

Algoritma Pendeteksi Titik Ekstrim Pada Sinyal ECG Untuk Analisis Awal Gejala Aritmia

¹M. Jasa Afroni, ²Bambang Minto Basuki, ³Nabila Amelia

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Malang

E-mail : jasa.afroni@unisma.ac.id

Abstract - Checking a patient's heart health is often done by recording the heart's electrical signals in the form of an Electrocardiogram (ECG). To identify a heart condition, it is customary to look at several extreme maximum and minimum points on the ECG signal known as PQRST points. The height of the extreme points and the distance (interval) between the points can be used to detect symptoms of heart disease such as arrhythmias. This study uses a Matlab-based maximum and minimum extreme point detection algorithm to detect PQRST points and analyze the position of these points to detect arrhythmia symptoms. Based on the test results using data obtained from Physionet MIT-BIH and cardiac patients at Saiful Anwar Hospital Malang, detection of the PQRST point can be done quickly and accurately using this method. However, this method is only intended to assist medical personnel in reading ECG signal recordings, not to replace the role of medical personnel in carrying out the diagnosis.

Keywords — ECG; PQRST detection; Matlab; extreme point, arrhythmia

Abstrak - Pemeriksaan kesehatan jantung pasien sering dilakukan dengan cara merekam sinyal listrik jantung dalam bentuk Electrocardiogram (ECG). Untuk mengidentifikasi kondisi jantung, biasanya ditinjau beberapa titik ekstrim maksimum dan minimum pada sinyal ECG yang dikenal sebagai titik PQRST. Tinggi rendahnya titik ekstrim tersebut dan jarak (interval) antara titik dapat digunakan untuk mendeteksi gejala penyakit jantung seperti aritmia. Penelitian ini menggunakan algoritma deteksi titik ekstrim maksimum dan minimum berbasis Matlab untuk mendeteksi titik PQRST dan menganalisis posisi titik titik tersebut untuk mendeteksi gejala aritmia. Berdasarkan hasil uji coba menggunakan data yang diperoleh dari Physionet MIT-BIH dan pasien jantung RS Saiful Anwar Malang, deteksi titik PQRST dapat dilakukan dengan cepat dan akurat menggunakan metode ini. Namun demikian, metode ini hanya dimaksudkan untuk membantu tenaga medis dalam membaca rekaman sinyal ECG, bukan untuk menggantikan peran tenaga medis dalam melakukan diagnosa.

Kata Kunci—ECG; deteksi PQRST; Matlab; titik ekstrim, aritmia.

I. PENDAHULUAN

Kesehatan jantung tetap menjadi masalah utama di dunia kesehatan, karena penyakit kardiovaskular masih menjadi penyebab nomor 1 kematian secara internasional. Pada tahun 2016, sekitar 18 juta kematian terjadi karena penyakit ini [1].

Sebagai upaya mengetahui kondisi jantung, kinerja jantung perlu diperiksa dengan memonitor fluktuasi sinyal kelistrikan jantung. Dengan menempatkan beberapa elektroda di permukaan tubuh pasien, sinyal kelistrikan jantung dapat diukur dan direkam untuk memperoleh data yang disebut Electrocardiogram (ECG).

Besarnya jumlah data rekaman ECG yang diperoleh dari pemeriksaan jantung menjadi masalah bagi tenaga medis, karena gejala jantung abnormal seperti aritmia hanya muncul dalam waktu singkat dari seluruh rekaman yang mungkin berlangsung selama 24 jam [2].

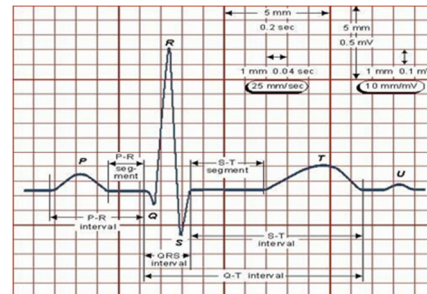
Para peneliti telah mengusulkan beberapa metode untuk mendeteksi gejala jantung abnormal berdasarkan pola sinyal ECG. Sinyal yang fluktuatif tersebut dapat dianalisis berdasarkan fitur spesifiknya, antara lain dari puncak dan lembah sinyal, atau titik ekstrim maksimum dan titik ekstrim minimum yang biasa disebut sebagai titik PQRST [3].

Penelitian yang diusulkan ini memanfaatkan sifat alami dari titik PQRST tersebut sebagai titik ekstrim dalam sebuah kurva yang memiliki kemiringan berubah arah. Dengan menggunakan algoritma detektor kemiringan titik dalam kurva, titik –titik ekstrim tersebut akan dapat diidentifikasi.

II. METODE PENELITIAN

A. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan rekaman digital dari database ECG yang dapat diunduh secara bebas dari Physionet MIT-BIH [4], dan data ECG pasien penderita aritmia dari RS Saiful Anwar Malang [5]. Sinyal ECG merupakan sinyal periodik yang dapat dipelajari secara siklus demi siklus. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan satu siklus sinyal ECG sederhana [6].



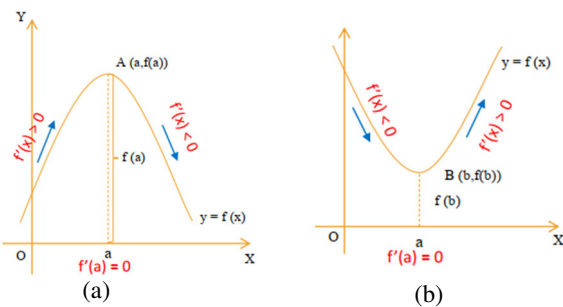
Gambar 1. Satu siklus gelombang ECG

Dari gambar 1 tersebut, dapat dilihat bahwa titik P,R dan T adalah titik – titik ekstrim maksimum, sedangkan titik Q dan S adalah titik – titik ekstrim minimum.

B. Deteksi Titik Ekstrim Maksimum dan Minimum

Identifikasi satu siklus sinyal dapat dilakukan dengan cepat dengan melihat titik – titik tertentu, terutama titik ekstrimnya. Titik PQRST merupakan titik titik ekstrim maksimum dan minimum yang terdapat di dalam sinyal ECG. Dengan menggunakan algoritma pencari titik ekstrim, lokasi titik – titik penting tersebut dapat dikenali untuk setiap siklus sinyal ECG.

Berdasarkan kaidah matematika, setiap titik ekstrim maksimum maupun minimum memiliki gradient (kemiringan) kurva yang bernilai nol. Sebuah titik ekstrim maksimum A diapit oleh titik di sebelah kirinya yang memiliki kemiringan positif dan titik setelahnya dengan kemiringan negatif. Sebuah titik ekstrim minimum B diapit oleh titik dengan kemiringan negatif dan titik dengan kemiringan positif. Kemiringan sebuah kurva $f(x)$ dapat diperoleh dari turunan pertamanya $f'(x)$. Kriteria tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. (a) Titik Ekstrim maksimum, (b) Titik Ekstrim Minimum

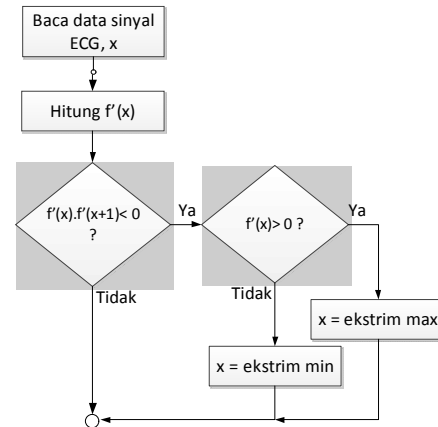
Gambar 2 menunjukkan sifat kemiringan dari titik ekstrim, yang dapat diperoleh dari turunan pertama fungsi, yaitu $f'(x)$. Secara numerik, $f'(x)$ dapat dihitung sesuai dengan persamaan (1):

$$f'(x) = \frac{f(x+1)-f(x)}{(x+1)-(x)} \dots\dots\dots(1)$$

Data rekaman sinyal ECG merupakan data diskrit karena diperoleh dari proses sampling sinyal nyata, sehingga sangat sulit diperoleh titik ekstrim yang memenuhi kriteria $f'(x) = 0$. Untuk mengatasi hal ini, digunakan penyesuaian kriteria sebagai berikut:

- Anggap kemiringan kurva di titik x adalah $f'(x)$.
- Bila $f'(x) > 0$ dan $f'(x+1) < 0$ maka x adalah titik ekstrim maksimum.
- Bila $f'(x) < 0$ dan $f'(x+1) > 0$ maka x adalah titik ekstrim minimum.

Dengan menggunakan kriteria ini, metode deteksi titik ekstrim dapat digambarkan dalam flowchart pada gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Algoritma deteksi titik ekstrim maksimum dan minimum.

Dengan menggunakan flow chart di atas, titik ekstrim maksimum maupun minimum dari sinyal ECG dapat dikenali dengan cepat. Proses lanjutan diperlukan untuk mengenali lebih lanjut titik PQRST dari sekumpulan titik ekstrim tersebut. Algoritma di atas tidak memerlukan proses segmentasi untuk mendeteksi potensi keberadaan titik maksimum atau minimum dalam suatu interval, sebagaimana diusulkan dalam penelitian terdahulu.

Untuk mendeteksi titik R yang merupakan puncak tertinggi dari setiap siklus sinyal ECG, digunakan pencarian titik ekstrim maksimum tertinggi dari kumpulan titik – titik ekstrim maksimum yang sudah terdeteksi. Titik R ini merupakan patokan untuk mendeteksi titik maksimum yang lainnya, yaitu P dan T. Demikian pula untuk mendeteksi titik S yang merupakan titik ekstrim minimum terendah, digunakan pencarian titik ekstrim minimum dari seluruh titik ekstrim minimum yang terdeteksi. Setelah titik S ditemukan, titik ekstrim minimum sebelum S adalah titik Q pada siklus yang sama. Algoritma untuk mendeteksi titik R ditunjukkan pada gambar 4 di bawah ini.

Gambar 4. Algoritma deteksi titik R.

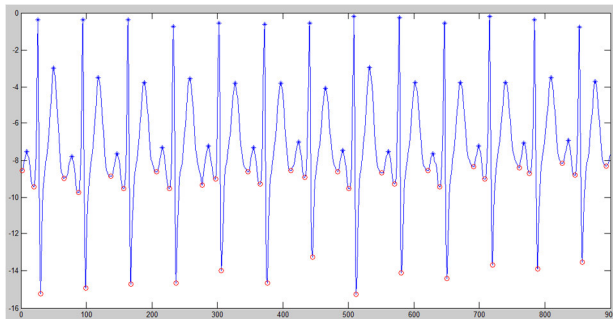
Dengan ditemukannya titik R, maka titik ekstrim maksimum berikutnya akan dikenali sebagai titik T dan P. Titik R yang pertama dapat digunakan sebagai titik awal sinyal ECG dan merupakan patokan untuk mengidentifikasi awal setiap siklus. Dengan menggunakan algoritma yang serupa, dapat dikenali titik ekstrim minimum S dan Q.

C. Identifikasi Jarak Antar Titik Ekstrim (Durasi)

Interval antara titik ekstrim dapat diketahui dengan menghitung jarak titik ekstrim pada sumbu datar. Dengan memanfaatkan informasi periode sampling yang digunakan, maka jarak tersebut dapat dikonversi menjadi interval waktu antara kedua titik ekstrim tersebut [7]. Konsisten tidaknya interval waktu antara titik – titik ekstrim tertentu dapat digunakan sebagai indikator gejala aritmia.

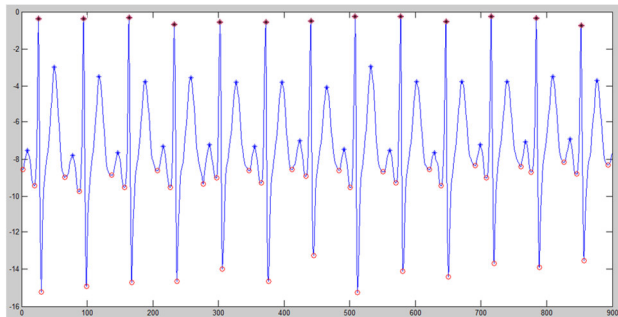
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data awal yang diproses menggunakan metode yang diusulkan ini diperoleh dari Physionet MIT-BIH, yaitu data aritmia 100 Petersburg. Proses awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi seluruh titik ekstrim maksimum dan minimum dari sinyal ECG asli, sebagaimana disebutkan dalam bagian II-B. Hasil pemrosesan ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Sinyal ECG dan titik titik ekstrim yang terdeteksi. Tanda bintang menunjukkan titik ekstrim maksimum. Tanda bulat menunjukkan titik ekstrim minimum.

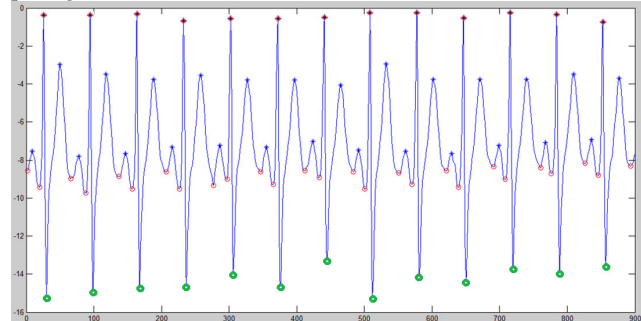
Proses selanjutnya adalah mengidentifikasi titik ekstrim maksimum tertinggi sebagai titik R. Dengan menggunakan algoritma pada gambar 4, akan diperoleh hasil identifikasi seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil deteksi titik R (bintang merah) yang merupakan titik ekstrim tertinggi di antara titik – titik ekstrim maksimum.

Pada gambar 6, titik R sudah dapat dikenali di antara titik – titik ekstrim maksimum yang lain. Untuk memudahkan proses identifikasi, titik R yang pertama dapat dianggap sebagai awal siklus pertama. Dengan berpatokan pada titik R pada tiap siklus, dapat dikenali titik ekstrim maksimum di sebelah R sebagai T dan titik ekstrim maksimum di sebelah T sebagai titik Q.

Dengan menggunakan cara yang serupa, titik S dapat dikenali sebagai titik ekstrim minimum terendah di antara titik – titik ekstrim minimum. Hasil dari proses deteksi ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Hasil deteksi titik S (bulat hijau) yang merupakan titik ekstrim terendah di antara titik – titik ekstrim minimum.

Pada gambar 7, titik S sudah dapat dikenali di antara titik – titik maksimum yang lain. Dengan berpatokan pada titik S pada tiap siklus, dapat dikenali titik ekstrim minimum sebelum S sebagai Q. Setelah semua titik dapat diidentifikasi, nilai amplitude dari tiap titik dapat ditabelkan seperti pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1.
 Hasil Deteksi PQRST dari sinyal ECG

Siklus	P(mV)	Q (mV)	R (mV)	S (mV)	T (mV)
1	-7,530	-9,435	-0,365	-15,220	-2,980
2	-7,795	-9,745	-0,365	-14,920	-3,490
3	-7,640	-9,535	-0,365	-14,710	-3,750
4	-7,330	-9,535	-0,725	-14,660	-3,540
5	-7,230	-9,025	-0,565	-13,990	-3,800
6	-7,330	-9,275	-0,615	-14,660	-3,800
7	-7,020	-8,925	-0,565	-13,280	-4,050
8	-7,480	-9,535	-0,205	-15,270	-2,930
9	-7,530	-9,275	-0,265	-14,100	-3,750
10	-7,640	-9,435	-0,565	-14,400	-3,750
11	-7,230	-9,025	-0,205	-13,690	-3,750
12	-7,070	-8,715	-0,365	-13,890	-3,490
13	-6,920	-8,815	-0,775	-13,530	-3,700

Pada Tabel 1 dapat dilihat amplitude titik ekstrim maksimum tertinggi adalah pada titik R, dengan nilai rata – rata sebesar -0,457 mV, adapun amplitude titik ekstrim minimum terendah adalah pada titik S dengan nilai rata – rata sebesar -14,332 mV.

Selanjutnya, informasi periode sampling sebesar 0.04 s dapat digunakan bersama dengan lokasi titik – titik ekstrim pada sumbu datar untuk dikonversi menjadi waktu munculnya titik titik tersebut. Hasil pemrosesan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.
 Hasil deteksi waktu munculnya PQRST pada sinyal ECG

Siklus	P(ms)	Q (ms)	R (ms)	S (ms)	T (ms)
1	0,24	0,68	0,92	1,08	1,88
2	3,00	3,40	3,68	3,84	4,60
3	5,76	6,16	6,44	6,60	7,40
4	8,52	8,96	9,20	9,36	10,20
5	11,32	11,76	11,96	12,12	12,96
6	14,08	14,48	14,76	14,92	15,76
7	16,84	17,20	17,52	17,68	18,48
8	19,52	19,92	20,20	20,36	21,16
9	22,32	22,68	23,00	23,12	23,96
10	25,04	25,44	25,76	25,88	26,72
11	27,84	28,20	28,52	28,68	29,48
12	30,60	30,92	31,24	31,44	32,24
13	33,20	33,72	34,00	34,16	34,96

Dari Tabel 2 dapat diketahui kapan munculnya titik PQRST pada setiap siklus sinyal ECG. Dengan demikian interval waktu munculnya titik – titik ekstrim (durasi) dapat langsung dihitung untuk mengetahui konsistensi detak jantung pasien, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

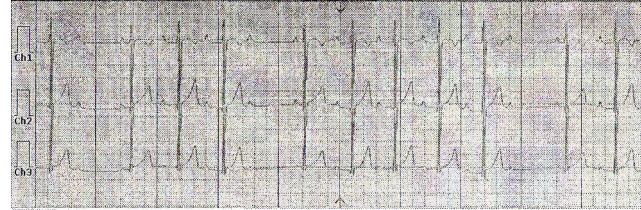
Tabel 3.
 Hasil deteksi interval pada sinyal ECG

Siklus	RR (ms)	PR (ms)	QS (ms)	QT (ms)
1	-	0,68	0,40	1,20
2	2,76	0,68	0,44	1,20
3	2,76	0,68	0,44	1,24
4	2,76	0,68	0,40	1,24
5	2,76	0,64	0,36	1,20
6	2,8	0,68	0,44	1,28
7	2,76	0,68	0,48	1,28
8	2,68	0,68	0,44	1,24
9	2,76	0,68	0,44	1,28
10	2,76	0,72	0,44	1,28
11	2,8	0,68	0,48	1,28
12	2,76	0,64	0,52	1,32
13	2,72	0,68	0,44	1,24

Tabel 3 menunjukkan hasil deteksi interval antara titik – titik ekstrim tertentu yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi konsisten tidaknya detak jantung yang merupakan salah satu indikator gejala aritmia pada pasien. Sinyal ECG pada bagian tersebut menunjukkan aktivitas normal jantung seperti ditunjukkan pada pada gambar 5, di

mana interval antara titik – titik ekstrim nampak cukup konsisten.

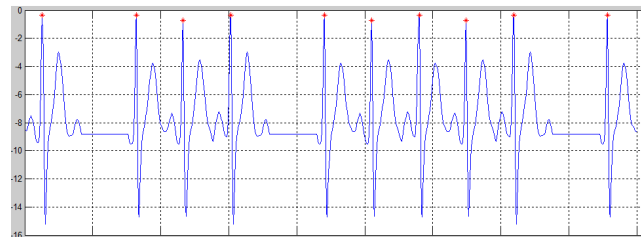
Sebagai pembanding, sebagian rekaman sinyal ECG dari seorang pasien yang telah didiagnosa sebagai penderita aritmia ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Rekaman sinyal ECG dari pasien aritmia [5]

Pada gambar 8, nampak kemunculan titik R yang tidak konsisten pada Channel 2. Bahkan ada saat di mana puncak R tidak muncul, sehingga jarak R-R berubah secara signifikan yang merupakan indikasi dari aritmia jantung. Dengan mengkonversi data di atas menjadi titik – titik koordinat, algoritma deteksi titik ekstrim dapat digunakan untuk mengidentifikasi interval R – R dari sinyal tersebut.

Pada gambar 9 ditunjukkan sinyal ECG diskrit yang merupakan tiruan dari sinyal channel 2 gambar 8. Sinyal ini kemudian diproses menggunakan Matlab untuk memperoleh titik – titik ekstrim tertinggi, yaitu titik R.



Gambar 9. Hasil deteksi titik R (bintang merah) untuk sinyal tiruan dari gambar 8.

Nampak pada gambar 9, titik titik R telah dapat diidentifikasi secara akurat. Interval RR kemudian dapat diperoleh sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4.
 Hasil deteksi interval R-R pada sinyal ECG

Siklus	RR (ms)
1	-
2	5,52
3	2,76
4	2,8
5	5,52
6	2,76
7	2,8
8	2,76
9	2,8
10	5,52
11	2,7

Nampak pada Tabel 4 bahwa titik R tidak muncul secara konsisten yang menyebabkan interval R-R yang tidak stabil. Hasil ini sesuai dengan diagnosa yang diambil bahwa pasien tersebut menunjukkan gejala aritmia.

Dari beberapa percobaan menggunakan metode ini, akurasi deteksi akan berkurang apabila kandungan noise (derau) pada sinyal ECG bertambah. Noise (derau) yang masuk dalam sinyal ECG akan menimbulkan titik – titik ekstrim tidak penting yang menyebabkan hasil pemrosesan tidak akurat. Secara umum, akurasi deteksi mencapai 95% untuk sinyal – sinyal ECG dengan kandungan noise rendah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dari metode yang diusulkan ini, algoritma deteksi titik ekstrim telah dapat mengidentifikasi titik – titik PQRST dengan akurat. Akurasi deteksi mencapai 95% untuk sinyal – sinyal ECG dengan kandungan noise rendah.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mc Namara, K., Alzubaidi, H., & Jackson, J. K. “Cardiovascular disease as a leading cause of death: how are pharmacists getting involved?”. *Integrated pharmacy research & practice*, 8, 1, 2019
- [2] Septadaya, A., Dewi, C., & Rahayudi, B. “Implementasi Extreme Learning Machine dan Fast Independent Component Analysis untuk Klasifikasi Aritmia Berdasarkan Rekaman Elektrokardiogram”. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* e-ISSN, 2548, 964X, 2019
- [3] Setiawidayat, S., Hidayati, R., Sulistiarini, E. B., & Finahari, N. *PENDETEKSI AMPLITUDO ELEKTROKARDIOGRAM DISKRIT MENGGUNAKAN ALGORITMA PQRST*, 2017.
- [4] Moody GB, Mark RG. The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database. *IEEE Eng in Med and Biol* 20(3):45-50 (May-June 2001). (PMID: 11446209)
- [5] Hudzaqi, M. Fayyad (pasien jantung RSSA, Malang), personal interview, 2020
- [6] Guyton, A.C., Hall, J.E., 2006a. *Textbook of Medical Physiology*, 11th ed. Elsevier Saundes, Mississippi.
- [7] Amelia, N., Afroni, M. J., & Basuki, B. M. *STUDI ARITMIA PADA DATA DISKRIT ELECTROCARDIOGRAM (ECG) UNTUK MENENTUKAN SINYAL PQRST DENGAN METODE EKSTRIMA*. *SCIENCE ELECTRO*, 12(2), 2020