

Analisis Non Stasioner pada Deteksi *Non Invasive* Sinyal Suara Jantung Koroner

Ira Puspasari¹

Abstract—Feature extraction part has become a very important thing which can be use to develop a system of electronic heart sound diagnosis. Therefore, it is necessary to hold a research about an effective feature extraction method to know the dynamics of the data contained in heart sound. This researched has learned more about feature extraction method, using non-stationary signal processing, Short Time Fourier Transform. The result of the signal of CHD (coronary heart disease) showed that the first signal has an average frequency at 505.56 ± 8.82 Hz, and this signal is detected on an average window at 21.44 ± 2.92 , an average time at 0.05 ± 0.02 s. The results of the second signal feature extraction, was detected an average frequency at 376.11 ± 2.20 Hz, with an average window at 141.67 ± 2.5 , and an average time at 0.35 ± 0.02 s. The results of feature extraction on the third signal, showed an average frequency at 217.14 ± 12.78 Hz, an average window at 74.29 ± 4.16 , and an average time at 0.17 ± 0.02 s. The results of this study indicate that the entire frequency has an average value of more than 200 Hz.

Intisari—Ekstraksi ciri menjadi bagian yang sangat penting, untuk mengembangkan sistem diagnosis suara jantung elektronik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang metode ekstraksi ciri yang efektif untuk mengeksplorasi dinamika data yang terdapat dalam bunyi jantung. Penelitian ini telah mempelajari lebih lanjut tentang metode ekstraksi ciri, menggunakan pemrosesan sinyal non-stasioner, *Short Time Fourier Transform*. Hasil sinyal PJK (penyakit jantung koroner) menunjukkan bahwa sinyal pertama memiliki rata-rata frekuensi $505,56 \pm 8,82$ Hz, dan sinyal ini terdeteksi pada rata-rata window $21,44 \pm 2,92$, dan rata-rata waktu $0,05 \pm 0,02$ s. Hasil ekstraksi ciri sinyal kedua, terdeteksi pada rata-rata frekuensi $376,11 \pm 2,20$ Hz, dengan rata-rata window $141,67 \pm 2,5$, dan rata-rata waktu adalah $0,35 \pm 0,02$ s. Hasil ekstraksi ciri pada sinyal ketiga, menunjukkan rata-rata frekuensi $217,14 \pm 12,78$ Hz, rata-rata window $74,29 \pm 4,16$, dan rata-rata waktu adalah $0,17 \pm 0,02$ s. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata – rata nilai frekuensi masing – masing sampel sinyal PJK lebih dari 200 Hz.

Kata Kunci—ekstraksi ciri, pengolahan sinyal, suara jantung, koroner, *Time-frequency analysis*

¹Dosen, Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya 60298 Indonesia (telp: 031-8721731; fax: 031-8710218; email: ira@stikom.edu)

I. PENDAHULUAN

Saat ini penyakit jantung koroner menjadi salah satu penyakit yang banyak diderita tidak hanya usia lanjut, melainkan usia produktif. Tanpa disadari pola hidup yang kurang sehat, seperti makanan berlemak, kurang istirahat dan kurang berolahraga menjadi beberapa faktor pemicu jantung koroner. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang nantinya mampu mendeteksi dini adanya kelainan fungsi jantung koroner. Untuk membuat sebuah alat deteksi dini jantung koroner diperlukan pengenalan ekstraksi ciri sinyal suara jantung koroner. Pada akhirnya alat ini bukan bertujuan untuk menggantikan dokter, akan tetapi membantu kinerja dokter, sehingga hasil analisa dari alat harus tetap dikonsultasikan kepada dokter ahli jantung.

Sampai saat ini dokter masih menggunakan stetoskop untuk memantau kinerja jantung. Stetoskop menghasilkan suara yang lemah, sehingga untuk mendiagnosis diperlukan kepekaan dan pengalaman. Selain itu adanya noise lingkungan, frekuensi dan amplitudo yang rendah, pola suara yang relatif sama, time split antar suara jantung sangat pendek, sehingga hasil diagnosis sangat dipengaruhi oleh subjektivitas dokter. Suara jantung abnormal memperdengarkan murmur yang disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau stenosis (yang memaksa darah melewati bukaan sempit) atau regurgitasi yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah. Detak jantung menghasilkan dua suara yang berbeda pada stetoskop yang sering dinyatakan dengan lub-dub. Suara lub merupakan suara jantung pertama (S1) yang disebabkan oleh penutupan katup tricuspid dan mitral (anriovenotrikular) yang memungkinkan aliran darah dari atria (serambi jantung) ke ventrikel (bilik jantung) dan mencegah aliran balik. Suara jantung pertama memiliki empat komponen, biasanya hanya komponen dua dan tiga yang terdengar disebut M1 dan T1. Suara dub merupakan suara jantung kedua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup semilunar (aortic dan pulmonary) yang membebaskan darah ke sistem sirkulasi paru – paru dan sistemik [1].

Pengenalan secara detail memerlukan hasil perekaman suara jantung yang kemudian diolah dan dianalisa dengan melakukan transformasi dari energi suara jantung yang terekam berupa angka-angka, yang merupakan tahap ekstraksi fitur. Transformasi sinyal dapat menggunakan analisa terhadap domain frekuensi dan domain waktu. Selain itu pengolahan sinyal dapat digunakan untuk menghilangkan noise-noise yang terjadi sehingga data suara yang didapat akan menjadi lebih jelas. Diperlukan teknik tambahan untuk

menganalisis hasil auskultasi, diantaranya proses akuisisi jantung, *preprocessing*, ekstraksi ciri, dan *classifier*.

Pada penelitian [2], hanya sedikit jenis murmur yang dipelajari dengan menggunakan model autoregressive dari suara jantung diastolik. Hasil mengindikasikan bahwa rata-rata spektrum autoregressive dan filter polinomial dari nol dapat digunakan untuk membedakan pasien normal dan pasien penyakit koroner. Penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa analisis tradisional *fast fourier transform*, mungkin kurang cocok untuk membedakan antara pasien normal dan penderita penyakit jantung jika ditinjau dari segi resolusinya [3]. Hal ini juga tidak akurat untuk produksi spektrum frekuensi, karena suara jantung yang lemah terkontaminasi dengan noise. Pada penelitian ini mempelajari lebih spesifik metode ekstraksi ciri untuk patologi sinyal penyakit jantung koroner khususnya metode yang berdasarkan domain waktu dan frekuensi yaitu: *Short Time Fourier Transform* (STFT).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Suara Jantung

Siklus jantung adalah interval dari akhir satu kontraksi jantung ke akhir kontraksi berikutnya. Siklus jantung terdiri dari dua periode, yaitu periode kontraksi (sistol) dan relaksasi (diastol). Selama sistol, ruang jantung memompa darah ke luar selama diastol, ruang jantung terisi dengan darah. Kejadian ini diperlihatkan pada kurva tekanan (Gambar 1). Selama fase sistolik dan diastolik, suara jantung dihasilkan dari pembukaan dan penutupan katup jantung, aliran darah didalam jantung, getaran otot jantung. Suara jantung pertama memiliki empat komponen. suara jantung pertama (S1), hanya komponen dua dan tiga yang terdengar disebut M1 dan T1. Suara jantung kedua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup semilunar (aortic dan pulmonary) terjadi akhir ventrikular sistole, memiliki dua komponen yaitu aortic (A2) dan pulmonary (P2). Suara jantung ketiga (S3) disebabkan oleh osilasi darah antara dinding aorta dan ventrikular. Suara jantung terakhir (S4) disebabkan oleh turbulensi dari ejeksi darah. Suara jantung ketiga dan keempat disebabkan oleh terminasi fase pengisian ventrikular, setelah fase isovolumetrik dan kontraksi atrial [4].

Jantung yang tidak normal memperdengarkan suara tambahan yang disebut murmur [5]. Murmur disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau stenosis (yang memaksa darah melewati bukaan sempit), atau oleh regurgitasi yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah.

Murmur diklasifikasikan menjadi murmur sistolik dan diastolik, tergantung pada fase terjadinya. Murmur sistolik adalah bunyi yang terdengar terus menerus diantara S1 dan S2. Murmur diastolik adalah bunyi yang terdengar terus menerus antara S2 dan S1 berikutnya. Penyebab yang umum adalah regurgitasi aorta dan pulmonal. Gambar 2 menunjukkan beberapa contoh sinyal murmur.

B. Transformasi Fourier

Transformasi Fourier $X(\omega)$ dari sebuah sinyal didefinisikan:

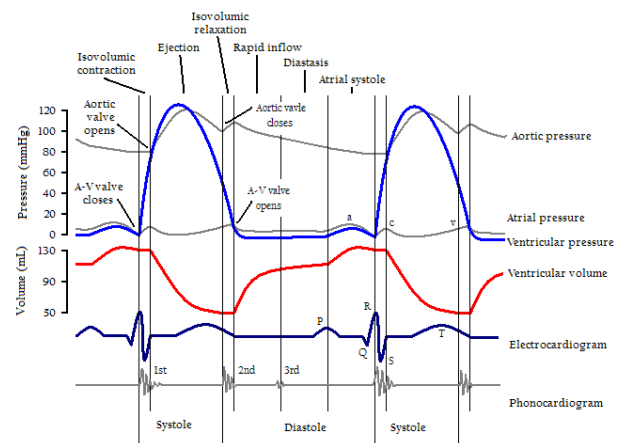
$$X(\omega) = \int x(t)e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

dimana t dan ω adalah parameter waktu dan frekuensi. Spektrum dari $x(t)$ terdiri dari komponen frekuensi yang bukan nol. Analisa Fourier sangat penting untuk melihat frekuensi yang terkandung di dalamnya. Tetapi analisis fourier memiliki kelemahan, pada saat transformasi domain frekuensi, maka informasi waktu akan hilang. Metode ini banyak digunakan untuk memonitor kondisi secara kontinyu parameter fisik seperti: respiratori, denyut jantung, velositas aliran darah, tekanan darah, tekanan intracranial dan aktivitas kelistrikan otak. Kelemahan dari Transformasi Fourier adalah tidak dapat digunakan untuk sinyal yang tidak stasioner [6].

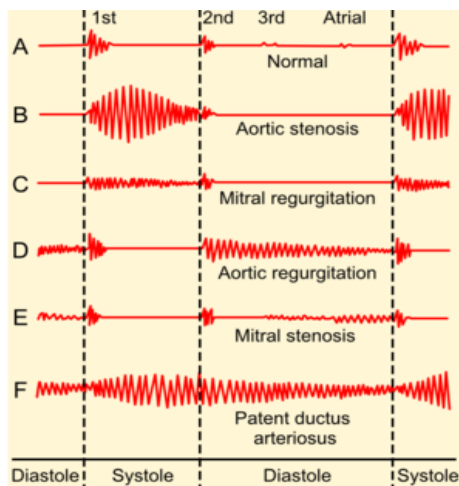
Dennis Gabor (1946) menggunakan Transformasi Fourier untuk menganalisa sebagian kecil sinyal pada waktu tertentu, yang dinamakan Short Time Fourier Transform [7]. STFT merupakan hasil dari Transformasi Fourier dan sinyal $x(t)$ dengan pendekatan waktu window $w(t)$. Adanya window menambah dimensi waktu, sehingga dapat memperoleh analisa frekuensi-waktu. Transformasi Fourier dengan ekspansi frekuensi-waktu didefinisikan:

$$X(t, \omega) = \int x(\tau)w(\tau - t)e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (2)$$

dimana $w(t)$ merupakan window yang diaplikasikan pada sinyal. Bererapa jenis window yang biasa digunakan adalah Hamming window, Von Hann window, Black man window, dan Rectanguler window. Pada penelitian ini menggunakan window Hamming dengan lebar 20.



Gbr. 1 Hubungan Suara Jantung dan Siklus Jantung [8].



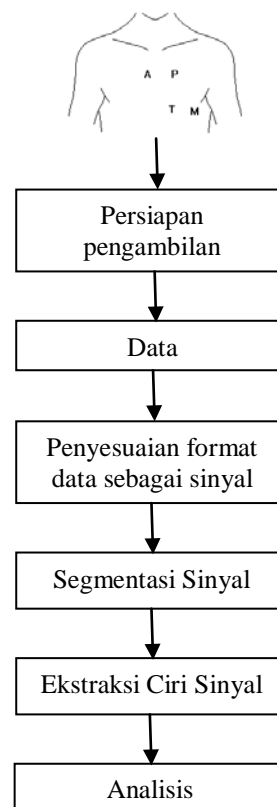
Gbr. 2 Suara jantung normal dan abnormal [8].

III. METODE PENELITIAN

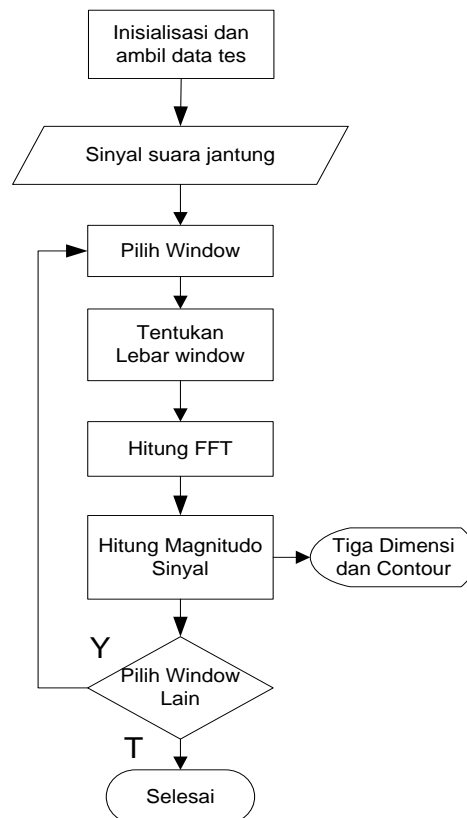
Secara garis besar sistem dibagi menjadi dua buah subsistem, yaitu: persiapan data, dan pengambilan penciri (*feature extraction*) menggunakan analisa *Short Time Fourier Transform* (STFT). Gambar 3 merupakan blok diagram penelitian secara keseluruhan. Pada persiapan data, data sinyal suara jantung diambil dari 3 subyek dengan penggunaan stetoskop digital. Metode pengambilan suara seperti yang biasa dilakukan oleh dokter ahli jantung, yaitu dengan penempatan stetoskop pada sisi Aortik, Pulmonari, Mitral dan Trikuspid yang merupakan daerah jantung manusia. Persiapan pengambilan data dengan mengambil data pasien terlebih dahulu dengan ECG untuk membuktikan bahwa pasien dinyatakan jantung koroner dengan spesifikasi tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai data acuan. Data yang diambil dari stetoskop digital masih belum bisa diolah secara langsung karena format .e4k, sehingga harus diubah menjadi .wav, setelah itu file .wav diubah menjadi .dat untuk proses pengolahan sinyal.

Proses berikutnya adalah *filtering* untuk mengurangi noise yang terekam pada saat perekaman suara jantung. Sehingga data yang didapat akan berkurang noisalnya dan memberikan hasil yang lebih optimal. Hasil dari proses *filtering* selanjutnya diolah dengan metode STFT. Setelah itu dilakukan ekstraksi ciri pada sinyal suara jantung koroner baik pada fase sistolik dan diastolik.

Pengumpulan data diperoleh dari penderita penyakit koroner dengan spesifikasi: Data pertama sebagai sinyal pertama, jantung koroner dengan spesifikasi *hypertrophy ventricular* kiri dengan abnormal repolisasi dengan kesimpulan abnormal ECG (deteksi dengan Elektrokardiograf).



Gbr. 3 Blok diagram penelitian secara keseluruhan



Gbr. 4 Alur proses STFT

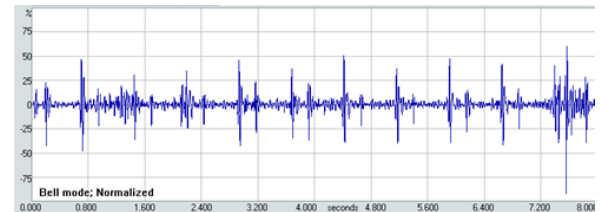
Data kedua sebagai sinyal kedua, jantung koroner dengan spesifikasi lateral infarct dan ishemik inferior. Data ketiga sebagai sinyal ketiga, jantung koroner dengan spesifikasi inferior infarct, ishemik dan sinus rhythm dengan kompleks ventrikular frekuensi awal. Pengambilan data (perekaman suara jantung) dilakukan oleh dokter ahli jantung dengan menggunakan stetoskop elektronik.

Sinyal masukan yang diperoleh diolah dengan *Short Time Fourier Transform* (STFT) dari suatu sinyal $x(t)$. Program ekstraksi fitur ini dirancang dengan alur proses yang ditunjukkan pada Gambar 4. Langkah awal dari metode STFT adalah memilih window, dimana pada penelitian ini menggunakan windowing Hamming dengan lebar 20. Setelah memilih window, selanjutnya adalah mengolah hasil tersebut dengan *Fast Fourier Transform*. Langkah selanjutnya adalah menghitung magnitudo sinyal. Dari hasil akhir didapatkan nilai magnitudo, terhadap frekuensi dan window.

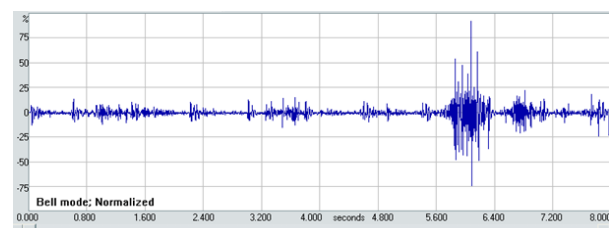
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini *Feature Extractions* yaitu, STFT telah diuji coba pada data pasien jantung koroner, dengan tiga spesifikasi jantung koroner. Data pertama, jantung koroner dengan spesifikasi *hypertrophy* ventricular kiri dengan abnormal repolisasi dengan kesimpulan abnormal ECG (deteksi dengan Elektrokardiograf). Data kedua, jantung koroner dengan spesifikasi lateral infarct dan ishemik inferior. Data ketiga, jantung koroner dengan spesifikasi inferior infarct, ishemik dan sinus rhythm dengan kompleks ventrikular frekuensi awal. Masing – masing sinyal ditunjukkan pada Gambar 5 untuk data pertama, Gambar 6 untuk data kedua, dan Gambar 7 untuk data ketiga. Masing – masing data memiliki lama waktu perekaman 8 detik, dan diambil beberapa siklus dengan menggunakan segmentasi sinyal, untuk dianalisa dengan menggunakan STFT, dengan transformasi tersebut diketahui masing – masing frekuensi, *window* (fungsi waktu) dan waktu. Hasil perekaman dengan stetoskop digital menghasilkan data dengan format .Trk.e4k, yang harus diubah terlebih dahulu kedalam bentuk .wav, setelah itu diambil poin – poin sinyal dan masuk ke langkah *preprocessing*. Dari data pertama diambil sembilan segmen dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil Ekstraksi dari sinyal PJK (Penyakit Jantung Koroner) menunjukkan bahwa rata – rata frekuensi sebesar 505.56 ± 8.82 Hz, dan sinyal ini terdeteksi pada rata-rata window ke 21.44 ± 2.92 , dengan waktu rata – rata 0.05 ± 0.02 s. Hasil ekstraksi ciri sinyal kedua, terdeteksi rata – rata frekuensi sebesar 376.11 ± 2.20 Hz, rata – rata window ke 141.67 ± 2.5 , dan waktu rata – rata 0.35 ± 0.02 s, ditunjukkan pada tabel dua. Hasil ekstraksi ciri pada sinyal ketiga, ditunjukkan pada tabel tiga, dengan rata-rata frekuensi sebesar 217.14 ± 12.78 Hz, pada rata- rata window ke 74.29 ± 4.16 , dengan waktu 0.17 ± 0.02 s. Dari hasil keseluruhan, menunjukkan ekstraksi ciri bahwa seluruh frekuensi memiliki rata-rata nilai lebih dari 200 Hz [9]. Sedangkan suara jantung normal memiliki frekuensi antara 20-200 Hz, dan abnormal memiliki rentang frekuensi hingga 1000 Hz. Hasil data pertama dan kedua menunjukkan frekuensi bernilai di atas 200 Hz, dan di atas

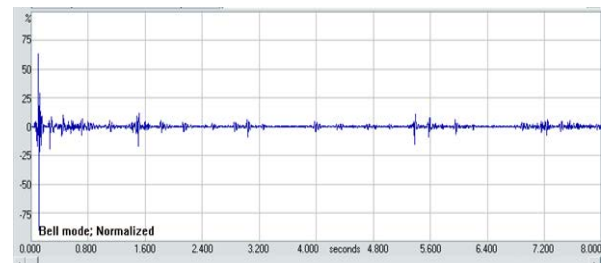
nilai normal pada umumnya, sedangkan pada data ketiga memiliki nilai yang hampir mendekati 200 Hz, hal ini diakibatkan karena terdapat kelainan frekuensi awal pada ventrikular (berdasarkan hasil ECG pasien). Sehingga, hal ini menyebabkan range frekuensi yang beririsan antara normal dan abnormal, dan diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membedakan, sehingga mampu diklasifikasikan berdasarkan nilai-nilai yang lebih detail.



Gbr. 5 Sinyal suara penyakit jantung koroner (data pertama)



Gbr. 6 Sinyal suara penyakit jantung koroner (data kedua)



Gbr. 7 Sinyal suara penyakit jantung koroner (data ketiga)

TABEL I
HASIL STFT SINYAL PERTAMA

No	Nama sampel	Window ke-	Frekuensi (Hz)	Waktu (s)
1	Sinyal 1_1	18	520	0.0408
2	Sinyal 1_2	20	500	0.0445
3	Sinyal 1_3	25	500	0.0564
4	Sinyal 1_4	20	500	0.0511
5	Sinyal 1_5	22	510	0.0509
6	Sinyal 1_6	25	520	0.0985
7	Sinyal 1_7	20	500	0.0456
8	Sinyal 1_8	25	500	0.0574
9	Sinyal 1_9	18	500	0.0408
	rata - rata	21.44	505.56	0.05
	StDev	2.92	8.82	0.02

TABEL 2
HASIL STFT SINYAL PERTAMA

No.	Nama Sampel	Window ke-	Frekuensi (Hz)	Waktu (s)
1	Sinyal 2_1	140	375	0.3316
2	Sinyal 2_2	140	375	0.3266
3	Sinyal 2_3	145	380	0.3404
4	Sinyal 2_4	140	380	0.3818
5	Sinyal 2_5	140	375	0.3791
6	Sinyal 2_6	140	375	0.3295
7	Sinyal 2_7	140	375	0.3399
8	Sinyal 2_8	145	375	0.3456
9	Sinyal 2_9	145	375	0.3435
	rata - rata	141.67	376.11	0.35
	StDev	2.50	2.20	0.02

TABEL 3
HASIL STFT SINYAL KETIGA

No.	Nama Sampel	Window ke-	Frekuensi (Hz)	Waktu (s)
1	Sinyal 3_1	80	240	0.1884
2	Sinyal 3_2	70	220	0.1495
3	Sinyal 3_3	75	220	0.2061
4	Sinyal 3_4	75	220	0.176
5	Sinyal 3_5	70	200	0.1322
6	Sinyal 3_6	70	200	0.1621
7	Sinyal 3_7	80	220	0.1661
	rata - rata	74.29	217.14	0.17
	StDev	4.16	12.78	0.02

V. KESIMPULAN

Hasil ekstraksi ciri menggunakan *Short Time Fourier Transform* (STFT), pada sinyal Penyakit Jantung Koroner dengan spesifikasi tertentu dengan memberikan hasil bahwa frekuensi yang terdeteksi lebih dari 200 Hz, yaitu pada jantung koroner dengan spesifikasi *hypertrophy ventricular* kiri dengan abnormal repolisasi didapatkan nilai karakteristik 505.56 ± 8.82 Hz, dan sinyal ini terdeteksi pada rata-rata

window ke 21.44 ± 2.92 , dengan waktu rata – rata 0.05 ± 0.02 s, jantung koroner dengan spesifikasi *lateral infarct* dan *ischemic inferior* memiliki nilai karakteristik rata – rata frekuensi sebesar 376.11 ± 2.20 Hz, rata – rata *window* ke- 141.67 ± 2.5 , dan waktu rata – rata 0.35 ± 0.02 s, jantung koroner dengan spesifikasi *inferior infarct*, *ischemic* dan sinus *rhythm* dengan kompleks ventrikular frekuensi awal memiliki nilai karakteristik rata-rata frekuensi sebesar 217.14 ± 12.78 Hz, pada rata- rata *window* ke- 74.29 ± 4.16 , dengan waktu 0.17 ± 0.02 s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada dr. H. Hadi Hartono, Sp.JP yang telah membantu data penelitian, serta Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya atas kesempatan dan dukungan terhadap penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Lande,R dan Pelupessy, *Bunyi jantung Cermin Dunia Kedokteran*, Universitas Hasanudin, 1989.
- [2] Akay, M., *Noninvasive detection of coronary stenoses before and after angioplasty using methods.*, IEEE, 1990, trans. vol. 37.
- [3] Popov, B., *Automated Extraction of Aortic and Pulmonary Components of the Second Heart Sound for the Estimations of Pulmonary Artery Pressure*, IEEE EMBS, 2004.
- [4] Lehrer, M.D. Lehrer, Steven., *Memahami Bunyi dan Bising Jantung Anak*.Alih Bahasa Dr. Damayanti, DSA, Jakarta Barat: Binarupa Aksara, 1994.
- [5] Barkat, M., *Signal detection and estimation*, Canton Street Norwood: Artech House, Inc, 2005.
- [6] Emanuel S dan D. abner J, *Rapid Interpretation of heart sound and murmurs (Interpretasi Akurat Bunyi Jantung)*, Second Edition, Alih bahasa: Soenarno, dr, Penerbit buku kedokteran., 1994.
- [7] Obaidat, MS, *Phonocardiogram Signal Analysis: techniques and performance comparison*, Journal of medical engineering and technology, 1993.
- [8] Abbas, K dan Bassam, Rasha, *Phonocardiography Signal Processing*, Morgan & Claypool Publisher, 2009.
- [9] Schmidt, Samuel E. John Hansen, Henrik Zimmermann, Dorte Hammershøi, Egon Toft., *Coronary Artery Disease and Low Frequency Heart Sound Signatures*, Denmark: Department of Electronic Systems, Aalborg University.