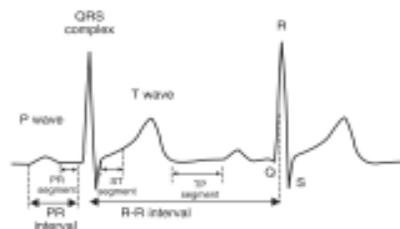


Gambar 7. Maxima dan Minima Wavelet

Pada tahap berikutnya setelah semua gelombang teridentifikasi, deteksi kelainan PACs bisa diperoleh dengan melakukan pengujian berdasarkan fitur-fitur temporal, salah satunya menggunakan persamaan (Zhao, 2010) seperti dibawah ini.

$$RR_INV = 0.79 * \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (R_{i+1} - R_i) \quad (6)$$

Fitur-fitur seperti gambar 8 bisa diperoleh dengan menentukan $P_{onset} - P_{offset}$, $Q_{onset} - Q_{offset}$, $S_{onset} - S_{offset}$ dan lain-lainnya.



Gambar 8. Fitur-fitur EKG

3. HASIL

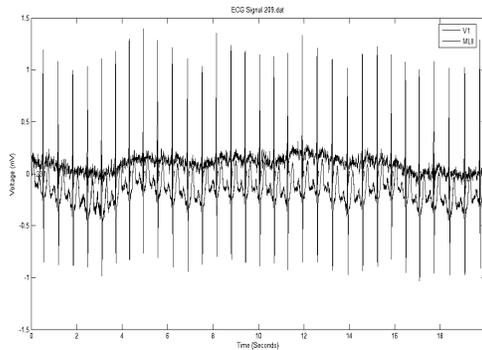
Tahap pengujian dilakukan untuk melihat keandalan dan akurasi dari algoritma yang digunakan. Tes dilakukan menggunakan lima data MIT-BIH Arrhythmia Database yang dipilih mewakili berbagai macam karakteristik morfologi yang berbeda-beda, yaitu 100, 101, 103, 121 dan 232. Pengujian algoritma dilakukan pada durasi 30 menit dan 5,556 detik dengan *samples rate* 360Hz untuk masing-masing data uji.

Record 100 (MLII, V5; male, age 69)

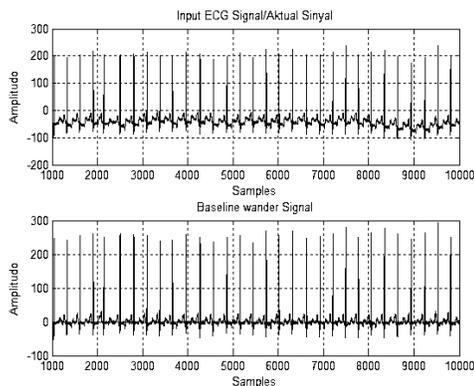
Medications: Aldomet, Inderal

Beats Before 5:00	After 5:00	Total
Normal	367	1872
APC	4	29
PVC	-	1
Total	371	1902

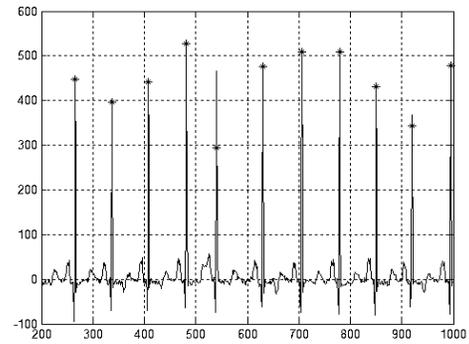
Gambar 9. Contoh Record 100 dari MIT-BIH Arrhythmia



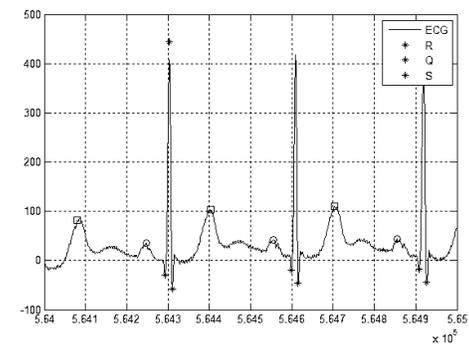
Gambar 10. Sinyal Asli 100.dat



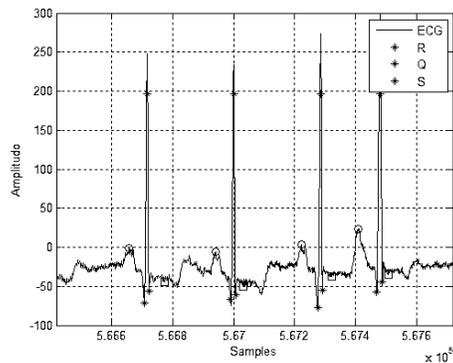
Gambar 11. Hasil Pentapisan *baseline wander* pada sinyal 100.dat



Gambar 12. Deteksi Puncak R pada sinyal 100.dat



Gambar 13. Hasil Deteksi QRS kompleks, gelombang P dan T pada sinyal 100.dat



Gambar 14. Kondisi Prematur (PACs) sinyal 100.dat pada durasi 26.09 menit

Tabel 1. Hasil Deteksi Puncak R (MIT-BIH)

Records (beats)	R peaks			
	TN	TP	FP	FN
100(2273)	0	2273	0	0
101(1865)	0	1860	5	0
103(2084)	0	2079	5	0
121(1863)	0	1865	7	0
232(1780)	0	1719	61	0

Tabel 2. Hasil Deteksi PACs (MIT BIH)

Record (PACs)	PACs			
	TN	TP	FP	FN
100(33)	0	20	13	0
101(3)	0	3	0	1
103(2)	0	2	0	1
121(1)	0	1	0	2
232(1382)	0	1309	73	0

Berdasarkan data pada tabel 1 dan tabel 2, untuk mengukur akurasi algoritma yang dikembangkan, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$ACCURACY = \frac{(TP + TN)}{N} \quad (7)$$

Sehingga diperoleh tingkat akurasi deteksi puncak R sebesar 99.30% dan tingkat akurasi deteksi kelainan PACs sebesar 93.74%.

4. KESIMPULAN

Pada makalah ini dikembangkan sebuah algoritma yang menganalisa kelainan PACs berdasarkan *baseline wander* dan wavelet dengan menggunakan koefisien aproksimasi pada level 2 untuk mendeteksi puncak-puncak EKG sehingga didapatkan hasil deteksi yang baik. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *MIT-BIH Arrhythmia Database* sebagai data tes diperoleh tingkat akurasi puncak R sebesar 99.30% dan akurasi deteksi PACs sebesar 93.74%. Untuk melengkapi deteksi kelainan prematur pada pengembangan berikutnya akan dilakukan pada kelainan prematur PVCs yang mempunyai variasi bentuk, lebar serta depleksi gelombang terbalik atau negatif.

PUSTAKA

Hamid Khorrani, Majid Moavenian, *A comparative study of DWT, CWT and DCT transformations in ECG arrhythmias classification*, Expert Systems with Applications, Elsevier, 2010

J. S. Nah, A. Y. Jeon, J. H. Ro, G. R. Jeon, *ROC Analysis of PVC Detection Algorithm using ECG and Vector-ECG Characteristics*, International Journal of Medical and Biological Sciences 6, 2012

Rajendra Acharya U, Jasjit S. Suri, Jos A.E. Spaan, S.M. Krishnan, *Advances In Cardiac Signal Processing*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007

Zhao Shen, Chao Hu, Jingsheng Liao, Max Q.-H.Meng, *AN Algorithm of Premature Contraction Detection Based on Wavelet Method*, Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Information and Automation June 20 - 23, Harbin, China, 2010

Awadhesh Pachauri, Manabendra Bhuyan, *Robust Detection of R-Wave Using Wavelet Technique*, World Academy of Science, Engineering and Technology 56, 2009

P. Sasikala, Dr. R.S.D. Wahidabanu, *Robust R Peak and QRS detection in Electrocardiogram using Wavelet Transform*, (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 1, No.6, December 2010

S. Z. Mahmoodabadi, A. Ahmadian, M. D. Abolhasani, *Ecg Feature Extraction Using Daubechies Wavelets*, Proceedings of the fifth IASTED International Conference Visualization, Imaging, and Image Processing, September 7-9, 2005, Benidorn, Spain.

P. de Chazal, C. Heneghan, E. Sheridan, R.Reilly, P. Nolan, M. O'Malley, *Automated Processing of the Single-Lead Electrocardiogram for the Detection of Obstructive Sleep Apnoea*, IEEE Trans. Biomed. Eng., 50(6): 686-689, 2003

N.V.Thakor, J.G.Webster and W.J.Tompkins, *Estimation of QRS complex power spectra for design of a QRS filter*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. BME-31, no. 11,pp. 702-706, 1986, pp. 702-706, Nov,1986

Waveletsoftware, <http://eeweb.poly.edu/iselesni/WaveletSoftware/index.html>, 28 Feb 2012, 23.13WIB

Jennifer Estrada, *Noise Corrupted Signals and Signal Processing using MATLAB*, CLARKSON UNIVERSITY, 2009

Li, C. Zheng, C. Tai, "Detection of ECG Characteristic Points Using Wavelet Transforms", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 42 No. 1, January 1995

PhysioBank MIT-BIH Database, <http://www.physionet.org/physiobank/database>