

DETEKSI KETIDAKNORMALAN *PREMATURE VENTRICLE CONTRACTIONS (PVCs)* BERDASARKAN *RR INTERVAL* DAN *CORRELATION COEFFICIENT*

Iman Fahruzi¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam

¹Parkway St- Batam Centre, Batam, 29461

¹iman@polibatam.ac.id

Abstrak

Electrocardiogram (ECG) adalah salah satu alat bantu yang paling banyak digunakan untuk melakukan diagnosa kelainan jantung. Akurasi dan prediksi positif menjadi fokus dari penelitian ini sehingga memberikan hasil komputasi yang lebih objektif pada saat subyektifitas analisis medis menjadi dominan dan diharapkan akan memberikan kemudahan bagi analis medis di lapangan dalam mendiagnosa kelainan jantung pada saat minimnya jumlah dokter spesialis dan tenaga ahli interpreter data rekaman ECG. Deteksi gelombang-gelombang pada sinyal ECG dilakukan dengan melakukan ekstraksi informasi penting dari sinyal ECG berbasis kombinasi *RR Interval* dan *Correlation Coefficient* untuk mendeteksi kelainan denyut jantung prematur, yaitu *Premature Ventricle Contractions (PVCs)*. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa data dari *MIT-BIH Arrhythmia Database* yang mewakili bentuk gelombang Normal dan *PVCs* berdurasi satu menit dengan tingkat akurasi saat pengujian adalah deteksi kelainan *PVCs* sebesar 99.93% dan tingkat sensitivitas saat pengujian sebesar 97.06%

Kata kunci : *pvc, rr interval, baseline wander, correlation coefficient*

1. Pendahuluan

Salah satu penyebab kematian terbesar didunia adalah karena penyakit jantung koroner sehingga memerlukan tindakan medis yang cepat dan tepat untuk menghindari kondisi yang lebih buruk. Gejala abnormalitas pada jantung seringkali datang secara tiba-tiba. Untuk itu, pengenalan secara dini terhadap penyakit jantung dengan prosedur dan penanganan lanjutan dapat mencegah peningkatan resiko fatal dari serangan jantung. Informasi seputar kerja jantung dapat diperoleh melalui prinsip kelistrikan pada jantung menggunakan sebuah instrumen medis yang disebut *Electrocardiograf (EKG)*. Mengetahui cara kerja EKG relatif mudah namun untuk mengetahui informasi yang terdapat pada data hasil rekaman EKG sangat sulit. Untuk membaca kertas rekaman atau *electrocardiogram (ECG)* diperlukan pengalaman dan pengetahuan mengenai penyakit jantung serta gejala-gejalanya sehingga bisa terhindar dari kesalahan interpretasi

Rekaman aktifitas listrik yang dihasilkan oleh jantung dan 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 *ECG*. Untuk mendeteksi

QRS kompleks secara akurat maka perlu diidentifikasi dan ditentukan puncak R pada setiap data rekaman *ECG* dan kemudian dilanjutkan dengan mendeteksi gelombang P, Q, S 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 Ventricle Contractions (PVCs)*.

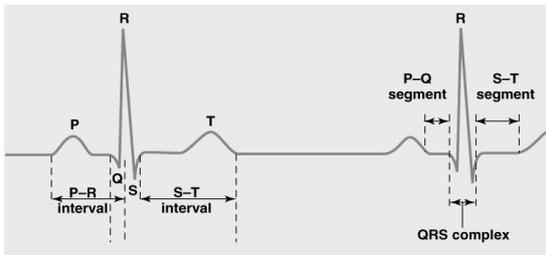
Pengenalan secara otomatis kelainan *PACs* dan *PVCs* merupakan bagian yang penting untuk mendiagnosa dan memantau kondisi jantung. Beberapa penelitian sebelumnya pada area wavelet [1] menggunakan *pass zero point* untuk mendeteksi puncak R, penggunaan *adaptive wavelet* untuk menghilangkan *baseline drift* [2], [4]. Penelitian mengenai kelainan prematur [3] menggunakan wavelet dan *threshold* juga telah dilakukan walaupun hasil belum memuaskan. Sebuah algoritma yang digunakan untuk mendeteksi kelainan prematur berbasis *RR interval*, *template matching* [5] juga menggunakan wavelet telah menghasilkan proses deteksi yang memerlukan waktu proses yang agak lama. Pada penelitian ini

akan dikembangkan sebuah algoritma untuk mendeteksi kelainan jantung *Premature Ventricle Contractions (PVCs)* berbasis kombinasi *RR Interval* dan *Correlation Coefficient* sehingga menghasilkan akurasi deteksi yang baik dan prosesnya deteksinya sederhana.

2. Bahan dan Metode Penelitian

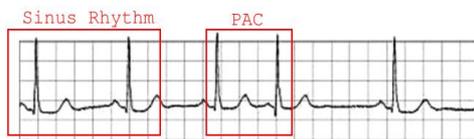
2.1 Morfologi Sinyal ECG dan Sinyal ECG Prematur

Perbedaan bentuk morfologi gelombang ECG 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.

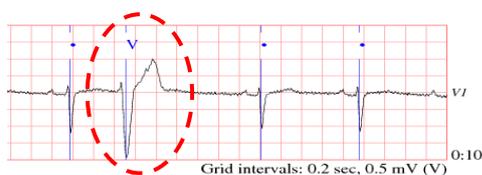


Gambar 1. Sinyal QRS Kompleks Orang Normal

Pada rekaman ECG, untuk kondisi jantung normal aktivitas ritme detak jantung memiliki interval puncak R ke R bekerja 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)

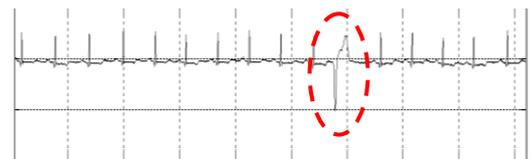
Untuk mengidentifikasi kontraksi prematur, jika

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*.

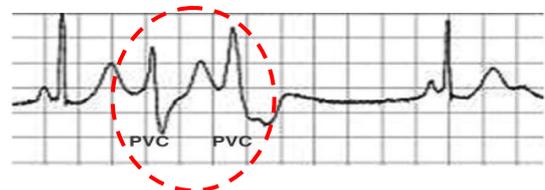
2.2 Kelainan Jantung Premature Ventricle Contractions (PVCs)

Kelainan *premature ventricle contractions (PVCs)* merupakan denyut jantung tambahan yang muncul prematur sebelum muncul denyut jantung yang normal dengan morfologi QRS kompleks yang lebar seperti pada gambar 4.

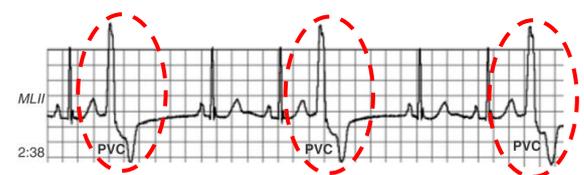


Gambar 4. PVCs pada data 100 MIT-BIH

PVCs biasanya tidak didahului oleh gelombang P dan dapat terjadi kapan saja sepanjang siklus jantung berdetak. Jika *PVCs* muncul pada bagian akhir dari gelombang T (saat akan berakhirnya proses repolarisasi) sebagai akibat dari *ventricular tachycardia* atau *ventricular fibrillation* yang detak jantungnya melebihi 100 kali per menit bisa menyebabkan kematian. Bentuk lain dari *PVCs* yang membahayakan jiwa pasien adalah jika menghasilkan lebih dari satu bentuk morfologi *PVCs* yang seperti pada gambar 5 dan gambar 6.



Gambar 5. *Multiform* atau lebih dari satu bentuk *PVCs*

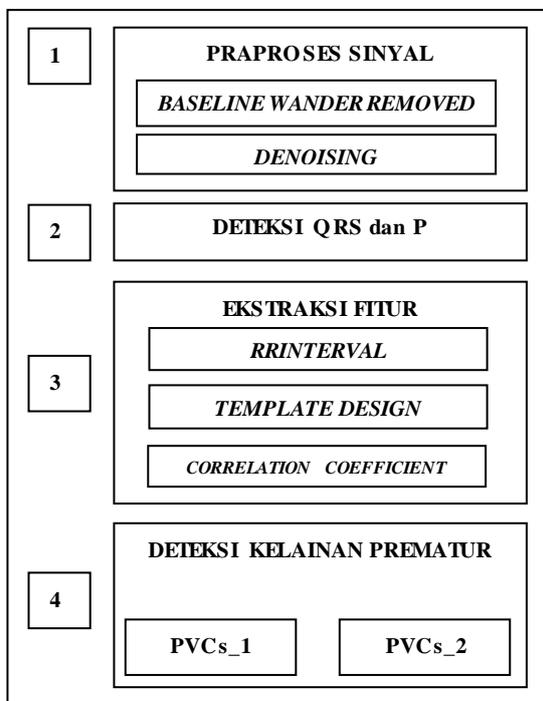


Gambar 6. *Uniform* atau bentuk *PVCs* yang seragam

2.3 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem seperti pada gambar 7

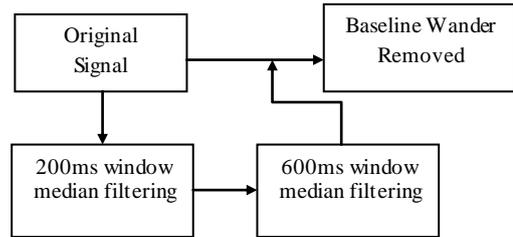
dengan beberapa tahapan proses, yaitu tahap pertama melakukan praproses sinyal ECG dengan terlebih dahulu menghilangkan *baseline wander* menggunakan metode *median filtering* dan menghilangkan derau atau noise menggunakan *wavelet*. Setelah itu tahap berikutnya adalah melakukan ekstraksi sinyal ECG untuk menentukan puncak dari masing-masing gelombang diantaranya gelombang P, QRS. Setelah informasi penting ini didapat, maka proses deteksi kelainan *premature ventricular contractions (PVCs)* bisa dilakukan dengan menghitung *RR Interval* berdasarkan persamaan 1, menentukan nilai *correlation coefficient* bentuk ECG normal yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai *correlation coefficient* bentuk ECG prematur dengan menggunakan persamaan 2.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

2.3.1 Menghilangkan Baseline Wander

Salah satu masalah yang umum pada sinyal ECG adalah menghilangkan derau atau noise yang dihasilkan oleh frekuensi rendah sinyal ECG yang menyebabkan bentuk gelombang bergerak tidak teratur. Kondisi ini sebagai akibat kontraksi otot jantung saat melakukan pemafasan dan adanya pergerakan pasien saat diperiksa atau di diagnosa. *Median filtering* digunakan untuk menghilangkan efek *wandering* dari sinyal ECG tanpa kehilangan informasi penting dari sinyal ECG seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Blok Diagram Menghilangkan Baseline Wander

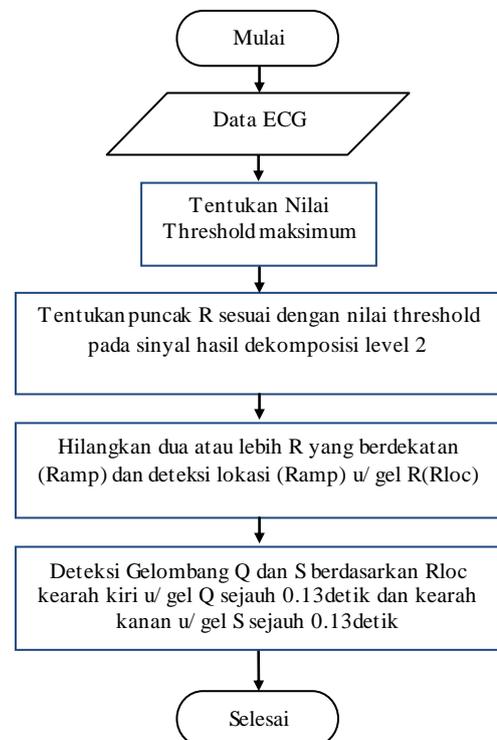
2.3.2 Menghilangkan Derau atau Noise

Prinsip kerja proses menghilangkan noise menggunakan transformasi wavelet diskrit pada dasarnya dibagi menjadi tiga proses, yaitu

1. Proses dekomposisi sinyal ECG menjadi band-band frekuensi. Dekomposisi yang dilakukan pada sinyal ECG sampai level 8 dengan menggunakan Daubechies (db4) sebagai *mother wavelet*-nya
2. Detail koefisien pada proses dekomposisi digunakan untuk menemukan nilai standar untuk proses denoising sinyal ECG.
3. Hasil proses *threshold* terhadap detail koefisien Sinyal ECG selanjutnya direkonstruksi secara up sampling untuk menghasilkan sebuah sinyal ECG yang bersih dari noise.

2.3.3 Deteksi Gelombang QRS dan P

Proses deteksi gelombang-gelombang ECG, yaitu gelombang Q, R dan S, dilakukan dengan beberapa langkah seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Modul Deteksi Gelombang ECG

2.3.4 Menghitung RR Interval dan Correlation Coefficients

Pendekatan yang digunakan untuk mendeteksi kelainan jantung prematur berdasarkan RR Interval menggunakan persamaan 1 dan correlation coefficient menggunakan persamaan 2.

$$RR_Interval = \frac{0.8}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (R_{i+1} - R_i) \quad (1)$$

dengan:

N=jumlah sampel

R_i=puncak awal

R_{i+1}= puncak berikutnya

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{[\sum(x - \bar{x})^2][\sum(y - \bar{y})^2]}} \quad (2)$$

dengan:

r = koefisien korelasi

n = ukuran sampel

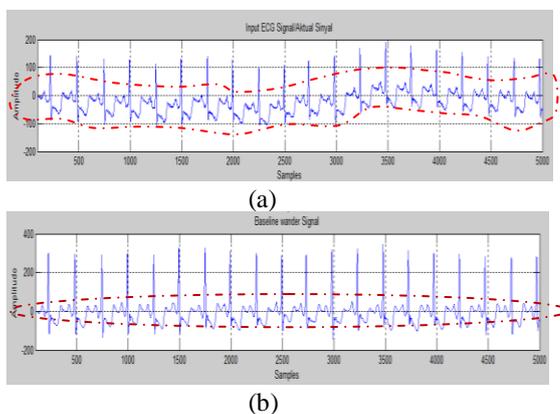
x = nilai var bebas

y = nilai var terikat

3. Hasil Pengujian

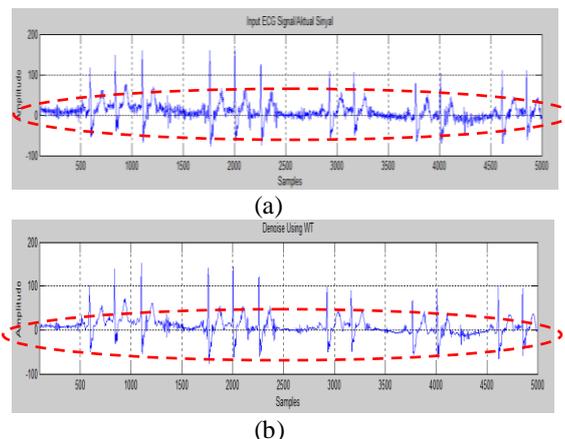
Pengujian ini untuk menjelaskan seberapa besar tingkat keberhasilan algoritma dalam mengidentifikasi ketidaknormalan sinyal ECG. Hasil pengujian berdasarkan modul-modul seperti pada gambar 7, yaitu modul praproses sinyal ECG, modul deteksi gelombang P dan QRS, modul ekstraksi fitur ECG dan modul deteksi kelainan jantung prematur(PVCs).

3.1 Hasil Pengujian Baseline Wander



Gambar 8(a). Sinyal asli data ECG 121.dat dan (b). Hasil Proses Menghilangkan Baseline Wander

3.2 Hasil Pengujian Denoising Menggunakan Wavelet



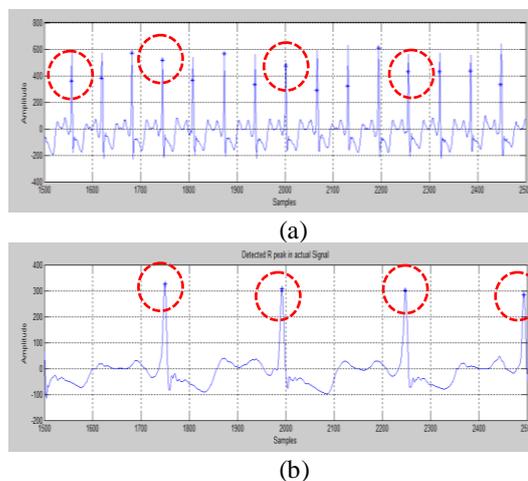
Gambar 9(a). Sinyal asli data ECG 232.dat dan (b). Hasil Proses Denoising

3.3 Hasil Pengujian Deteksi Gelombang R

Pengujian berikutnya dilakukan pada data yang memiliki variasi bentuk QRS kompleks dan RR Interval, yaitu pada data MIT-BIH Arrhythmia database dengan frekuensi sampling 360Hz.

Tabel 1. Hasil Deteksi Puncak R pada Data MIT-BIH Arrhythmia

TABEL HASIL DETEKSI PUNCAK R						
RECORD S	TOTAL BEATS	TP	FP	FN	Se(%)	
100	2273	2272	1	0	99,96	
101	1865	1861	4	0	99,79	
103	2084	2082	2	0	99,90	
116	2412	2265	109	0	95,41	
119	1987	1987	1	0	99,95	
220	2048	2048	0	0	100,00	
RATA-RATA					99,00	



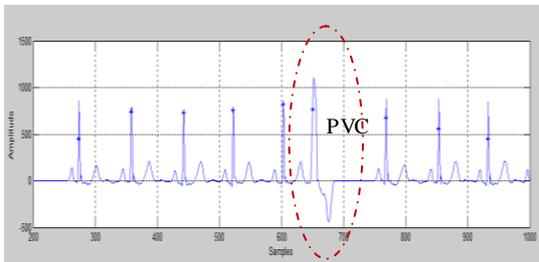
Gambar 10(a). Hasil Deteksi Puncak Gelombang R pada sinyal dekomposisi Data 112.dat dan (b). Hasil Deteksi Puncak Gelombang R pada sinyal asli

3.4 Hasil Deteksi Kelainan Jantung PVCs

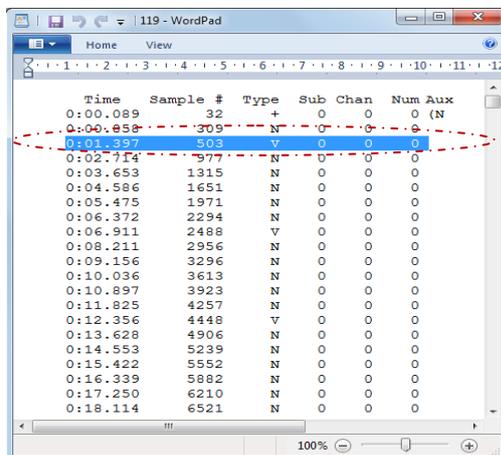
Proses pengujian untuk mendeteksi kelainan PVCs dilakukan pada beberapa data yang mewakili kondisi pasien penyakit jantung berdasarkan data yang bersumber pada MIT-BIH Arrhythmia Database dengan berbagai macam kompleksitas dan heterogenitas morfologi ECG. Kelompok data ECG yang diuji untuk kelainan PVCs adalah data ECG 116.dat dan data ECG 119.dat.

Tabel 2. Data Pengujian PVCs

DATA PENGUJIAN NORMAL DAN PVCs (MIT-BIH ARRHYTHMIADB)	
NO	NAMA FILE
1	116_ECG_90_150(3 PVC+75 NORMAL)
2	116_ECG_155_215(3 PVC+75 NORMAL)
3	116_ECG_260_320(5 PVC+74 NORMAL)
4	116_ECG_360_420(5 PVC+75 NORMAL)
5	119_ECG_570_630(18 PVC+48 NORMAL)

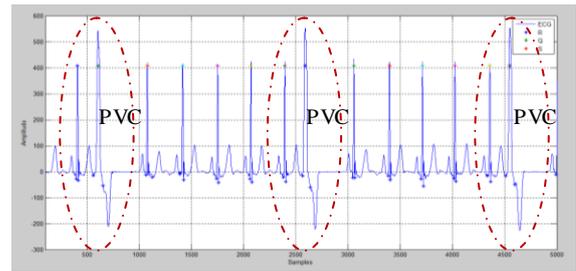


Gambar 11. Hasil Deteksi PVCs Data 119.dat menit ke 1.37



Gambar 12. Data 119.text, PVCs pada menit ke 1.37

Pada gambar 11 merupakan hasil deteksi algoritma terhadap kelainan PVCs untuk data ECG 119.dat dan gambar 12 merupakan data verifikasi dari ahli kardiologi bahwa pada menit ke 1,397 menit dan sampel 503, menit ke 6,911 dan sampel 2488 dan menit ke 12,356 dan pada sampel 4448 terdapat kelainan jantung prematur PVCs atau kode V.

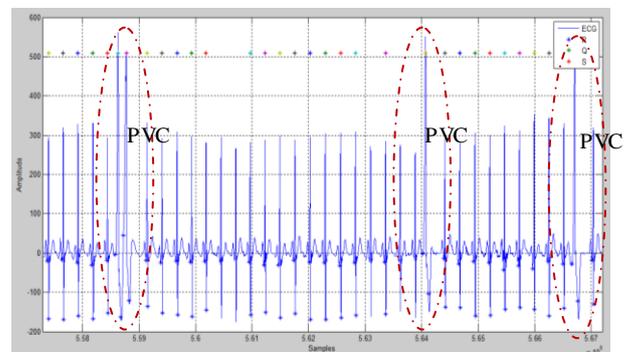


Gambar 13. Hasil Deteksi PVCs Data 119.dat

Time	Sample #	Type	Sub	Chan	Num	Aux
0:00.089	32	+	0	0	0	0 (N)
0:00.858	309	N	0	0	0	0
0:01.397	503	V	0	0	0	0
0:02.714	977	N	0	0	0	0
0:03.653	1315	N	0	0	0	0
0:04.586	1651	N	0	0	0	0
0:05.475	1971	N	0	0	0	0
0:06.372	2294	N	0	0	0	0
0:06.911	2488	V	0	0	0	0
0:08.211	2956	N	0	0	0	0
0:09.156	3296	N	0	0	0	0
0:10.036	3613	N	0	0	0	0
0:10.897	3923	N	0	0	0	0
0:11.825	4257	N	0	0	0	0
0:12.356	4448	V	0	0	0	0
0:13.628	4906	N	0	0	0	0
0:14.553	5239	N	0	0	0	0
0:15.422	5552	N	0	0	0	0
0:16.339	5882	N	0	0	0	0
0:17.250	6210	N	0	0	0	0
0:18.114	6521	N	0	0	0	0

Gambar 14. Data Verifikasi PVCs119.text

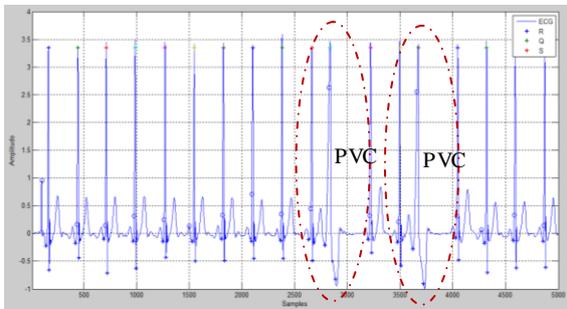
Berdasarkan hasil plot pada gambar 13 memperlihatkan adanya kelainan jantung PVCs dan Sedangkan pada gambar 14 menunjukkan bahwa hasil verifikasi ahli kardiologi mengidentifikasi adanya kelainan jantung prematur PVCs atau kode V pada menit ke 25,51,464 dan sampel 558527, menit ke 25,51,864 dan sampel 558671, menit ke 26,06 dan sampel 563967, menit ke 26,13 dan sampel 566607. Selain itu juga memperlihatkan adanya perbedaan bentuk ECG normal dibandingkan dengan bentuk ECG kelainan PVCs dan memiliki durasi kemunculan puncak R juga lebih cepat dibandingkan dengan durasi kemunculan puncak R kondisi normal.



Gambar 14. Hasil Deteksi PVCs data 116.dat

25:50.228	558082	N	0	0	0
25:50.844	558340	N	0	0	0
25:51.464	558527	V	0	0	0
25:51.864	558671	V	0	0	0
25:52.894	559042	N	0	0	0
25:53.622	559304	N	0	0	0
25:54.367	559572	N	0	0	0
25:55.078	559828	N	0	0	0
25:55.789	560084	N	0	0	0
25:56.528	560350	N	0	0	0
25:57.247	560609	N	0	0	0
25:57.956	560864	N	0	0	0
25:58.689	561128	N	0	0	0
25:59.419	561391	N	0	0	0
26:00.153	561655	N	0	0	0
26:00.903	561925	N	0	0	0
26:01.644	562192	N	0	0	0
26:02.400	562464	N	0	0	0
26:03.131	562727	N	0	0	0
26:03.872	562994	N	0	0	0
26:04.608	563259	N	0	0	0
26:05.328	563518	N	0	0	0
26:06.061	563782	N	0	0	0
26:06.575	563967	V	0	0	0
26:07.525	564309	N	0	0	0
26:08.253	564571	N	0	0	0
26:09.000	564840	N	0	0	0
26:09.731	565103	N	0	0	0
26:10.456	565364	N	0	0	0
26:11.186	565627	N	0	0	0
26:11.911	565888	N	0	0	0
26:12.636	566149	N	0	0	0
26:13.367	566412	V	0	0	0
26:13.908	566607	V	0	0	0

Gambar 15. Data Verifikasi *PVCs* pada 116.text



Gambar 16. Hasil Deteksi *PVCs* Data 116_ECG_90_150.mat(data *PVCs* pada detik ke 90 – 150)

1:30.161	32458	N	0	0	0
1:30.939	32738	N	0	0	0
1:31.689	33008	N	0	0	0
1:32.447	33281	N	0	0	0
1:33.239	33566	N	0	0	0
1:34.008	33843	N	0	0	0
1:34.775	34119	N	0	0	0
1:35.547	34397	N	0	0	0
1:36.322	34676	N	0	0	0
1:37.106	34958	N	0	0	0
1:37.589	35132	V	0	0	0
1:38.656	35546	N	0	0	0
1:39.425	35739	N	0	0	0
1:39.908	35967	V	0	0	0
1:40.953	36343	N	0	0	0
1:41.714	36617	N	0	0	0
1:42.467	36888	N	0	0	0
1:43.244	37168	N	0	0	0
1:44.000	37440	N	0	0	0
1:44.775	37719	N	0	0	0
1:45.539	37994	N	0	0	0
1:46.292	38265	N	0	0	0
1:47.056	38540	N	0	0	0
1:47.814	38813	N	0	0	0

Gambar 17. Hasil Deteksi *PVCs* pada Data 116_ECG_90_150.text(data *PVCs* pada detik ke 90 – 150)

Sedangkan pada gambar 14 merupakan hasil deteksi *PVCs* pada data 116.dat dan gambar 15 merupakan hasil verifikasi ahli kardiologi mengidentifikasi adanya kelainan jantung prematur *PVCs*. Untuk gambar 16 merupakan hasil *plot* kelainan *PVCs* Data 116_ECG_90_150.mat(data *PVCs* pada detik ke 90 – 150) sedangkan data verifikasi seperti pada gambar 17.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian algoritma yang digunakan untuk mendeteksi kelainan jantung *Premature Ventricle Contractions(PVCs)* terhadap ECG bentuk normal, memiliki tingkat sensitivitas 97.06% dan prediksi positif sebesar 100% sehingga pendekatan *RR interval* dan *Correlation Coefficient* sangat efektif untuk digunakan mendeteksi kelainan jantung *Premature Ventricle Contractions(PVCs)*.

Daftar Pustaka:

- [1] Cuiwei Li, Chongxun Zheng, and Changfeng Tai (1995), “Detection of ECG Characteristic points using Wavelet Transforms”, IEEE Trans Biomed. Eng, Vol. 42, No. 1.
- [2] Xiaoyan Li (2000), “Removal of ECG Baseline Drift Using Adaptive Filter Based on Wavelet Transform”, Journal of China University of Science and Technology, Vol.30, No.4.
- [3] Peng Hu, Yonghong Zhang, Jupeng Zhang and Jing Bai (2003), “A Wavelet-Based Arrhythmia Detection Method”, Beijing Biomedical Engineering, vol. 22, no.1, pp. 23-26.
- [4] Omid Sayadi, Mohammad Bagher Shamsollahi (2007), “Multi-Adaptive Bionic Wavelet Transform Application to ECG Denoising and Baseline Wandering Reduction”, Submitted to the European Journal on Applied Signal Processing.
- [5] Omid Sayadi, Mohammad B. Shamsollahi, Gari D. Clifford (2010) “Robust Detection of Premature Ventricular Contractions Using a Wave-Based Bayesian Framework”, IEEE Transactions on Biomedical on Engineering, Vol. 57, No. 2
- [6] J. S. Nah, A. Y. Jeon, J. H. Ro, G. R. Jeon (2012), “ROC Analysis of PVC Detection Algorithm using ECG and Vector-ECG Characteristics”, International Journal of Medical and Biological Sciences 6.
- [7] Rajendra Acharya U, Jos A.E. Spaan, Jasjit Suri, Shankar M. Krishnan (2007), “Advances in Cardiac Signal Processing”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [8] Zhao Shen, Chao Hu, Jingsheng Liao (2010), “AN Algorithm of Premature Contraction Detection Based on Wavelet Method”, Proceedings of IEEE International Conference on Information and Automation. Harbin, China