

Pengenalan Suara Jantung Menggunakan Dekomposisi Paket Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan ART2 (Adaptive Resonance Theory 2)

Achmad Rizal¹, Vera Suryani²

¹ Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

² Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

Jl. Telekomunikasi no 1 Dayeuh Kolot, Bandung 40257

Telp/fax. 022-7565931/7565933

arz@stttelkom.ac.id¹, vra@stttelkom.ac.id²

Abstract—Salah satu cara yang digunakan dokter untuk mendiagnosa penyakit jantung adalah dengan mendengarkan suara jantung dengan menggunakan stetoskop. Teknik ini dikenal dengan teknik auskultasi. Suara jantung yang dihasilkan pada beberapa kasus penyakit jantung menunjukkan adanya pola tertentu yang bisa dikenali. Pola suara ini dapat diambil sebagai bahan untuk mengambil diagnosa. Masalah yang timbul adalah suara jantung menempati frekuensi yang cukup rendah sekira 20 – 400 Hz, amplitudo yang rendah, masalah kebisingan lingkungan, kepekaan telinga dan pola suara yang mirip antara jenis suara jantung yang satu dengan yang lain. Karena faktor-faktor tersebut di atas kesalahan diagnosis bisa terjadi apabila prosedur auskultasi tidak dilakukan dengan benar. Pada paper ini dibahas tentang pengenalan suara jantung menggunakan dekomposisi paket wavelet dan JST ART2. Suara jantung dibagi-bagi spektralnya menggunakan dekomposisi paket wavelet dengan skenario yang dirancang, selanjutnya energi tiap subband dikenali dengan JST ART2. Dari pengujian didapat tingkat keberhasilan sistem yang dirancang mencapai 90.97%

I. PENDAHULUAN

Suara jantung yang didengar oleh dokter dengan menggunakan stetoskop sebenarnya terjadi pada saat penutupan katup jantung. Kejadian ini dapat menimbulkan anggapan yang keliru bahwa suara jantung tersebut disebabkan oleh penutupan daun katup tersebut, tetapi sebenarnya disebabkan oleh efek arus pusar (eddy) di dalam darah akibat penutupan katup tersebut.

Detak jantung menghasilkan dua suara yang berbeda yang dapat didengarkan pada stetoskop, yang sering dinyatakan dengan *lub-dub*. Suara *lub* disebabkan oleh penutupan katup *tricuspid* dan *mitral (atrioventrikular)* yang memungkinkan aliran darah dari *atria* (serambi jantung) ke *ventricle* (bilik jantung) dan mencegah aliran balik. Umumnya hal ini disebut suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan timbulnya kompleks QRS dari elektrokardiogram dan terjadi sebelum *systole* (periode jantung berkontraksi). Suara *dub* disebut suara jantung kedua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup *semilunar (aortic dan pulmonary)* yang membebaskan darah ke sistem sirkulasi paru-paru dan sistemik. Katup ini tertutup pada akhir *systole* dan sebelum katup atrioventrikular membuka kembali. Suara S2 ini terjadi hampir bersamaan dengan akhir gelombang T dari elektrokardiogram. Suara jantung ketiga (S3) sesuai dengan berhentinya pengisian atrioventrikular, sedangkan suara jantung keempat (S4) memiliki korelasi dengan kontraksi atrial. Suara S4 ini memiliki amplitude yang sangat rendah dan komponen frekuensi rendah. [1]

Jantung abnormal memperdengarkan suara tambahan yang disebut murmur. Murmur disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau stenotic (yang memaksa darah melewati bukaan sempit), atau oleh *regurgitasi* yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah. Dalam masing-masing kasus suara yang timbul adalah akibat aliran darah dengan kecepatan tinggi yang melewati bukaan sempit. Penyebab lain terjadinya *murmur* adalah adanya kebocoran *septum* yang memisahkan jantung bagian kiri dan bagian kanan sehingga darah mengalir dari ventrikel kiri ke ventrikel kanan sehingga menyimpangkan sirkulasi sistemik.

Dari sifat-sifat yang ada dari tiap kondisi suara jantung, dicoba untuk mendapatkan ciri khas dari tiap suara jantung. Diharapkan ciri yang berhasil didapat dapat membedakan jenis suara jantung pada kasus yang satu dengan kasus yang lain.

II. METODE

2.1 DATA

Masukan bagi perangkat lunak yang dirancang adalah data suara jantung yang telah terekam dalam bentuk *.wav, mono, dan frekuensi sampling 8000 Hz. Data ini diambil dari beberapa sumber di internet [2]. Data ini dipotong-potong dengan durasi 1 – 1.8 detik. Suara jantung yang dikenali terdiri dari 4 jenis: normal, *mitral stenosis*, *mitral prolapse*, dan *mitral regurgitation* dengan jumlah 8-13 data.

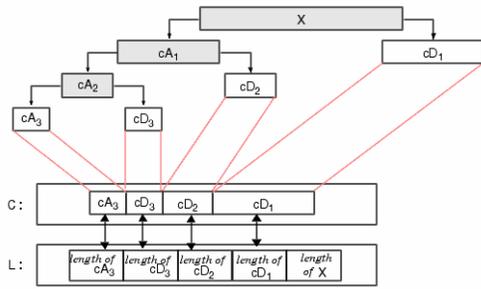
Tabel 1. Jumlah data uji

Data yang dikenali	Jumlah Data
Mitral regurgitation	8
Mitral prolapse	12
Normal	8
Mitral stenosis	9

Data-data ini diamati spektrum frekuensinya untuk melihat perbedaan tiap jenis kasus.

2.2 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[3].

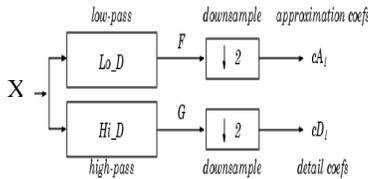


Gambar 1. Dekomposisi wavelet[4]

Secara matematis dekomposisi wavelet 3 tingkat dapat dituliskan :

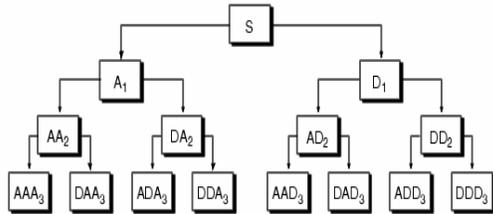
$$\begin{aligned}
 X &= cA_1 + cD_1 \\
 &= cA_2 + cD_2 + cD_1 \\
 &= cA_3 + cD_3 + cD_2 + cD_1
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

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



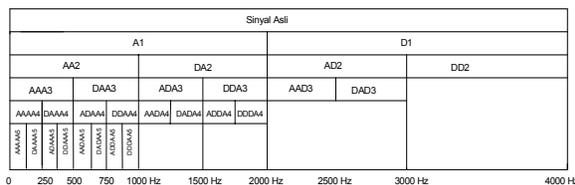
Gambar 2. Proses dekomposisi wavelet[4]

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 3. Dekomposisi paket wavelet[4]

Dekomposisi yang dilakukan pada data suara jantung dibuat seperti pada gambar 4.



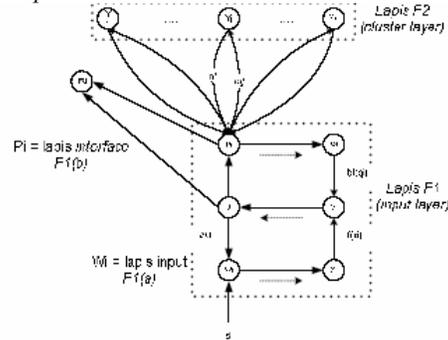
Gambar 4. Skenario dekomposisi wavelet

Dengan skenario dekomposisi yang dirancang, pita frekuensi suara dipecah menjadi masing-masing 125 Hz untuk wilayah di bawah 1000 Hz, 250 Hz untuk wilayah 1000-2000 Hz, 500 Hz untuk wilayah 2000-3000 Hz. Sedangkan untuk daerah 3000-4000 Hz tidak dibagi karena biasanya suara jantung tidak menempati frekuensi sampai

setinggi ini. Langkah selanjutnya yaitu menghitung energi sinyal pada tiap-tiap pita frekuensi hasil dekomposisi. Didapat 15 fitur sinyal dan selanjutnya akan dikenali menggunakan jaringan syaraf tiruan ART2 (*Adaptive Resonance Theory 2*).

2.3 JST ART2 (ADAPTIVE RESONANCE THEORY 2)

ART2 merupakan penyempurnaan dari arsitektur ART1[5]. Karakteristik yang membedakan antara keduanya adalah pada tipe masukan di masing masing lapis F1. Jika vektor input dari ART1 bernilai biner, maka vektor input ART2 bernilai kontinu. Selain itu, perbedaan antara ART1 dan ART2 lebih padamodifikasi vektor input agar dapat mengakomodasi pola-pola yang bernilai kontinyu. Karena vektor inputnya bernilai kontinu, yang kemungkinan nilainya sangat berdekatan, maka bidang F1 pada arsitektur ART2 lebih kompleks dibandingkan dengan ART1. Pada proses yang terjadi di lapis F1 dalam ART2 ini memuat sebuah kombinasi dari normalisasi dan penekanan derau, masukan yang kurang relevan. Sehingga dalam proses tersebut memerlukan sebuah mekanisme *reset* untuk membandingkan sinyal-sinyal *top-down* dan *bottom-up*.



Gambar 5. Arsitektur ART 2[6]

Lapis F1 terdiri atas enam jenis unit masukan, yaitu unit W, X, U, V, P dan Q seperti yang terlihat pada gambar 5. Setiap unit dari masing jenis masukan terdiri atas n unit, dimana n menunjukkan dimensi dari pola masukan.

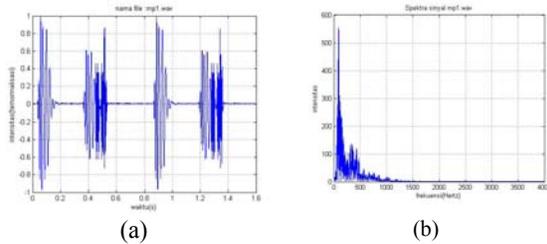
Simbol-simbol dan pada jalur koneksi antara beragam unit yang ada pada lapis F1 menunjukkan transformasi yang terjadi pada sinyal yang bergerak dari satu unit ke jenis unit berikutnya, dan bukan menunjukkan perkalian untuk nilai yang diberikan. Kecuali untuk hubungan unit-unit P_i , ada pada lapis F1, dengan Y_j pada lapis F2 yang memang menunjukkan bobot yang dikalikan pada setiap sinyalyang ditransmisikan melalui jalur-jalur antara keduanya. Aktivasi dari unit $F2$ yang menjadi pemenang adalah d , dimana nilainya antara 0 hingga 1 ($0 < d < 1$). Fungsi aktivasi yang diaplikasikan pada vektor p dan x sesuai dengan algoritma pelatihan. Simbol menunjukkan proses normalisasi.

Kompetisi terjadi pada lapis F2, hal ini juga terjadi pada ART1. Setiap unit Y_j saling bersaing, dan *winner-take-all* atau pemenang berhak untuk melakukan proses *learn* belajar untuk setiap unit masukan dari P_i , lapis F1. Proses belajar terjadi hanya jika bobot vektor dengan arah atas-bawah untuk unit yang menang memiliki kemiripan yang memadai dengan vektor masukannya. Fungsi aktivasi

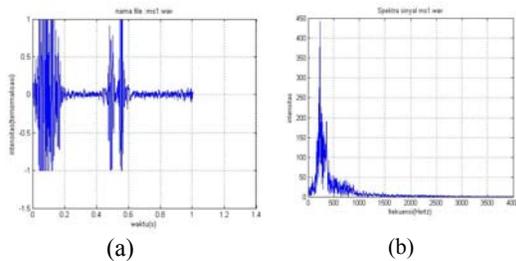
diberikan pada unit-unit masukan dari unit $X_i (f(xi))$ dan unit $Q_i (bf(qi))$. Fungsi aktivasi ini berperan untuk menekan beberapa komponen dari vektor-vektor aktivasi yang berada pada tingkat dibawah nilai yang dipilih oleh *user*. Sedangkan, pada jalur koneksi dari W ke U dan dari Q ke V memiliki bobot-bobot tetap a dan b .

III. HASIL DAN DISKUSI

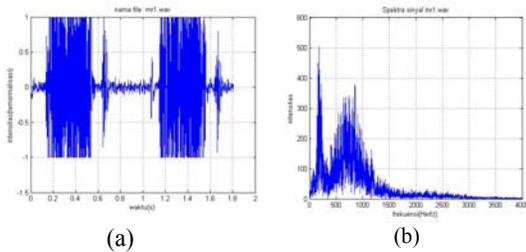
Gambar 6-9 memperlihatkan contoh plot sinyal dan spektrum frekuensi dari tiap jenis data.



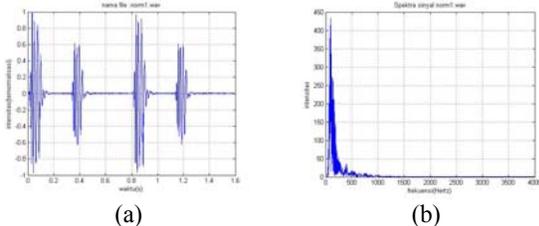
Gambar 6. Plot suara jantung normal
(a) domain waktu (b) spektrum frekuensi



Gambar 7. Plot suara jantung *mitral prolapse*
(a) domain waktu (b) spektrum frekuensi



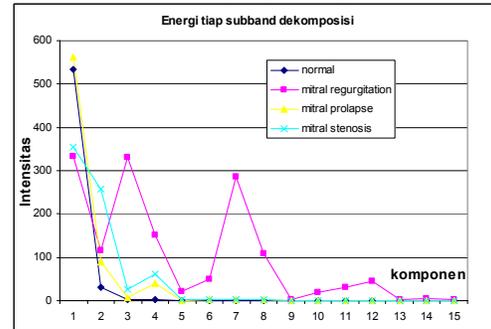
Gambar 8. Plot suara jantung *mitral stenosis*
(a) domain waktu (b) spektrum frekuensi



Gambar 9. Plot suara jantung *mitral regurgitation*
(a) domain waktu (b) spektrum frekuensi

Data-data tersebut didekomposisi sesuai dengan skenario yang dirancang dan dihitung energi tiap subbandnya sehingga didapat 15 fitur. Berikut contoh fitur

dari tiap jenis data. Selanjutnya fitur tersebut menjadi masukan dari JST ART2 yang dibangun.



Gambar 10. Contoh fitur tiap jenis data

JST ART2 yang direalisasikan diujikan pada data suara jantung dengan parameter jaringan seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 2. Parameter JST ART2

$A =$	10	$\theta =$	0.02
$B =$	10	$\alpha =$	0.1
$C =$	0.1	$\rho =$	0.99 - 0.999
$D =$	0.9	<i>Iterasi</i>	= 3
$e =$	0.0000001		

Dengan mengubah-ubah nilai ρ (rho) yang merupakan parameter vigilance didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian dengan nilai ρ (rho) diubah-ubah.

ρ	neuron aktif	Akurasi				Akurasi rata-rata
		norm	mp	ms	mr	
0.99	5	100%	66.67%	55.56%	75%	74.31%
0.993	6	100%	100%	88.89%	75%	90.97%
0.996	7	100%	58.30%	100%	75%	83.32%
0.999	8	100%	100%	88.89%	75%	90.97%

Parameter ρ mempengaruhi sensitivitas dari jaringan dalam menanggapi perbedaan satu data dengan yang lain. biasanya nilainya di-set 0.7 – 1. Di bawah nilai 0.7 biasanya jaringan tidak akan sensitif terhadap data, dengan kata lain neuron baru tidak akan dapat terbentuk. Apabila nilai $\rho=1$ maka setiap ada data baru akan mengaktifkan neuron baru atau menyebabkan kelompok data baru. Dari hasil pengujian di atas didapat nilai yang optimal untuk kasus yang diujikan adalah nilai $\rho = 0.993$ atau 0.999 yang menghasilkan akurasi 90.97%.

Masalah-masalah yang muncul sebenarnya dari data itu sendiri dan proses awal terhadap data. Beberapa data tidak cukup baik dalam perekamannya karena amplitudonya melebihi batas tegangan inputan yang diperkenankan. Ini menyebabkan suara terpotong pada bagian puncak. Pemotongan data yang tidak tepat, tidak lengkap satu

siklus suara jantung akan menyebabkan data mempunyai kandungan informasi yang berbeda.

.Kelebihan metode dekomposisi paket wavelet untuk ekstraksi ciri dari sinyal adalah sifatnya yang time-invariant. Hal ini dikarenakan fitur diambil dari energi tiap subband hasil dekomposisi, sehingga seolah-olah bertindak sebagai *filter bank*. Ketidakberhasilan dalam di jaringan kemungkinan karena tidak tepatnya penentuan level dekomposisi yang dilakukan. Seperti pada gambar 6-9 energi dari suara jantung banyak berpusat di daerah frekuensi 0-700 Hz, dengan demikian seharusnya subband-subband yang ada di daerah tersebut dibuat dengan lebar yang lebih sempit. Hal ini bisa dilakukan dengan menurunkan frekuensi sampling atau menambah level dekomposisi.

Secara umum metode yang digunakan cukup baik dalam melakukan pengenalan suara jantung. Untuk langkah selanjutnya akan dilakukan perbaikan pada pemotongan sinyal, normalisasi sinyal dan skenario dekomposisi sinyal. Selain itu akan dicoba untuk mengenali lebih banyak pola suara jantung yang lain.

IV. KESIMPULAN

Metode dekomposisi paket wavelet cukup baik digunakan sebagai metode untuk ekstraksi ciri sinyal suara jantung. Kelebihan metode ini adalah karena sangat sederhana dan sifat yang time invariant sehingga pergeseran pemotongan data tidak terlalu menjadi masalah. Dengan pengubahan nilai parameter vigilance yang tepat pada JST ART2 didapat akurasi mencapai 90.97% untuk 4 kelas data suara jantung yang diujikan. Dengan perbaikan lebih lanjut, perangkat lunak yang dirancang diharapkan bisa menjadi alat bantu bagi dokter dalam mengevaluasi suara jantung pasien

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, Th. Sri. "Analisis Spektral Isyarat Suara Jantung". *Seminar On Electrical Engineering (SEE2004)*. hal 109-114 , Agustus 2004, Universitas Achmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia
- [2] <http://sprojects.mmi.mcgill.ca/mvs/mvsteth.htm>
- [3] Walker, James S, "Wavelet and Their Scientific Applications", CRC Press, 1999
- [4] <http://www.mathworks.com>
- [5] Freeman, James A. and Skapura, David M. "Neural Networks; Algorithms, Applications, and Programming Techniques". Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1992
- [6] Carpenter G.A. y Grossberg S. "ART2: Self-organizing of stable category recognition codes for analog input patterns". *Applied Optics*, Vol. 16, N 23, December, 1987.
- [7] Hudson, Donna L, and Cohen, Maurice E, "Neural Networks and Artificial Intelligence for Biomedical Engineering ", IEEE Press. 1999