Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi Fibrilasi Atrium (FA) Portabel Rendah-Biaya

Insani Abdi Bangsa¹
Ahsanal Kasasiah²

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang¹²
labdi.bangsa@ft.unsika.ac.id, ahsanal.kasasiah@fkes.unsika.ac.id

ABSTRAK

Perekam EKG konvensional yang terdapat pada rumah sakit dan instansi kesehatan lainnya berharga mahal dan memiliki ukuran yang besar. Hal ini menyebabkan mesin EKG tidak dapat digunakan untuk melakukan monitoring keadaan pasien untuk waktu yang lama, misalnya 12–24 jam. Padahal, beberapa penyakit kardiovaskular seperti fibrilasi atrium (FA) hanya memperlihatkan simtom secara acak dan jarang sehingga sangat kecil kemungkinan penyakit dapat terdeteksi pada saat dilakukan pengecekan EKG di rumah sakit. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem pendeteksi fibrilasi atrium (FA) yang bersifat portabel. Sistem dirancang dan diimplementasikan menggunakan dua mikrokontroler, yaitu Arduino Uno dan Raspberry Pi. Pendeteksian FA dilakukan menggunakan Teager Energy Operator (TEO).

Kata Kunci: *fibrilasi atrium, elektrokardiogram, teager energy operator*

I. PENDAHULUAN

Elektrokardiogram (EKG) merupakan perekaman sinyal elektrik yang dihasilkan oleh jantung. Sebagai metode pemantauan diagnostic untuk penyakit kardiovaskular. Elektrokardiografi digunakan untuk merekam sinyal EKG yang membawa informasi fisiologi spesifik mengenai kondisi jantung pasien. Otot kardiak melalui beberapa aktivasi berturut-turut yang akhirnya menghasilkan EKG normal [1]. Perekam EKG konvensional yang terdapat pada rumah sakit dan instansi kesehatan lainnya berharga mahal dan memiliki ukuran yang besar. Hal ini menyebabkan mesin EKG tidak dapat digunakan untuk melakukan monitoring keadaan pasien untuk waktu yang lama, misalnya 12–24 jam. Padahal, beberapa penyakit kardiovaskular seperti fibrilasi atrium (FA) hanya memperlihatkan simtom secara acak dan jarang sehingga sangat kecil kemungkinan penyakit dapat terdeteksi pada saat dilakukan pengecekan EKG di rumah sakit. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem pendeteksi fibrilasi atrium (FA) yang bersifat portabel. Sistem ini memiliki dua kegunaan: 1) dapat melakukan pengukuran EKG di mana saja, dan 2) dapat mendeteksi terjadinya FA berdasarkan iregularitas interval R-R pada pasien. Selain itu, sistem dibuat sederhana agar rendah biaya.

II. LANDASAN TEORI DAN PENELITIAN TERDAHULU

Elektrofisiologi Jantung dan Elektrokardiogram (EKG)

Aktivitas elektrik jantung dimulai dari sel pacemaker jantung yang bernama nodus sinoatrial (SA). Nodus SA ini berada pada dinding atrium dexter dan umumnya menghasilkan implus/*action potential* (AP) sebanyak 75 kali per menit. Karena memiliki laju depolarisasi yang paling cepat dibandingkan dengan bagian lain pada sistem konduksi jantung, ritme nodus SA, yang disebut ritme sinus, menentukan denyut jantung. Dari nodus SA, gelombang depolarisasi menyebar ke atrium dan kemudian, via jalur internodal, ke nodus atrioventricular (AV) yang berada tepat di atas valvula trikuspidalis. Di sini, depolarisasi tersebut di-*delay* selama 0,1 s agar atrium dapat berkontraksi secara sempurna sebelum ventrikel mulai berkontraksi. Gelombang depolarisasi ini kemudian menyebar ke berkas His yang berada superior dari septum interventrikularis dan kemudian menyebar ke cabang berkas kanan dan kiri dan kemudian ke serabut Purkinje. Pada bagian ini, ventrikel akan berkontraksi [2].

Arus listrik yang dihasilkan dan disebarkan pada jantung dapat dideteksi oleh peranti bernama elektrokardiograf. Sinyal aktivitas jantung yang direkam tersebut disebut elektrokardiogram (EKG). Untuk merekam EKG, digunakan elektroda perekaman (biasanya 12 lead) yang ditempelkan di berbagai tempat pada permukaan tubuh. Setiap lead membawa informasi tentang aktivitas jantung. Berdasarkan gambaran EKG, dokter dapat menginterpretasi kemungkinan-kemungkinan penyakit pada jantung.

Pada gambaran EKG secara umum, setiap jantung berdetak, tiga gelombang yang berbeda dapat terlihat. Ketiga gelombang ini adalah gelombang P, kompleks QRS, dan T. Kadang-kadang, walaupun sangat jarang, terlihat gelombang U yang mengikuti gelombang T. Hubungan antara gelombang-gelombang tersebut dengan aktivitas elektrik diringkas pada Tabel 1. dan diilustrasikan oleh Gambar 1. Setiap gelombang memiliki amplitude yang bermacam-macam dan ditonjolkan secara lebih jelas oleh lead yang berbeda. Contohnya, kompleks QRS dapat terlihat dengan jelas dan titik R bernilai positif pada lead II. Sebaliknya, pada lead aVR, kompleks QRS lebih kecil dan titik R bernilai negatif, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 1. Hubungan antara Elektrofisiologi Jantung dan Gambaran EKG [1]

Gambar 2. Contoh Gambaran EKG 12 Lead [3]

Tabel 1. Aktivitas Elektrik pada Jantung [1]

Lokasi	Aktivitas	Waktu (ms)	Sinyal EKG	Frekuensi Intrinsik (Hz)
Nodus SA	Menghasilkan AP	0		70-80
Atrium, Dexter Sinister	Depolarisasi	5	P	
	Depolarisasi	85	P	
Nodus AV	Kedatangan impuls	50	Interval	

Lokasi	Aktivitas	Waktu (ms)	Sinyal EKG	Frekuensi Intrinsik (Hz)
	Kepergian impuls	125	P-Q	20-40
Berkas His	Teraktivasi	130		
Cabang Berkas	Teraktivasi	145		
Serabut Purkinje	Teraktivasi	150		
Endokardium	Depolarisasi	175	QRS	
Septum				
Ventrikel Sinister				
Epikardium				
Ventrikel Sinister	Depolarisasi	225		
Ventrikel Dexter				
Epikardium	Repolarisasi	400	T	
Ventrikel Sinister				
Ventrikel Dexter				
Endokardium	Repolarisasi	600		
Ventrikel Sinister				

Fibrilasi Atrium (FA)

Fibrilasi atrial (FA) merupakan salah satu penyakit gangguan ritme jantung (aritmia). Berdasarkan data dari Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia [4], FA berkaitan erat dengan berbagai macam penyakit kardiovaskular, di antaranya stroke, gagal jantung, hipertensi, dan jantung koroner. Sebagai contoh, FA dapat meningkatkan tekanan atrium, meningkatkan beban volume jantung, menghasilkan disfungsi katup, dan juga menyebabkan stimulasi neurohormonal kronis yang merupakan penyebab dari gagal jantung. Sebaliknya, penyakit jantung yang struktural juga dapat menyebabkan terjadinya FA dengan cara melakukan *remodeling* pada atrium [4]. Pada jantung dengan FA, atrium tidak berkontraksi secara teratur sehingga darah tidak dialirkan ke luar atrium pada tiap detaknya. Kebanyakan darah akan mengalir ke ventrikel secara pasif, tetapi beberapa akan menempel di dinding darah. Hal ini dapat menyebabkan penggumpalan darah di dinding jantung.

Perubahan hemodinamika jantung pada FA berasal dari nodus SA yang kehilangan kemampuan untuk mendominasi kendali terhadap aktivasi atrium [5]. Berbeda dengan kondisi jantung normal di mana nodus SA menginisiasi aktivasi atrium dengan cara melakukan depolarisasi atrium, pada kasus jantung dengan FA, beberapa titik pada atrium berusaha menghasilkan gelombang impuls masing-masing. Akibatnya, terdapat kontraksi atrium yang tidak terorganisasi yang menghasilkan 500-600 gelombang fibrilasi per menit, sedangkan hanya beberapa impuls yang dapat menghasilkan kontraksi pada ventrikel.

Gejala FA dapat didiagnosis dari gambaran EKG. Menurut (European Heart Rythm Association, dkk [6], terdapat tiga ciri-ciri FA, yaitu:

1. pola interval R-R yang ireguler,
2. tidak terlihatnya gelombang P pada EKG permukaan, dan
3. interval antara dua gelombang aktivasi atrium bervariasi.

Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh [7] pada tahun 2015 melakukan perancangan dan implementasi alat ukur detak jantung menggunakan fitur *Bluetooth*. *Bluetooth* digunakan sebagai transmitter data nirkabel yang menghasilkan efisiensi sistem. Sistem diimplementasikan pada Arduino Uno yang kemudian diintegrasikan dengan penguat instrumentasi AD620 dengan gain 10, filter HPF dengan frekuensi cut-off 0,03 Hz, dan LPF dengan frekuensi cut-off 15,92 Hz. Aktivitas detak jantung melalui implementasi ini dapat ditampilkan secara real-time pada komputer. Namun demikian, belum ada fitur penyimpanan data EKG.

Penelitian mengenai deteksi FA secara otomatis telah dilakukan di [8]. Dasar pendeteksian menggunakan algoritma Teager Energy Operator (TEO) untuk menentukan setiap kompleks QRS. Setelah itu, dilakukan penghitungan jarak antar gelombang R. Jika jarak melebihi waktu yang ditentukan, sistem mendeteksi adanya iregularitas interval R-R, yang menjadi salah satu tanda terjadinya FA.

III. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Sistem pendeteksi FA portabel rendah-biaya dirancang dengan diagram blok seperti diperlihatkan oleh Gambar 3. Mikrokontroler yang adalah Raspberry Pi dan juga Arduino Uno. Digunakan power supply yang mengubah sinyal AC 220 V menjadi sinyal DC 5 V. Dalam pengembangannya, digunakan juga power bank untuk menggantikan suplai daya sehingga sistem lebih portabel. List komponen yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 3.

Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Tabel 3. List Komponen yang Digunakan dalam Implementasi Sistem

Komponen	Jumlah
Sensor EKG ad8232	1
Elektroda	3
Adaptor/power bank	1
Arduino Uno	1
Raspberry Pi	1
LCD	1

Wiring diagram dari sistem diperlihatkan oleh Gambar 4.. Sensor ad8232 memiliki dua buah pin masukan, yaitu Lo+ dan Lo- serta satu buah pin keluaran Out. Pin Lo+ dan Lo- masing-masing disambungkan dengan pin 10 dan 11 pada Arduino Uno, sedangkan pin Out dihubungkan dengan pin A0. Arduino Uno dan Raspberry Pi dihubungkan secara serial menggunakan USB dengan baud rate 9600. Hasil implementasi sistem diperlihatkan oleh Gambar 5.

Gambar 4. Wiring Diagram Sistem

Gambar 5. Hasil Implementasi Sistem

Adapun metode pendeteksian FA dilakukan dengan mendeteksi interval R-R seperti dilakukan di [8]. Algoritma yang digunakan berbasis Teager Energy Operator (TEO) dengan bentuk Persamaan (1).

$$\psi(n) = x^2(n) - x(n+1)x(n-1) \#(1)$$

Diagram alir pendeteksian interval R-R diperlihatkan pada Gambar 6.

Gambar 6. Diagram Alir Algoritma Deteksi FA

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan kepada 10 orang responden. Karena langkanya penyakit FA, kesepuluh responden tidak memiliki riwayat penyakit jantung. Ketiga elektroda ditempatkan di tiga tempat pada dada sesuai dengan segitiga Einthoven yang diperlihatkan oleh Gambar 7.

Gambar 7. Segitiga Einthoven

Percobaan dilakukan pada lead I dan juga lead II, tergantung data yang lebih baik. Contoh dilakukannya pengambilan data pada salah satu responden diperlihatkan oleh Gambar 8. Wajah responden disamarkan atas permintaan yang bersangkutan.

(a)

(b)

Gambar 8. Posisi perekaman EKG untuk (a) Lead I dan (b) Lead II

Hasil pengujian alat, didapatkan bentuk sinyal EKG seperti diperlihatkan oleh Gambar 9.

Gambar 9. Perekaman sinyal EKG untuk Lead (Sadapan) II

Gambar 9. memperlihatkan salah satu bentuk perekaman yang baik untuk sistem ini. Pada percobaan, kualitas sinyal EKG yang terekam sangat dipengaruhi oleh posisi dan juga kualitas elektroda. SNR yang didapatkan cenderung rendah untuk responden yang memiliki bulu dada dan kulit yang kering. Hal ini dikarenakan tingginya impedansi kulit sehingga *white noise* yang dihasilkan pun akan tinggi dibandingkan dengan sinyal EKG yang terekam.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang dan diimplementasi dapat merekam sinyal EKG dengan SNR yang tinggi, meskipun masih bervariasi. Pada penelitian selanjutnya, dapat dilakukan perancangan untuk membuat sistem agar dapat mengimplementasikan algoritma pendeteksi FA secara real time.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Universitas Singaperbangsa Karawang sebagai tempat peneliti melakukan penelitian dan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Malmivuo and R. Plonsey, Bioelectromagnetism, New York: Oxford University Press, 1995.
- [2] E. N. Marieb and K. Hoehn, Human Anatomy & Physiology, 9th ed., Boston: Pearson , 2013.
- [3] Wikiwand, "Electrocardiography," 16 March 2018. [Online]. Available: <https://www.wikiwand.com/en/Electrocardiography>.
- [4] Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia, "Pedoman Tata Laksana Fibrilasi Atrium," 2014.
- [5] J. N. Barnes, "Atrial Fibrillation: The Pharmacist's Survival Guide," 16 March 2018. [Online]. Available: <https://www.tldrpharmacy.com/content/atrial-fibrillation-the-pharmacists-survival-guide>.
- [6] European Heart Rythm Association, et al., "Guidellines for the Management of Atrial Fibrillation: the Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC)," *Eur Heart J.*, pp. 2369-2429, Oct 2010.
- [7] D. Permana, M. S. W. S. and H. Aliah, "Desain dan Implementasi Perancangan Elektrokardiograf (EKG) Berbasis Bluetooth," *ALHAZEN Journal of Physics*, vol. 2, no. 1, pp. 38-46, 2015.
- [8] A. Stefanie and I. A. Bangsa, "Perancangan Sistem Pendeteksi Iregularitas Interval R-R pada Sinyal Elektrokardiogram (EKG) sebagai Indikator Penyakit Kardiovaskular," *Jurnal Electric, Elektronik, Instrumentation, Control, Telecommunication (EEICT)*, vol. 1, no. 2, pp. 1-10, 2018. url:<https://ojs.uniskabjm.ac.id/index.php/eeict/article/viewFile/1875/1526>