

Deteksi Aritmia Menggunakan Sinyal EKG dengan Metoda Deteksi Puncak-R

Agung W. Setiawan¹⁾, Ratna A. Djohan²⁾, Farhan I. Tawakal³⁾

^{1),2),3)}Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa 10 Bandung
Email : awsetiawan@stei.itb.ac.id

Abstrak. Kelainan jantung dapat disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah ketidaknormalan aktivitas listrik yang terjadi di jantung. Aktivitas kelistrikan jantung dapat diamati dengan menggunakan EKG. Saat diamati, jantung dengan aktivitas listrik tidak normal akan menampilkan sinyal EKG yang tidak normal pula. Terdapat beberapa proses pengolahan sinyal yang digunakan, yaitu pemfilteran sinyal, deteksi kompleks QRS, penguadratan sinyal, deteksi puncak-R, deteksi interval R-R, perhitungan denyut jantung dalam satuan detak per menit, dan klasifikasi. Untuk memudahkan identifikasi kelainan jantung yang terjadi, dilakukan pemrosesan sinyal menggunakan aplikasi MATLAB. Hasil yang diharapkan dari pemrosesan sinyal ini adalah mendeteksi penderita aritmia serta jenis aritmia yang dideritanya. Dari 30 sample sinyal EKG yang dicurigai mengindap aritmia, didapatkan bahwa 10 dari sinyal tersebut masih dalam rentang yang normal, yaitu pada rentang 60-100 bpm. Dari 20 penderita aritmia, 15 orang mengalami takikardia, yaitu bpm lebih dari 100, serta 5 orang mengalami bradikardia, yaitu bpm kurang dari 60. Diharapkan dengan dikembangkannya deteksi aritmia yang memerlukan komputasi ringan, sistem dapat diimplementasikan ke dalam wearable device.

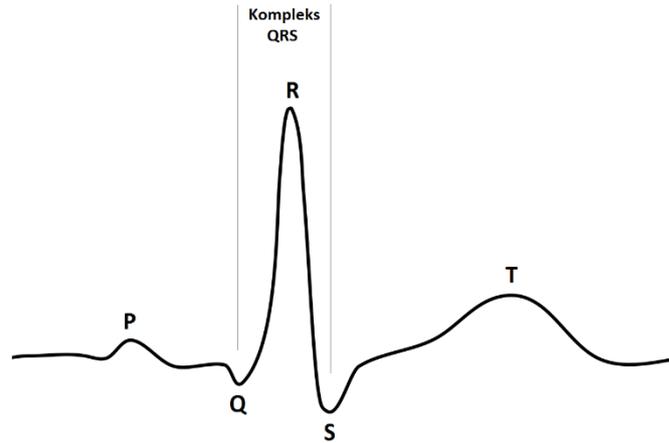
Kata kunci: deteksi puncak-R, waktu R-R, penguadratan sinyal .

1. Pendahuluan

Penyakit jantung merupakan sebuah penyakit yang sering terjadi. Di Amerika Serikat, sekitar 40000, atau 1%, bayi yang lahir mengalami kelainan jantung, dengan sekitar 25% dari 40000 bayi tersebut lahir dengan kelainan jantung kritis sehingga membutuhkan operasi atau prosedur khusus dengan segera [1]. Selain pada bayi yang baru lahir, orang dewasa juga bisa menderita kelainan jantung. Tiga faktor utama penyebab kelainan jantung pada orang dewasa adalah tekanan darah tinggi, kolesterol tinggi, serta kebiasaan merokok. Menurut survey yang diadakan pada tahun 2005, sekitar 47% penduduk Amerika Serikat memiliki setidaknya salah satu dari ketiga faktor ini [2].

Untuk melakukan penanganan yang tepat pada penderita kelainan jantung, maka perlu diketahui penyebab dari kelainan yang diderita. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan mengamati sinyal EKG dari penderita kelainan tersebut. Sinyal EKG adalah sinyal yang merepresentasikan aktivitas kelistrikan dari jantung. Pada sinyal EKG, terdapat sinyal-sinyal khusus, yaitu sinyal P, sinyal T, serta kompleks QRS. Dengan menggunakan komponen-komponen sinyal ini, maka kelainan yang diakibatkan oleh tidak normalnya aktivitas kelistrikan jantung dapat dideteksi. Salah satu komponen yang paling banyak dideteksi adalah sinyal R yang digunakan untuk menghitung nilai denyut jantung (detak per menit). Sinyal EKG beserta komponen-komponennya dapat dilihat pada Gambar 1.

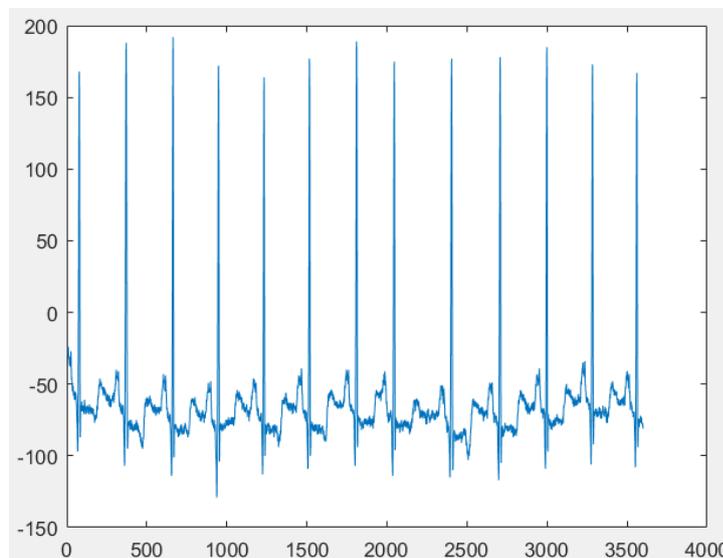
Pada keadaan normal, jumlah denyut jantung manusia dewasa adalah 60-100 detak/menit [3]. Denyut jantung yang bernilai kurang atau lebih dari rentang tersebut dapat menimbulkan masalah pada sirkulasi darah di tubuh yang dikenal sebagai aritmia. Berdasarkan jumlah denyut jantung, aritmia terbagi atas dua yaitu bradikardia (denyut jantung kurang dari 60 detak/menit) dan takikardia (denyut jantung lebih dari 100 detak/menit) [4]. Tujuan yang ingin dicapai adalah mendeteksi dan menentukan aritmia melalui analisis sinyal EKG.



Gambar 1. Sinyal EKG

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mendeteksi aritmia dengan menggunakan sinyal EKG. Pada tahun 2006, Andreao, R.V. dkk., mengembangkan model segmentasi bentuk gelombang menggunakan *Hidden Markov Models* (HMM) untuk mendeteksi denyut jantung [5]. Salah satu cara lain yang dikembangkan pada tahun 2017 oleh Mahalakshmi Ponnusamy dan Sundararajan M. adalah menggunakan beberapa gabungan metoda, seperti *Base Line Correction* (BLC), deteksi *inflection point*, *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) untuk ekstraksi fitur, dan *Support Vector Machine* (SVM) sebagai pengklasifikasi [6]. Pada penelitian yang lain, digunakan kombinasi *Artificial Neural Network* (ANN) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT), disamping itu digunakan tiga buah pengklasifikasi: *Back Propagation Network* (BPN), *Feed Forward Network* (FFN), dan *Multilayered Perceptron* (MLP) [7]. Penggunaan metoda *complex Gaussian wavelet* dan transformasi S juga dapat diterapkan pada analisis sinyal EKG yang dikembangkan oleh Saksham Agarwal, dkk, pada tahun 2016 [8].

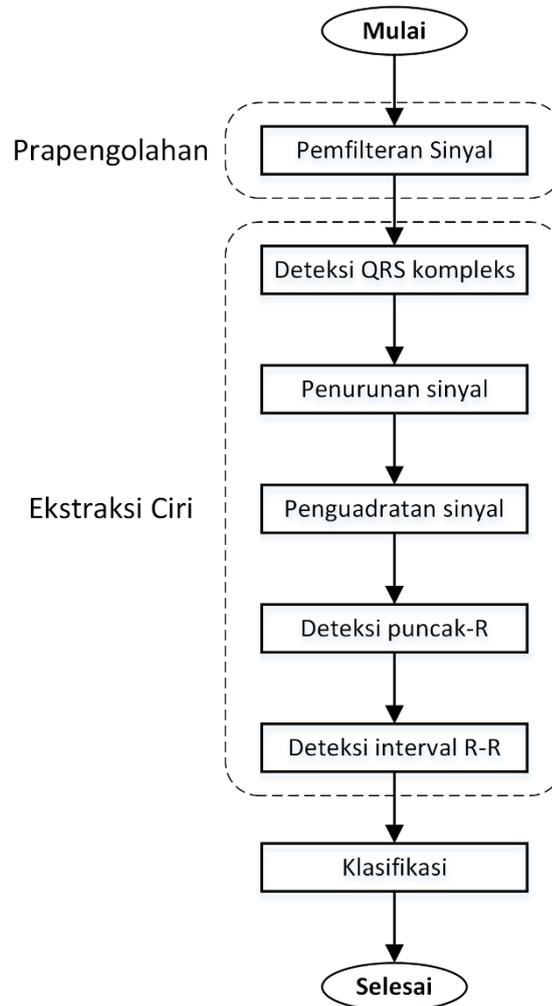
Dari beberapa studi pustaka yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa metoda yang digunakan untuk melakukan analisis dan klasifikasi sinyal EKG memerlukan komputasi yang relatif lebih berat, misalnya saja wavelet, HMM, SVM, dan ANN. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metoda yang lebih sederhana dan memerlukan daya komputasi yang relatif lebih ringan untuk mendeteksi aritmia menggunakan EKG. Hal ini seiring dengan perkembangan teknologi di bidang kesehatan yang telah merambah ke penggunaan rumah tangga (*home-used*) dan *wearable device*. Disamping itu, terdapat tren penggunaan gawai berkomputasi rendah, misalnya: *Arduino*, *Raspberry Pi*, *Beagle Board*, dan *STM32 Blue Pill*.



Gambar 2. Contoh sinyal EKG dari set data MIT-BIH

2. Metoda

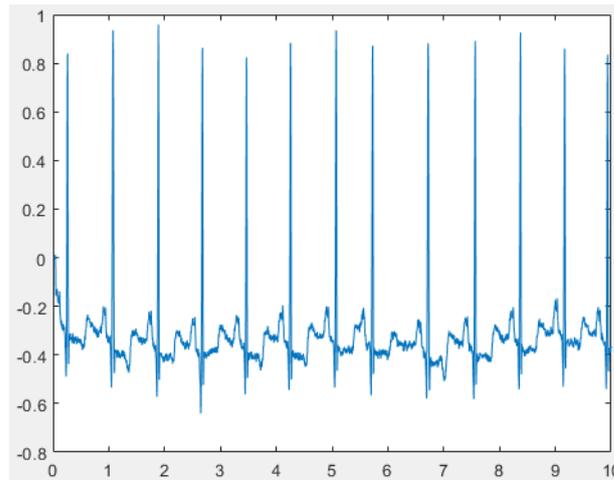
Pada penelitian ini digunakan set data sinyal EKG yang berasal dari MIT-BIH *Arrhythmia Database* [9]. Salah satu contoh sinyal EKG yang digunakan sebagai masukan dapat dilihat pada Gambar 2. Alasan penggunaan basis data ini karena set data yang ada sudah banyak digunakan dan telah menjadi rujukan utama dalam penelitian di bidang ini. Luaran sistem adalah hasil pendeteksian serta klasifikasi sinyal aritmia. Set data yang diambil berjumlah 30 sample yang terdiri atas rekaman sinyal EKG penderita arrhythmia maupun tidak. Durasi dari tiap rekaman adalah 10 detik dengan menggunakan mode *modified limb lead II* (MLII). Diagram blok deteksi dan klasifikasi aritmia menggunakan sinyal EKG dapat dilihat pada Gambar 3. Dapat dilihat bahwa sistem deteksi aritmia pada penelitian ini terdapat dua bagian utama, yaitu: prapengolahan berupa pemfilteran sinyal EKG dan ekstraksi fitur.



Gambar 3. Diagram blok deteksi aritmia menggunakan sinyal EKG

2.1. Prapengolahan: Pemfilteran Sinyal

Pemfilteran sinyal EKG dilakukan untuk menghapus sebagian sinyal yang tidak diperlukan (memisahkan sinyal EKG dengan derau yang ada). Sinyal EKG yang digunakan memiliki rentang frekuensi antara 0,5 - 100 Hz. Disamping itu, pada penelitian ini, salah satu fungsi filter yang lain adalah digunakan untuk menghilangkan *baseline* sehingga sinyal yang tersisa hanya sinyal di sekitar kompleks QRS. Pada penelitian ini, filter yang digunakan adalah berjenis filter lolos rendah yang memiliki frekuensi *cut-off* 100 Hz. Sinyal EKG terfilter dapat dilihat pada Gambar 4.



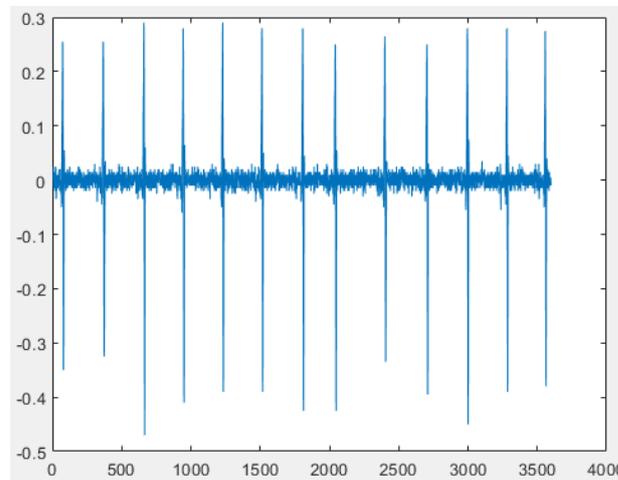
Gambar 4. Sinyal EKG hasil pemfilteran

2.2. Ekstraksi Fitur

Setelah mendapatkan sinyal berisi kompleks QRS, dilakukan deteksi puncak-R yang merupakan nilai amplitudo tertinggi dari sebuah kompleks QRS. Deteksi puncak-R ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Penurunan sinyal (*signal derivation*)

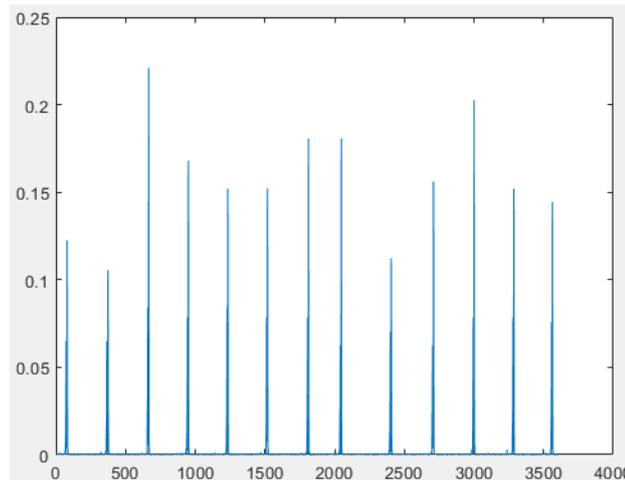
Penurunan sinyal ini dilakukan untuk memperjelas bentuk sinyal kompleks QRS dari sinyal dan untuk mempermudah proses pengolahan sinyal lebih lanjut. Bentuk sinyal hasil penurunan ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sinyal hasil penurunan

2. Penguadratan sinyal (*signal squaring*)

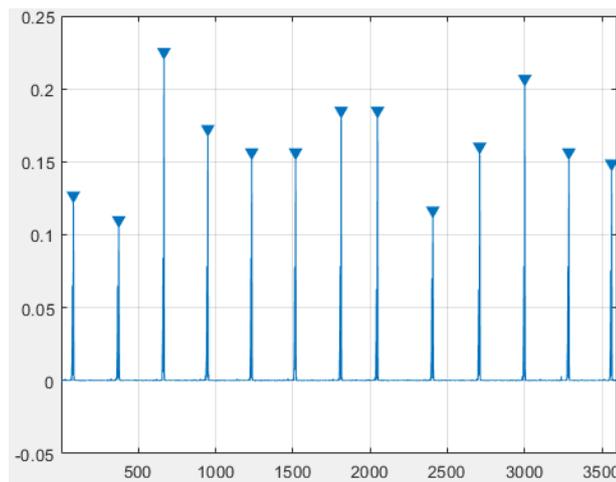
Proses ini dijalankan untuk mengoptimasi deteksi sinyal kompleks QRS yang dilakukan dengan cara mengkuadratkan seluruh sinyal kompleks QRS sehingga puncak-R dapat terlihat lebih jelas dan mengurangi/menghilangkan gelombang Q dan S. Sinyal setelah melewati proses penguadratan dapat dilihat pada Gambar 5. Dapat dilihat bahwa nilai puncak-R lebih jelas.



Gambar 5. Sinyal hasil penguadratan

3. Deteksi puncak-R

Deteksi puncak-R dilakukan dengan cara mengisolasi puncak R dari seluruh sinyal kompleks QRS yang lain. Algoritma yang digunakan adalah dengan mencari batas minimal puncak-R jantung yang dihasilkan, dan nilai batas (*threshold*) ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan puncak-R. Hasil deteksi ini dapat dilihat pada Gambar 6. Pada pendeteksian puncak-R ini, variabel yang disimpan berupa nilai amplituda dan waktu dari setiap puncak-R.



Gambar 6. Hasil deteksi puncak-R

3. Hasil

Dari amplituda dan waktu puncak-R, maka dapat dilakukan penghitungan jarak antar puncak-R, sehingga akan diperoleh nilai interval R-R. Perhitungan ini dilakukan dengan cara mencari selisih antara waktu tiap puncak-R yang sudah dideteksi. Karena interval merupakan selisih dari tiap puncak-R-peak, maka jumlah data interval adalah jumlah data puncak-R dikurangi satu. Karena jumlah puncak-R yang diperoleh berjumlah 13, maka interval yang diperoleh adalah 12. Nilai interval R-R ini yang akan digunakan untuk mendeteksi nilai frekuensi denyut jantung.

Langkah selanjutnya adalah melakukan penghitungan jumlah denyut jantung dengan satuan detak per menit (*beat per minute/bpm*). Perhitungan dilakukan dengan menghitung rata-rata dari nilai beberapa interval R-R (t_{R-R}) yang telah diperoleh, setelah itu digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Denyut jantung} = \frac{60}{t_{R-R}} \text{ bpm} \dots\dots\dots (1)$$

Setelah mendapatkan nilai denyut jantung per menit dari sebuah rekaman sinyal EKG, maka dilakukan penentuan kondisi jantung, normal atau aritmia, dengan membandingkan nilai denyut jantung yang diperoleh dengan denyut jantung normal (60 – 100 bpm). Proses klasifikasi jenis denyut jantung dilakukan dengan cara yang sangat sederhana, yaitu menggunakan batas minimum dan maksimum (*thresholding*). Diklasifikasikan aritmia jika denyut jantung tidak berada dalam rentang normal 60 – 100 bpm. Terdapat dua jenis aritmia, yaitu takikardia, apabila denyut jantung lebih besar 100 bpm dan bradikardia jika denyut jantung kurang dari 60 bpm.

Dari 30 sample sinyal EKG yang diperkirakan mengindap aritmia, diperoleh hasil bahwa 10 sinyal EKG masih dalam rentang yang normal, yaitu pada rentang 60-100 bpm. Dari 20 penderita aritmia, 15 orang mengalami takikardia, yaitu bpm lebih dari 100, serta 5 orang mengalami bradikardia, yaitu bpm kurang dari 60.

4. Kesimpulan

Salah satu kelainan kinerja jantung adalah ketidaknormalan jumlah denyut jantung, hal ini disebut dengan aritmia. Kelainan ini dapat dideteksi dengan mudah dengan cara menghitung jumlah denyut jantung dan kemudian membandingkannya dengan nilai denyut jantung normal. Pada penelitian ini diusulkan suatu pendeteksian aritmia dengan memanfaatkan sinyal EKG yang memiliki algoritma komputasi yang relatif rendah. Hasil yang diharapkan dari pemrosesan sinyal ini adalah mendeteksi penderita aritmia serta jenis aritmia yang dideritanya. Terdapat beberapa proses pengolahan sinyal yang digunakan, yaitu pemfilteran sinyal, deteksi kompleks QRS, penguadratan sinyal, deteksi puncak-R, deteksi interval R-R, perhitungan denyut jantung dalam satuan detak per menit, dan klasifikasi. Dari 30 sample sinyal EKG yang dicurigai mengindap aritmia, didapatkan bahwa 10 dari sinyal tersebut masih dalam rentang yang normal, yaitu pada rentang 60-100 bpm. Dari 20 penderita aritmia, 15 orang mengalami takikardia, yaitu bpm lebih dari 100, serta 5 orang mengalami bradikardia, yaitu bpm kurang dari 60. Diharapkan dengan dikembangkannya deteksi aritmia yang memerlukan komputasi ringan, sistem dapat diimplementasikan ke dalam *wearable device*.

Daftar Pustaka

- [1]. Centers for Disease Control and Prevention, 2017, Heart Disease Facts, <https://www.cdc.gov/heartdisease/facts.htm>, diakses tgl 2 November 2018.
- [2]. Centers for Disease Control and Prevention, 2018, Congenital Heart Defects (CHDs): Data & Statistics, <https://www.cdc.gov/ncbddd/heartdefects/data.html>, diakses tgl 5 November 2018.
- [3]. MemorialCare Heart & Vascular Institute, Abnormal Heart Rhythms (Arrhythmias), <https://www.memorialcare.org/services/glossary/a/abnormal-heart-rhythms-arrhythmias>, diakses tgl 5 November 2018
- [4]. ITACA-CM Translational Research of Cardia Arrhythmias Caused By Channelopathies, Classification of Arrhythmias, <https://www.itaca.edu.es/classification-arrhythmias.htm>, diakses tgl 5 November 2018.
- [5]. Andreao, R.V., Dorizzi, B. and Boudy, J., “ECG signal analysis through hidden Markov models”, in IEEE Transactions on Biomedical engineering, 2006, vol.53, no.8, pp.1541-1549.
- [6]. Mahalakshmi Ponnusamy, Sundararajan M., “Detecting and classifying ECG abnormalities using a multi model methods”, in Biomedical Research 2017, pp.81-89.
- [7]. Hari Mohan Rai, Anurag Trivedi, dan Shailja Shukla, “ECG signal processing for abnormalities detection using multi-resolution wavelet transform and Artificial Neural Network classifier”, in Measurement, 2013, vol.46, no.9, pp.3238-3246.
- [8]. Saksham Agarwal, Vigneshram Krishnamoorthy, dan Sawon Pratiher, “ECG signal analysis using wavelet coherence and s-transform for classification of cardiovascular diseases”, In 2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), pp. 2765-2770, IEEE, September 2016.
- [9]. Goldberger A.L., Amaral L.A.N., Glass L., Hausdorff J.M., Ivanov P.Ch., Mark R.G., Mietus J.E., Moody G.B., Peng C-K., dan Stanley H.E., “PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals”, Circulation, vol.101, no.23, pp.215-220, 2000.