

Analisis Sinyal Jantung Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means* (FCM) *Clustering* untuk Deteksi Aritmia

Tasnim Ahya Nadlirah¹, Aripin², Sari Ayu Wulandari³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol No.207, Semarang 50131, Indonesia

e-mail: 513201600007@mhs.dinus.ac.id¹, arifin@dsn.dinus.ac.id²,
sari.wulandari@dsn.dinus.ac.id³

Abstract

Cardiac arrhythmia is one of the classifications of cardiovascular disease that causes the most deaths. A person who has recovered from heart disease will easily be attacked again. So they must get a heart monitoring device such as an ECG (Electrocardiogram). Computer systems with machine learning can be used to help read ECG recordings. However, the obstacle to realizing automatic identification using computer systems is that ECGs produce large amounts of digital data. This happens because an electrocardiogram records the electrical activity of the heart in millivolts (mV) every few seconds. One algorithm that can be used is Fuzzy C-Means clustering (FCM). Therefore, we conducted a study to detect arrhythmia using Fuzzy C-Means (FCM) clustering algorithm. The data for our study was obtained from the AD8232 3-lead ECG sensor for normal samples and from the Massachusetts Institute of Technology-Beth Israel Hospital (MIT-BIH) database for the entangled sample wallet. The 3D FCM test results showed an average accuracy of 65% using 200 data points per test.

Keywords: Fuzzy C-Means, Fuzzy Clustering, Electrocardiogram, Heart Disease, Arrhythmia.

Abstrak

Aritmia jantung adalah salah satu klasifikasi penyakit kardiovaskuler yang menjadi penyebab kematian terbanyak. Seseorang yang telah sembuh dari sakit jantung akan mudah untuk terserang kembali. Sehingga mereka harus mendapatkan alat pemantauan jantung seperti EKG (Elektrokardiogram). Sistem komputer dengan machine learning dapat digunakan untuk membantu membaca hasil rekaman EKG. Namun, kendala untuk mewujudkan identifikasi otomatis menggunakan Sistem komputer merupakan sebuah peranti elektronik yang menghasilkan sejumlah besar data digital melalui pemanfaatan EKG. Ini terjadi karena elektrokardiogram merekam aktivitas listrik jantung dalam satuan milivolt (mV) setiap beberapa detik. Salah satu algoritma yang dapat digunakan adalah Fuzzy C-Means clustering (FCM). Oleh karena itu, kami melakukan penelitian untuk mendeteksi aritmia menggunakan algoritma pengelompokan Fuzzy C-Means (FCM). Informasi yang kami gunakan dalam penelitian ini berasal dari sensor ECG 3-lead AD8232 untuk sampel yang normal dan dari database Massachusetts Institute of Technology-Beth Israel Hospital (MIT-BIH) untuk sampel yang terjerang di kantong. Hasil pengujian FCM 3D menunjukkan akurasi rata-rata 65% dengan menggunakan 200 titik data per pengujian.

Kata kunci: Fuzzy C-Means, Fuzzy Clustering, Elektrokardiogram, Penyakit Jantung, Aritmia.

1. Pendahuluan

Penyakit kardiovaskuler merupakan penyebab utama kematian di dunia dengan angka 39% menurut *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2011[1]. Gangguan irama jantung (aritmia) merupakan salah satu klasifikasi penyakit kardiovaskuler yang menjadi penyebab

banyak kematian. Seseorang yang sembuh dari sakit jantung akan mudah untuk terserang kembali dengan tidak mengenal waktu. Seharusnya mereka mendapatkan alat monitoring pada kehidupan sehari-hari seperti EKG (Elektrokardiogram).

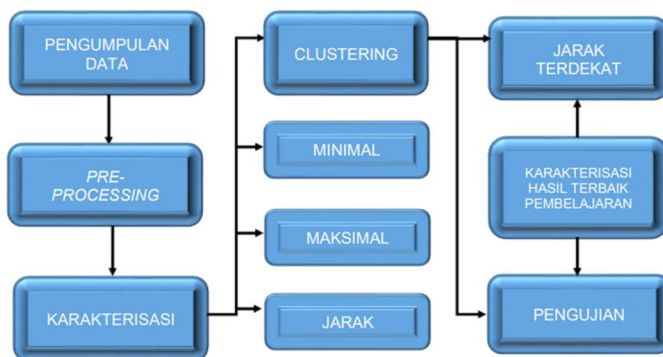
Elektrokardiogram merupakan hasil perekaman aktivitas jantung dengan cara melekatkan elektroda pada kulit guna mendeteksi aliran listrik yang dihasilkan oleh organ jantung. Kita bisa menggunakan bantuan sistem komputer dengan *machine learning* untuk membantu membaca rekaman elektrokardiogram. Namun, tantangan dalam mencapai identifikasi otomatis menggunakan sistem komputer adalah bahwa EKG menghasilkan sejumlah besar data digital [2]. Meskipun demikian, elektrokardiogram merupakan catatan kegiatan jantung dalam skala milivolt (mV) yang tercatat tiap interval detik. Sebagai contoh, terdapat basis data MIT-BIH Arrhythmia dari *Institut Teknologi Massachusetts-Beth Israel*, yang merekam detak jantung selama 6 detik dan menghasilkan 2160 poin data. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sebuah algoritma yang bisa digunakan adalah Algoritma Pengelompokan *Fuzzy C-Means* (FCM) [2]. Oleh karena itu, kami melakukan penelitian untuk mengklasifikasikan sinyal jantung menjadi *cluster* normal dan *cluster arrhythmic* menggunakan algoritma *clustering Fuzzy C-Means* (FCM). Data studi untuk sampel normal diekstraksi dari catatan Sensor Genggam EKG Tri-Headed AD8232 dan sampel aritmia diekstraksi dari Database Aritmia MIT-BIH.

FCM adalah algoritma berulang yang solusinya dapat dicapai dengan memperbarui pusat kluster dan nilai keanggotaan secara berulang [3]. Dalam FCM, sampel data ditetapkan dengan nilai keanggotaan berdasarkan kemiripan dengan pusat cluster. Dengan menggunakan metode ini kami dapat melakukan clustering lebih dari banyaknya data jantung dengan cara bersamaan. Berkaitan dengan masalah tersebut telah ada beberapa penelitian yang dilakukan. Salah satunya telah dapat mengklasifikasi aritmia EKG menggunakan *Robust Spatial Kernel FCM* [4]. Dan ada juga penelitian menggunakan *Adptive Threshold* dan *Principal Component Analysis* untuk klasifikasi beberapa jenis aritmia [5]. Penelitian yang menghasilkan klasifikasi aritmia jantung dengan *Best Deep Learning Neural Network Model* dilakukan oleh [6]. Kemudian juga ada penelitian tentang menganalisis sinyal EKG untuk mendiagnosis aritmia jantung dengan *Cluster Analysis (CA) Method* [7].

Berdasarkan penelitian di atas, klasifikasi sinyal jantung menjadi normal dan aritmia masih jarang dilakukan menggunakan *FCM Clustering*. Sehingga kontribusi kami dalam paper ini adalah mengembangkan agen cerdas untuk menganalisis sinyal jantung dengan memanfaatkan algoritma *FCM Clustering* untuk deteksi aritmia pada hasil rekam EKG. Dengan metode ini kami dapat melakukan clustering lebih dari banyaknya data jantung dengan cara bersamaan.

2. Metode Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam studi ini terdiri dari langkah-langkah yang tergambar pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Tahap Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dikumpulkan data jantung normal dan aritmia dengan jumlah 200 data per pengujian. Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali pada sampel normal dan aritmia. Bentuk data awal pada penelitian ini berupa gelombang dan angka. Data jantung normal diperoleh dari perekaman sensor AD8232 EKG 3 Leads pada sampel tanpa riwayat jantung sebelumnya. Data

aritmia dikumpulkan dari MIT-BIH, sebuah institut teknologi di Massachusetts yang bekerja sama dengan Beth Israel.

2.2. Pre-Processing Data

Pada titik ini selesai pre-processing sinyal jantung pada set data yang berguna dalam penentuan karakterisasi yang akan diolah pada penelitian ini. Tahap pre-processing dilakukan untuk mengubah semua atribut data menjadi bentuk numerik sehingga dapat digunakan untuk proses pengelompokan. Jika data yang tersedia dalam bentuk gelombang biasanya terdapat noise seperti dalam kasus sinyal EKG. Noise yang ada merupakan noise dengan frekuensi tinggi pada suatu proses filter. Untuk mendapatkan frekuensi rendah dari sinyal dilakukan dengan menggunakan *Filter Moving Arrange*. Filter Moving Arrange merupakan salah satu filter lolos rendah (*LPF- Low Pass Filter*) yang biasanya digunakan pada isyarat medis. Nilai-nilai dari beberapa atribut dapat bervariasi dalam rentang yang berbeda dan untuk mengurangi efek dari atribut tersebut semua nilai atribut dinormalisasi untuk berada dalam rentang yang sama, seperti (0, 1).

2.3. Karakterisasi

Pada tahap ini dilakukan pengambilan karakter yang akan digunakan dalam proses pengenalan pola menggunakan *FCM Clustering*. Nilai yang diambil adalah nilai minimal, nilai maksimal, dan nilai jarak pada sinyal jantung QRS. Nilai minimal, maksimal, dan jarak dari data sampel normal atau aritmia akan dicari nilai varians dan standar deviasi seperti pada persamaan (1) dan (2) untuk bisa diolah ditahap selanjutnya yaitu clustering.

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - x)^2}{n-1} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{S^2} \quad (2)$$

Dimana S^2 adalah varian, x_i adalah nilai x ke- i , s adalah standar deviasi, x adalah rata-rata dan n adalah ukuran sampel.

2.4. Clustering

- a. *Clustering*: Berdasarkan terminologi machine learning yang dimaksud clustering adalah bentuk tugas yang tidak diawasi (*unsupervised*) yang menghitung kesamaan antara objek tanpa memiliki informasi apapun tentang distribusi yang benar (kebenaran dasar)[8]. Terdapat dua tahapan dalam menganalisis kluster, yaitu: 1) Tentukan apakah jumlah cluster akan ditentukan dan 2) Tentukan algoritma yang akan digunakan dalam clustering.
- b. *Fuzzy Clustering*: Salah satu jenis algoritma untuk menganalisis cluster adalah alokasi titik data ke cluster [9]. Proses ini melibatkan pemisahan elemen data ke dalam kategori-kategori, dengan tujuan agar elemen-elemen dalam kategori yang sama menjadi serupa sedangkan elemen-elemen dalam kategori yang berbeda menjadi lebih berbeda. Ukuran kesamaan yang berbeda dapat digunakan untuk menetapkan item ke kelas tergantung pada sifat data dan tujuan penggunaan grup. Langkah yang sama mengontrol pembentukan cluster. Beberapa contoh metrik yang digunakan dalam pengelompokan adalah jarak, konektivitas, dan intensitas. Pengelompokan fuzzy adalah proses menetapkan tingkat keanggotaan dan menggunakannya untuk menetapkan item data ke satu atau lebih kelompok. Salah satu algoritma clustering yang telah dikembangkan dan dipelajari adalah *Fuzzy C-Means (FCM)* [10].

2.5. Pengenalan Pola

Dalam tahap ini, metode *Fuzzy C-Means (FCM) Clustering* digunakan untuk mengenali pola. Algoritma ini dipakai untuk mengklasifikasikan informasi berdasarkan derajat keanggotaan setiap titik data. Algoritma *FCM clustering* terdiri dari beberapa tahap:

- a. Masukkan data yang akan dikelompokkan, berupa matriks berukuran $n \times p$ (n = jumlah sampel data, p = atribut tiap data). Setiap elemen matriks X adalah X_{ij} , mewakili sampel data ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$) untuk atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, p$).
- b. Menentukan jumlah cluster (c), rank bobot (m), jumlah maksimum iterasi ($MaxIter$), nilai error minimum (ϵ), nilai awal fungsi tujuan ($P_0 = 0$) dan jumlah awal iterasi ($t = 1$).
- c. Menghasilkan bilangan acak (μ_{ik} , $i=1, 2, 3, \dots, c$; $k=1, 2, \dots, n$) sebagai elemen matriks partisi awal (U).

- d. Hitung pusat cluster seperti yang didefinisikan dalam persamaan (3).
- e. Hitung nilai fungsi tujuan pada iterasi t, menggunakan persamaan (4).
- f. Hitung perubahan matriks partisi seperti dalam persamaan (5).
- g. Periksa kondisi berhenti dengan ketentuan: jika $(|P_t - P_{t-1}| < \epsilon)$ atau $(t > \text{MaxIter})$, maka hentikan proses. Jika tidak, tingkatkan nilai t sebesar 1 dan ulangi langkah 4.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w \cdot x_{ij})}{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w)} \tag{3}$$

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \sum_{j=1}^m ([(X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu_{ik})^w) \tag{4}$$

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}} \tag{5}$$

Tujuan dari algoritma ini adalah untuk mengurangi nilai dari fungsi objektif sehingga menjadi seminimal mungkin. Dalam C-Means, fitur-fitur ditentukan menggunakan rumus $\|x_{ji} - c_j\|^2$, di mana ini mencerminkan jarak antara titik data p pada x_{ji} dan pusat cluster c_j . Indeks jarak n juga menentukan sejauh apa titik data berada dari pusat setiap cluster [11].

2.6. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan cara menghitung jarak terdekat dari setiap kluster seperti pada persamaan (6).

Jarak kluster =

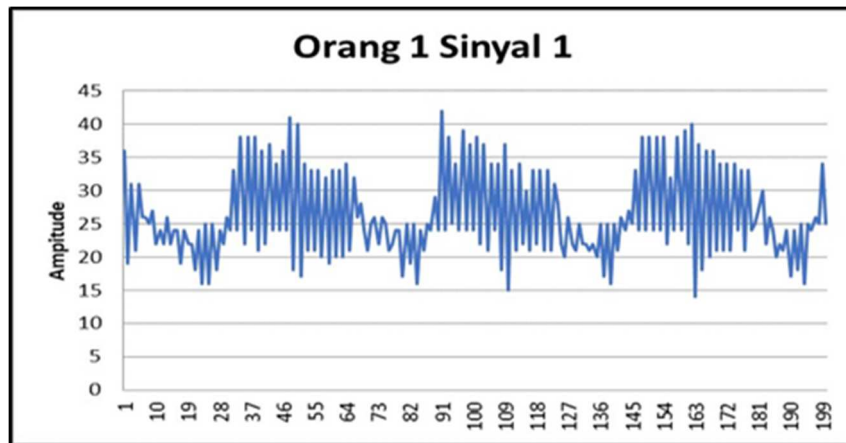
$$\sqrt{(\text{hasil titik kluster } x)^2 + (\text{hasil } y - \text{titik kluster } y)^2 + (\text{hasil } z - \text{titik kluster } z)^2} \tag{6}$$

Dimana x, y, dan z adalah parameter dalam proses klusterisasi yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini x adalah nilai minimal, y adalah nilai maksimal, dan z adalah nilai jarak dari sinyal jantung QRS. Setelah jarak terhitung maka akan dideteksi hasil pengenalan pola sinyal jantung dengan ketentuan jika nilai nya lebih dari nol maka aritmia dan jika nilai kurang dari nol maka normal. Kemudian mengecek tingkat akurasi dari sistem pengolahan sinyal jantung seperti pada persamaan (7).

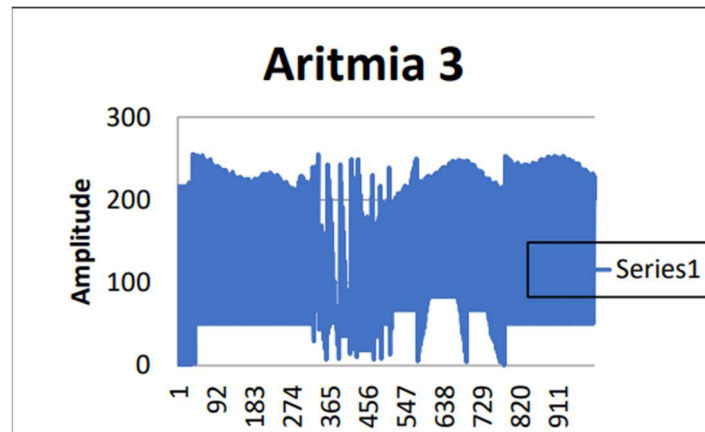
$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah Benar}}{\text{Jumlah Keseluruhan}} \times 100\% \tag{7}$$

3. Hasil dan Analisis

Pada tahap ini akan ditunjukkan hasil dari data awal, pre- processing, karakterisasi, dan hasil pengenalan pola menggunakan FCM Clustering 3D.

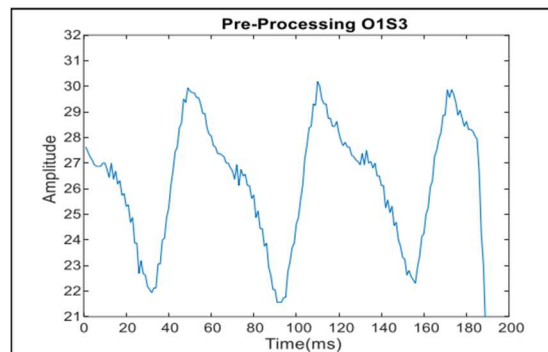
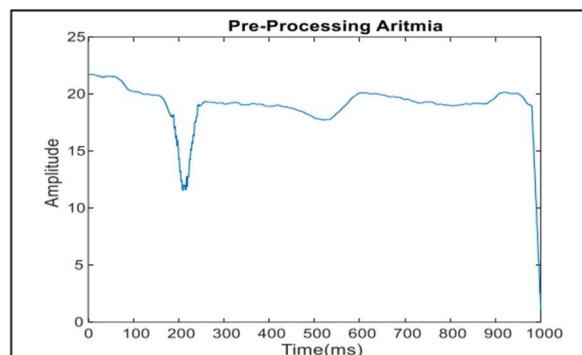


Gambar 2. Hasil Sampel Sinyal Normal



Gambar 3. Hasil Sampel Sinyal Aritmia

Dari sampel Gambar 2 dan Gambar 3 kita dapat mengetahui hasil data awal pada sinyal jantung normal masih memiliki unsur utama dari sinyal jantung p,q,r dan s. Namun, sinyal tersebut masih tertutup oleh noise frekuensi tinggi. Sedangkan sampel aritmia sudah tidak terlihat unsur utama dari sinyal jantung p,q,r, atau s lagi karena sangat acak dan tertutupi banyak *noise*. Sehingga sebuah filter lolos rendah dibutuhkan untuk menghilangkan *noise* frekuensi tersebut. Sehingga tahap selanjutnya adalah normalisasi seperti Gambar 4 dan 5.

Gambar 4. Hasil *Pre-processing* Sinyal NormalGambar 5. Hasil *Pre-processing* Sinyal Aritmia

Pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan hasil tahap *preprocessing* yang memisahkan antara sinyal asli dengan *noise* atau yang disebut dengan filter. Noise yang ada merupakan noise dengan frekuensi tinggi pada proses filter. Dalam penelitian ini menggunakan *Filter Moving Arrange* untuk mendapatkan frekuensi rendah dari sinyal. *Filter Moving Arrange* merupakan salah satu filter lolos rendah (*LPF-Low Pass Filter*) yang biasanya digunakan pada isyarat medis. Setelah data jantung di *pre-processing* maka diambil karakter dari sinyal jantung QRS yang hasilnya seperti pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Tabel Standar Deviasi Karakterisasi Normal

No.	Minimal	Maksimal	Jarak
1	2,58877	2,460782	15,10661
2	2,456485	1,292154	14,6671
3	1,450318	1,49886	15,41353
4	2,516637	1,214067	14,59452
5	2,246442	1,783148	15,58496
6	2,451217	1,370121	17,24582
7	3,019727	1,812397	15,47784
8	3,471255	1,714999	14,4694
9	3,334635	2,031788	16,94376
10	3,263115	1,387122	18,88289
11	0,669821	0,55281	12,28743
12	0,92819	0,549779	14,47658
13	1,06066	0,568258	17,57478
14	1,129447	0,912871	15,14896
15	1,305437	1,191175	16,60285
16	0,945108	1,460148	29,28452
17	0,621605	1,820564	30,31364
18	0,850857	0,955385	35,35534
19	0,40665	0,386541	28,80972
20	0,970261	0,847791	31,5119
21	1,523578	2,618817	27,5826
22	1,327003	2,752745	20,48658
23	1,286144	3,015985	15,20526
24	1,25934	3,583652	18,78297
25	7,385661	2,821244	16,48636
26	1,49112	2,595293	16,49242
27	1,94183	2,06937	25,70019
28	1,939515	1,174268	20,06988
29	1,799197	3,138886	27,42262
30	2,34801	3,209019	15,55635

Tabel 2. Tabel Standar Deviasi Karakterisasi Aritmia

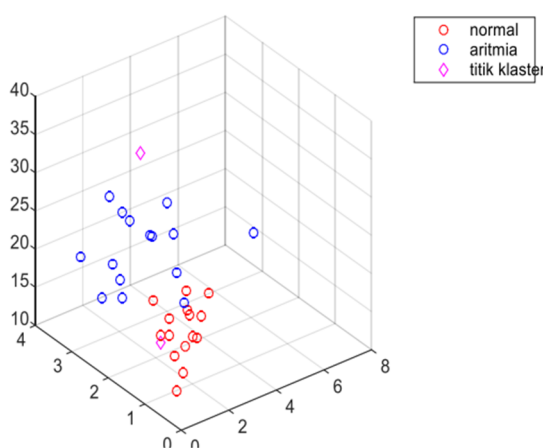
No.	Minimal	Maksimal	Jarak
1	2,58877	2,460782	15,10661
2	2,456485	1,292154	14,6671
3	1,450318	1,49886	15,41353
4	2,516637	1,214067	14,59452
5	2,246442	1,783148	15,58496
6	2,451217	1,370121	17,24582
7	3,019727	1,812397	15,47784
8	3,471255	1,714999	14,4694
9	3,334635	2,031788	16,94376
10	3,263115	1,387122	18,88289
11	0,669821	0,55281	12,28743
12	0,92819	0,549779	14,47658
13	1,06066	0,568258	17,57478
14	1,129447	0,912871	15,14896
15	1,305437	1,191175	16,60285
16	0,945108	1,460148	29,28452
17	0,621605	1,820564	30,31364
18	0,850857	0,955385	35,35534
19	0,40665	0,386541	28,80972
20	0,970261	0,847791	31,5119
21	1,523578	2,618817	27,5826
22	1,327003	2,752745	20,48658
23	1,286144	3,015985	15,20526
24	1,25934	3,583652	18,78297
25	7,385661	2,821244	16,48636
26	1,49112	2,595293	16,49242
27	1,94183	2,06937	25,70019
28	1,939515	1,174268	20,06988
29	1,799197	3,138886	27,42262
30	2,34801	3,209019	15,55635

Pengambilan nilai minimal, maksimal, dan jarak sinyal jantung QRS masing-masing berjumlah 30 data dalam 10 kali pengujian sebelumnya. Kemudian, nilai-nilai yang ditemukan tersebut diuji untuk melihat sejauh mana data tersebar yang informasinya dapat dilihat pada tabel 1 dan 2. Hasil persebaran data digunakan untuk mencari titik pusat *cluster* data jantung normal dan aritmia seperti pada tabel 3.

Tabel 3. tabel Hasil Titik Pusat Klaster

Klaster	X	Y	Z
Normal	2,117971530675	1,9574654001878	11,9470504911
Aritmia	1,58073691599	2,137947905258	36,9271469067

Algoritma FCM pertama kali diperkenalkan oleh Dunn dan formulasi algoritma terkait diperluas oleh Bezdek [12]. Pendekatan FCM meminimalkan fungsi tujuan dalam pengertian kesalahan kuadrat terkecil. Idea dasar dari FCM pertama kali adalah mengidentifikasi pusat klaster untuk menunjukkan titik tengah setiap klaster. Didapatkan titik tengah klaster minimal, maksimal, dan jarak dari sampel normal dan aritmia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dari titik tengah klaster tersebut akan digunakan untuk hasil pengenalan pola sinyal jantung menggunakan FCM 3D seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengenalan pola sinyal jantung FCM 3D

Pada Gambar 6 kita dapat mengetahui jika sumbu x adalah nilai minimal, sumbu y adalah maksimal dan sumbu z adalah nilai jarak. Terdapat titik tengah klaster dari setiap nilai minimal, maksimal dan jarak sehingga klaster normal dan aritmia dapat dikenali melalui grafik 3D tersebut. Tahap selanjutnya adalah pengujian dari sistem akuisi data ADC dan metode FCM 3D dengan menentukan jarak terdekat dari setiap klaster.

Tabel 4. Tabel Hasil Pengenalan Pola FCM 3D

No.	Klaster	Jarak Klaster 1	Jarak Klaster 2	Dideteksi
1	Normal	0,003363265	0,005175078	normal
2	Normal	0,003647319	0,00593502	normal
3	Normal	0,003956478	0,003168672	aritmia
4	Normal	0,00412127	0,006411406	normal
5	Normal	0,001059524	0,003677511	normal
6	Normal	0,003299694	0,005658423	normal
7	Normal	0,004460196	0,007202233	normal
8	Normal	0,00671358	0,009457617	normal
9	Normal	0,005951711	0,008580602	normal
10	Normal	0,006247891	0,008990899	normal
11	Normal	0,009852753	0,008911966	aritmia

Lanjutan Tabel 4. Tabel Hasil Pengenalan Pola FCM 3D

12	Normal	0,009001698	0,008368151	aritmia
13	Normal	0,008526482	0,008058324	aritmia
14	Normal	0,007024252	0,006358984	aritmia
15	Normal	0,005455282	0,004798359	aritmia
16	Normal	0,006221417	0,004524098	aritmia
17	Normal	0,007337175	0,004926127	aritmia
18	Normal	0,007889644	0,006770756	aritmia
19	Normal	0,011344631	0,010281094	aritmia
20	Normal	0,007796921	0,006953836	aritmia
21	Normal	0,004339813	0,002380312	aritmia
22	Normal	0,00547488	0,00326173	aritmia
23	Normal	0,006571378	0,004536846	aritmia
24	Normal	0,008976857	0,007246763	aritmia
25	Normal	0,026064274	0,028543856	normal
26	Normal	0,004364745	0,002291059	aritmia
27	Normal	0,001017483	0,00179363	normal
28	Normal	0,003924807	0,005006561	normal
29	Normal	0,00597237	0,005018613	aritmia
30	Normal	0,001017483	0,00179363	normal
31	Normal	0,006210862	0,006447524	normal
32	Aritmia	0,018627442	0,016683164	aritmia
33	Aritmia	0,007217402	0,007166198	aritmia
34	Aritmia	0,001499857	0,004184014	normal
35	Aritmia	0,005445096	0,006721367	normal
36	Aritmia	0,00286668	0,001251558	aritmia
37	Aritmia	0,008553615	0,009569674	normal
38	Aritmia	0,011231521	0,009329777	aritmia
39	Aritmia	0,010604575	0,008357339	aritmia
40	Aritmia	0,009494219	0,011064107	normal
41	Aritmia	0,003182371	0,001402125	aritmia
42	Aritmia	0,013047738	0,015030628	normal
43	Aritmia	0,012570438	0,009954179	aritmia
44	Aritmia	0,004445298	0,004257336	aritmia
45	Aritmia	0,00941467	0,010469913	normal
46	Aritmia	0,002946497	0,002850379	aritmia
47	Aritmia	0,007052396	0,009815485	normal

Lanjutan Tabel 4. Tabel Hasil Pengenalan Pola FCM 3D

48	Aritmia	0,011477011	0,008771421	aritmia
49	Aritmia	0,009705465	0,007764956	aritmia
50	Aritmia	0,006858962	0,008969032	normal
51	Aritmia	0,001343526	0,002842687	normal
52	Aritmia	0,006467578	0,007339821	normal
53	Aritmia	0,001269841	0,00177076	normal
54	Aritmia	0,00248353	0,002251709	aritmia
55	Aritmia	0,013794478	0,012624355	aritmia
56	Aritmia	0,012202372	0,012948036	normal
57	Aritmia	0,016102149	0,018857352	normal
58	Aritmia	0,016536269	0,016277982	aritmia
59	Aritmia	0,013303468	0,012031513	aritmia
60	Aritmia	0,005475704	0,005786433	normal

Dari perhitungan jarak terdekat tiap kluster akan didapatkan hasil deteksi berupa normal atau aritmia menggunakan FCM 3D seperti pada tabel 4. Jarak yang dicari adalah jarak minimum dari jarak kluster 1 dan jarak kluster 2. Jika jarak kluster 1 lebih dekat maka dideteksi sebagai jantung normal dan jika jarak kluster 2 lebih dekat maka dideteksi sebagai aritmia jantung.

Pengujian pada pengenalan pola jantung EKG ini dilakukan dengan menghitung hasil pengenalan dari EKG normal dan aritmia. Hasil yang diperoleh dari 30 kali pengujian adalah terdapat dua kali kesalahan deteksi untuk sampel normal. Sedangkan hasil yang diperoleh untuk sampel aritmia adalah dari 30 kali pengukuran terdapat 19 kali kesalahan deteksi. Sehingga jumlah deteksi yang benar dari keseluruhan sistem adalah 39 dari 60 data. Diperoleh nilai akurasi dari sistem yang diperlihatkan pada persamaan (8).

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{Jumlah Benar}}{\text{Jumlah Keseluruhan}} \times 100\% & (8) \\
 &= \frac{39}{60} \times 100\% \\
 &= 65\%
 \end{aligned}$$

Jadi pengujian hasil pengenalan pola sinyal jantung menggunakan *FCM Clustering 3D* memiliki akurasi sebesar 65%.

4. Kesimpulan

Proses pengolahan sinyal jantung dengan metode *Fuzzy C- Means (FCM) Clustering* yaitu melalui pengolahan data awal sinyal normal dan aritmia, pre-processing menggunakan *Filter Moving Arrange*, karakterisasi yang digunakan adalah nilai minimal, maksimal dan jarak dari peak to peak sinyal QRS serta pengenalan pola dengan dua kluster yaitu normal dan aritmia. Pada penelitian ini dilakukan percobaan pengenalan pola dengan menggunakan FCM 3D. Hasil akurasi yang diperoleh pada sistem akuisisi data menggunakan data ADC dan metode FCM 3D yaitu sebesar 65%.

Dalam pengembangan penelitian berikutnya diharapkan dapat menambahkan metode lain yang bisa memiliki akurasi lebih tinggi sehingga dapat memberikan informasi lebih detail nama penyakit jantung yang diderita. Kami ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada Teknik Biomedis UDINUS yang telah memberikan pengetahuan dasar, membimbing dalam metode analisis, dan memberikan motivasi untuk terus melanjutkan penelitian. Rasa terima kasih pastinya diungkapkan kepada Tim JNTETI yang telah menyediakan waktu untuk menyiapkan templat ini.

Referensi

- [1] World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2014. World Health Organization; 2014.
- [2] Cahya RA, Dewi C, Rahayudi B. Klasifikasi Aritmia Dari Hasil Elektrokardiogram Menggunakan Support Vector Machine Dengan Seleksi Fitur Menggunakan Algoritma Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2018;2(3):1170-8.
- [3] Choudhry MS, Kapoor R. Performance analysis of fuzzy C-means clustering methods for MRI image segmentation. *Procedia Computer Science*. 2016 Jan 1;89:749-58.
- [4] Roopa CK, Harish BS, Kumar SA. A novel method of clustering ECG arrhythmia data using robust spatial kernel fuzzy c-means. *Procedia computer science*. 2018 Jan 1;143:133-40.
- [5] Rodríguez R, Mexicano A, Bila J, Cervantes S, Ponce R. Feature extraction of electrocardiogram signals by applying adaptive threshold and principal component analysis. *Journal of applied research and technology*. 2015;13(2):261-9.
- [6] Chen TM, Huang CH, Shih ES, Hu YF, Hwang MJ. Detection and classification of cardiac arrhythmias by a challenge-best deep learning neural network model. *Iscience*. 2020 Mar 27;23(3).
- [7] Yeh YC, Chiou CW, Lin HJ. Analyzing ECG for cardiac arrhythmia using cluster analysis. *Expert Systems with Applications*. 2012 Jan 1;39(1):1000-10.
- [8] Benabdellah AC, Benghabrit A, Bouhaddou I. A survey of clustering algorithms for an industrial context. *Procedia computer science*. 2019 Jan 1;148:291-302.
- [9] Yang J, Watada J. Fuzzy clustering analysis of data mining: application to an accident mining system. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*. 2012 Aug 1;8(8):5715-24.
- [10] Srinivasak KG, Venugopal KR, and Patnaik LM. Feature Extraction using Fuzzy C-means Clustering for data mining systems. *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.*, vol. 6, no. 3, p. 230, 2006.
- [11] Tamaela J, Sedyono E, Setiawan A. Cluster analysis menggunakan algoritma Fuzzy C-means dan K-means untuk klasterisasi dan pemetaan lahan pertanian di Minahasa Tenggara. *Jurnal Buana Informatika*. 2017 Oct 16;8(3).
- [12] Hsu WY, Lin CY, Kuo WF, Liou M, Sun YN, Tsai AC, Hsu HJ, Chen PH, Chen IR. Unsupervised fuzzy c-means clustering for motor imagery EEG recognition. *Int J Innovative Comput Inform Control*. 2011 Aug 1;7:4965-76.