

PENGARUH BERBAGAI PENGUKURAN JARAK PADA PENGENALAN SIGNAL EKG MENGGUNAKAN DEKOMPOSISI PAKET WAVELET DAN K-MEANS-CLUSTERING

Achmad Rizal¹, Vera Suryani²
Institut Teknologi Telkom
Departemen Teknik Elektro¹
Departemen Teknik Informatika²
Jl Telekomunikasi no 1, Dayeuh Kolot, Bandung
E-mail: {arz,vra}@ittelkom.ac.id

Abstract

EKG (elektrokardiogram) merupakan salah satu sinyal tubuh yang digunakan untuk mendeteksi kondisi kesehatan jantung seseorang. EKG adalah suatu rekaman aktivitas kelistrikan jantung. Apabila terdapat gangguan pada pola-pola listrik yang normal maka dapat didiagnosis berbagai kelainan jantung. Pada penelitian ini dilakukan pengenalan kelainan/penyakit jantung berdasarkan sinyal EKG menggunakan dekomposisi paket wavelet sebagai metode pengenalan sinyal EKG secara otomatis. Sinyal EKG didekomposisi sampai level 5 menggunakan wavelet Daubechies 2, kemudian energi dari tiap subband di hitung periodogramnya. Sebagai classifier digunakan K-Means clustering, dimana digunakan berbagai metoda untuk menghitung jarak antar data. Dari 3 kelas data yang diujicobakan (Normal Sinus Rhythm (NSR), Congestive Heart Failure (CHF), dan Atrial Fibrillation (AF)) didapat akurasi sistem sebesar 94.4% untuk jarak cityblok. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang dikembangkan cukup baik untuk mengenali sinyal EKG yang diujikan.

Keywords: Elektrokardiogram, dekomposisi paket wavelet, k-means clustering

1. PENDAHULUAN

Sinyal EKG adalah sinyal listrik yang dihasilkan oleh aktifitas kelistrikan jantung. Kelainan dari fungsi jantung seseorang dapat dilihat dari rekaman sinyal EKG ini. Seorang ahli jantung menilai rekaman sinyal EKG dari bentuk gelombang, durasi, orientasi sinyal dan irama sinyal. Penilaian ini relatif subyektif, tergantung dari keahlian dokter dan kondisi pasien. Seiring dengan kemajuan teknologi elektronika dan berkembangnya teknik-teknik pengolahan sinyal digital, banyak cara dikembangkan untuk mengenali kelainan jantung secara otomatis melalui pengenalan sinyal EKG[2][6]. Pengolahan sinyal EKG yang dilakukan bisa pada domain waktu, domain frekuensi atau domain wavelet. Pada penelitian ini diujicobakan metode wavelet untuk pengenalan kelainan jantung melalui sinyal EKG.

2. TEORI EKG

Berikut akan dijelaskan teori tentang sinyal EKG dan akusisinya.

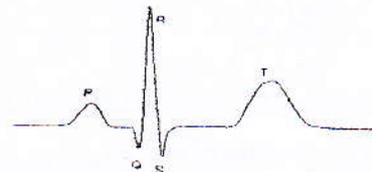
2.1 Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (EKG) adalah suatu gambaran dari potensial listrik yang dihasilkan oleh aktifitas listrik otot jantung. EKG ini merupakan rekaman informasi kondisi jantung diambil dengan elektrokardiograf yang ditampilkan melalui monitor atau dicetak pada kertas[5]. Rekaman EKG ini digunakan oleh dokter ahli untuk menentukan kondisi jantung dari pasien.

2.2 Gelombang EKG Normal

Sebuah sinyal yang didapat dari EKG normal adalah seperti pada gambar 1. Gelombang EKG normal memiliki ciri-ciri sebagai berikut[7]:

1. Gelombang P mempunyai amplituda kurang dari 0,3 mV dan perioda kurang dari 0,11 detik.
2. Gelombang Q mempunyai amplituda sebesar minus 25% dari amplituda gelombang R.



Gambar 1. Gelombang EKG Normal

3. Gelombang R mempunyai amplituda maksimum 3 mV.
4. Gelombang S merupakan defleksi negatif sesudah gelombang R.
5. Kompleks QRS terdiri dari gelombang Q, R dan S yang memiliki perioda 0,06-0,10 detik dengan perioda rata-rata 0,08 detik.
6. Gelombang T mempunyai amplituda minimum 0,1 mV.

2.3 Teknik-Teknik Elektrokardiografi

Pada dasarnya ada tiga teknik yang digunakan dalam elektrokardiografi, yaitu[9]:

1. *Standard clinical ECG.*

Teknik ini menggunakan 10 elektroda (12 lead) yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini dipakai untuk menganalisa pasien.

2. *Vectorcardiogram.*

Teknik ini menggunakan 3 elektroda yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini menggunakan pemodelan potensial tubuh sebagai vektor tiga dimensi dengan menggunakan sandapan baku bipolar (Einthoven). Dari sini akan dihasilkan gambar grafis dari eksistensi jantung.

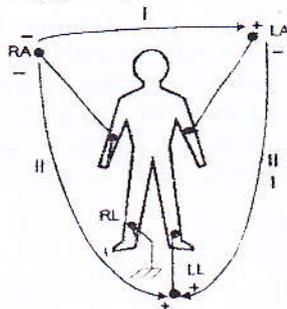
3. *Monitoring ECG.*

Teknik ini menggunakan 1 atau 2 elektroda yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini digunakan untuk memonitor pasien dalam jangka panjang.[4]

2.4 *Sistem Lead Monitoring ECG*

Sinyal EKG yang dianalisis adalah sinyal yang diambil menggunakan 3 lead sesuai dengan segitiga Einthoven [9]. Pada sistem ini sinyal EKG tiap lead merupakan beda potensial antar anggota tubuh antara lain :

- *Lead I* : beda potensial antara LA (*left arm*) dengan RA (*right arm*)
- *Lead II* : beda potensial antara LL (*left leg*) dengan RA (*right arm*)
- *Lead III* : beda potensial antara LL (*left leg*) dengan LA (*left arm*)



Gambar 2. Segitiga Einthoven

3. BAHAN DAN METODE

Secara sederhana sistem pengenalan EKG dapat dilihat pada gambar 3. Pada bagian berikut akan dijelaskan tiap tahap pengerjaan secara lebih rinci



Gambar 3. Gambar sistem

3.1. Data

Data diambil dari MIT-BIH data base [4] terdiri dari 3 kelas data yaitu *Normal Sinus Rhythm (NSR)*, *Congestive Heart Failure (CHF)*, dan *Atrial*

Fibrillation (AF). Data EKG ini diambil dari lead II, dengan frekuensi sampling 250 Hz. Panjang rekaman sekitar 2-3 detik, atau tiap data berisi sekitar 3 gelombang QRS.

3.3 Preprocessing

Preprocessing yang dilakukan berupa penyeragaman pada data agar parameter-parameter data menjadi sama. Pada penelitian ini dilakukan proses normalisasi berupa normalisasi amplitudo dan penghilangan komponen DC dari data[1]. Penghilangan komponen DC dapat dilakukan oleh persamaan (1).

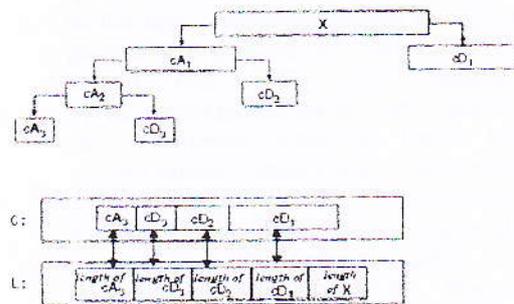
$$S(i) = S(i) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S(i) \quad (1)$$

Sedangkan normalisasi amplitudo dilakukan dengan persamaan berikut :

$$S(i) = \frac{S(i)}{S_{max}} \quad (2)$$

3.4 Dekomposisi Paket Wavelet

Metode paket wavelet merupakan generalisasi dari dekomposisi wavelet yang memberikan jangkauan yang lebih luas untuk analisis sinyal. Pada dekomposisi wavelet sinyal dibagi menjadi komponen aproksimasi dan detail. Komponen aproksimasi kemudian dibagi lagi menjadi komponen aproksimasi dan detail, begitu seterusnya sampai level yang diinginkan[5].

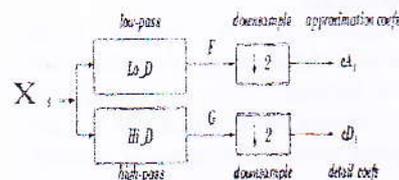


Gambar 4. Dekomposisi wavelet

Secara matematis dekomposisi wavelet 3 tingkat dapat dituliskan :

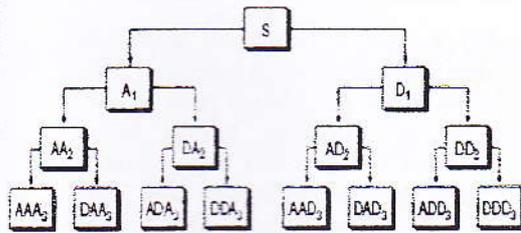
$$\begin{aligned} X &= cA_1 + cD_1 \\ &= cA_2 + cD_2 + cD_1 \\ &= cA_3 + cD_3 + cD_2 + cD_1 \end{aligned} \quad (3)$$

Komponen cA1 dan cD1 didapat lewat operasi seperti pada gambar 2.



Gambar 5. Proses dekomposisi wavelet[1]

Pada paket wavelet, dekomposisi dilakukan pada komponen aproksimasi dan detail sekaligus. Komponen detail juga dibagi menjadi komponen detail aproksimasi dan detail detail seperti pada gambar di bawah.



Gambar 6. Dekomposisi paket wavelet[1]

Dekomposisi yang dilakukan pada sinyal EKG dilakukan sampai level 5 dengan menggunakan Daubechies2 (db2) sebagai *mother wavelet*-nya. Proses ini akan menghasilkan 32 subband sinyal dengan lebar sekitar 7.8 Hz.

3.5 Periodogram

Langkah selanjutnya adalah menghitung periodogram dari tiap subband hasil dekomposisi. Periodogram dari deretan data $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ dapat dihitung dengan rumus berikut[8].

$$S(e^{j\omega}) = \frac{1}{n} \left| \sum_{l=1}^n x_l e^{-j\omega l} \right|^2 \quad (4)$$

Dari hasil perhitungan tersebut dihitung energi yang kemudian akan menjadi fitur dari sinyal EKG yang diamati. Hasilnya berupa matrik dengan ukuran 32×1 .

3.6 K-Means Clustering

Setelah ekstraksi ciri dilakukan, langkah berikutnya adalah mengenali ciri yang diambil dari tiap data. Sebagai classifier digunakan metode *K-means clustering* [3]. Metode ini membagi data masukan menjadi kluster-kluster dengan centroid masing-masing. Karena terdapat 3 kelas data yang diujikan maka jumlah kluster yang dibentuk adalah 3 dan diharapkan antar kelas data terpisah pada masing-masing kluster.

Untuk mengukur jarak antar data dengan centroid tiap kluster, digunakan beberapa metode. Misal diberikan $m \times n$ data matriks X , dengan vector baris x_1, x_2, \dots, x_m , berbagai jarak antara vector x_r dan x_s didefinisikan sebagai berikut:

a. Euclidean distance

$$d_{rs}^2 = (x_r - x_s)(x_r - x_s)' \quad (5)$$

b. City Block Metric/Manhattan distance

$$d_{rs} = \sum_{j=1}^n |x_{rj} - x_{sj}| \quad (6)$$

c. Cosine distance

$$d_{rs} = \left(1 - \frac{(x_r, x_s)' / (x_r, x_r)^{1/2} (x_s, x_s)^{1/2}}{(x_r - \bar{x}_r)(x_s - \bar{x}_s)'} \right) \quad (7)$$

d. Correlation distance

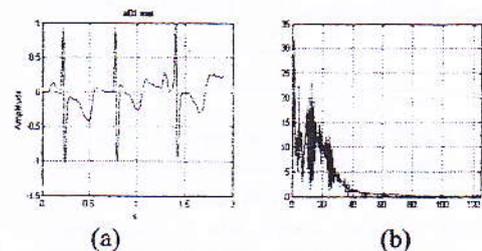
$$d_{rs} = 1 - \frac{(x_r - \bar{x}_r)(x_s - \bar{x}_s)'}{|(x_r - \bar{x}_r)(x_r - \bar{x}_r)'|^{1/2} |(x_s - \bar{x}_s)(x_s - \bar{x}_s)'|^{1/2}} \quad (8)$$

dimana :

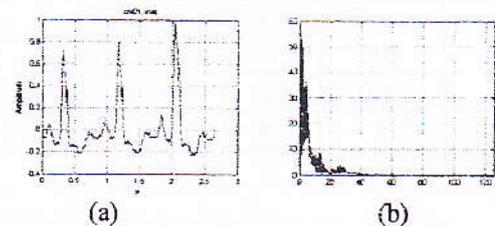
$$\bar{x}_r = \frac{1}{n} \sum_j x_{rj} \quad \text{dan} \quad \bar{x}_s = \frac{1}{n} \sum_j x_{sj}$$

4. HASIL DAN DISKUSI

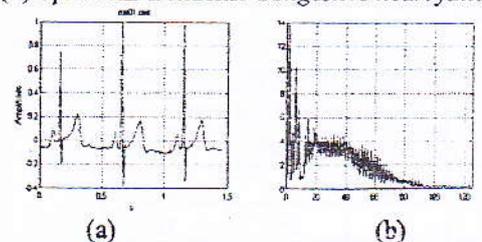
Contoh data sinyal EKG yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 7,8 dan 9. Masing-masing kelas berjumlah 30 data sehingga data total 90 data.



Gambar 7. (a) Sinyal EKG kasus *Atrial fibrillation*
(b) Spektrum frekuensi *Atrial Fibrillation*

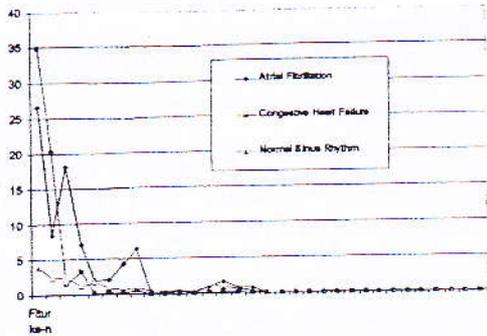


Gambar 8. (a) Sinyal EKG kasus *Congestive heart failure*
(b) Spektrum frekuensi *Congestive heart failure*



Gambar 9. (a) Sinyal EKG kasus *Normal Sinus Rhythm*
(b) Spektrum frekuensi *Normal Sinus Rhythm*

Hasil ekstraksi ciri yang diusulkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Contoh hasil ekstraksi ciri tiap kelas

Sedangkan hasil pengenalan menggunakan Kmeans Clustering ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengenalan dengan jarak Cityblock

Data	Dikenali sebagai		
	AF	CHF	NSR
AF	29	1	0
CHF	4	26	0
NSR	0	0	30

Dari tabel 1 terlihat bahwa sebanyak 1 data AF yang dikenali sebagai CHF, 4 data CHF dikenali sebagai AF dan seluruh data NSR dikenali dengan baik. Dari hasil tersebut hanya ada 5 data yang dikenali salah oleh sistem. Dengan demikian akurasi sistem mencapai $85/90 \times 100\% = 94.4\%$.

Tabel 2. Hasil Pengenalan dengan jarak Euclidean

Data	Dikenali sebagai		
	AF	CHF	NSR
AF	30	0	0
CHF	7	23	0
NSR	0	0	30

Hasil pengujian menggunakan jarak Euclidean dapat dilihat pada tabel 2. Terlibat 7 data CHF teridentifikasi sebagai AF sehingga dengan ini akurasi menjadi 92.2%.

Tabel 3. Hasil Pengenalan dengan jarak Cosine

Data	Dikenali sebagai		
	AF	CHF	NSR
AF	26	4	0
CHF	5	25	0
NSR	11	1	18

Pada tabel 3. terlihat terdapat 21 data yang tidak teridentifikasi dengan benar. Kesalahan terbesar terjadi pada data NSR yang beberapa terdeteksi sebagai AF dan CHF. Akurasi sistem dengan menggunakan jarak cosine mencapai 76.7%.

Tabel 4. Hasil Pengenalan dengan jarak Correlation

Data	Dikenali sebagai		
	AF	CHF	NSR
AF	21	9	0
CHF	6	24	0
NSR	8	4	18

Pada tabel 4. terlihat kesalahan identifikasi mencapai 27 data atau akurasi hanya mencapai 70%.

Dari beberapa teknik pengukuran jarak pada *K-means clustering* yang diujikan, terlihat bahwa pengukuran *Cityblock* menghasilkan tingkat akurasi yang paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh jarak *Cityblock* menghasilkan jarak terjauh dibandingkan pengukuran jarak yang lain. Selain pengukuran jarak *Euclidean*, kedua teknik pengukuran yang lain hanya menghasilkan jarak antara 0-1. Hal ini membuat keputusan pengelompokan kluster menjadi lebih sulit karena jarak yang terlalu dekat.

Dari 4 tabel di atas, kesalahan terutama pada sinyal NSR. Hal ini terjadi kemungkinan karena pada dasarnya untuk kasus AF dan CHF cukup mirip karena termasuk kasus arrhythmia. Hal ini membuat data NSR tertarik ke dua klaster yang lain.

Penyebab lain kesalahan deteksi adalah data yang tidak seragam panjang, irama jantung pada data yang tidak seragam dan noise pada data. Selain itu pemotongan data dilakukan secara manual menjadikan data kadang tidak sama persis 3 siklus EKG.

Dari nilai akurasi yang cukup tinggi, 94.4%, menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan dapat diterapkan untuk pengenalan sinyal EKG secara *off-line*.

5. KESIMPULAN

Pengenalan sinyal EKG menggunakan dekomposisi paket wavelet yang diujicobakan menghasilkan kinerja yang cukup baik. Akurasi yang didapat mencapai 94.4% yang didapat menggunakan jarak *cityblock*. Kelemahan dari sistem yang diusulkan adalah sifatnya yang belum bisa real-time dan pemotongan data yang masih manual. Untuk itu perlu adanya perbaikan sehingga metode ini bisa dilakukan pada sinyal EKG yang diambil terus-menerus pada pasien (*monitoring EKG*) serta segmentasi otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rizal, V. Suryani, Pengenalan Suara Jantung Menggunakan Dekomposisi Paket Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan ART2, Proceeding EECIS 2006, Universitas Brawijaya, Malang, 2006
- [2] G. Gómez Herrero, A. Gotchev, I. Christov, K. Egjazarjan, *Feature Extacion For Heartbeat Classification Using Independent Component*

- Analysis And Matching Pursuits*, Preceeding on ICCASP2005, 2005
- [3] <http://www.cs.uregina.ca/~hamilton/courses/831/notes/clustering/clustering.html>.
 - [4] <http://www.physionet.org>
 - [5] J. S. Walker, *Wavelet and Their Scientific Applications*, CRC Press, 1999
 - [6] M. B. Tayell, M. E. Bouridy, ECG Images Classification Using Feature Based On Wavelet Transformation And Neural Network, AIML 06 International Conference, Sharm El Shekh, Egypt, 2006
 - [7] S Wijaya , *EKG Praktis*, Binarupa Aksara, Jakarta, 1990
 - [8] S. Salivahanan, A. Vallavaraj, C. Gnanapriya, *Digital Signal Processing*, McGraw-Hill, Singapore, 2001
 - [9] W. J. Tompkins, *Biomedical Signal Processing*, Prentice Hall, New Jersey, 1993