

# Analisis Ekstraksi Ciri Pada Suara Jantung Diastolik dengan menggunakan *Wavelet Transform* dan *Wigner Ville Distribution*

Ira Puspasari\* Achmad Arifin Rimuljo Hendradi

1) Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya 60111

email: ira09@mhs.ee.its.ac.id

**Abstrak** – Ekstraksi ciri menjadi bagian yang sangat penting dalam menggali dinamika yang terkandung dalam data suara jantung, khususnya suara jantung kedua yang tersusun dari komponen Aortic dan Pulmonary. Oleh karena itu, perlu dipelajari metode ekstraksi ciri yang efektif. Pada penelitian ini telah dipelajari lebih spesifik dari metode ekstraksi ciri, dengan metode pengolahan sinyal non stasioner: *Wavelet Transform (WT)* dan *Wigner Ville Distributions (WVD)*. Hasilnya dengan menggunakan *WT* dan *WVD* mampu mendeteksi kedua komponen tersebut dan dapat memberikan informasi dan karakteristik baik secara kualitatif dan kuantitatif pada pengukuran suara jantung normal dan abnormal. Penelitian kami selanjutnya adalah pemodelan suara jantung yang diharapkan mampu lebih mendiskripsikan dan memberikan informasi tentang karakteristik suara jantung secara objektif.

**Kata Kunci:** ekstraksi ciri, suara jantung, *Time-frequency analysis*.

## 1. PENDAHULUAN

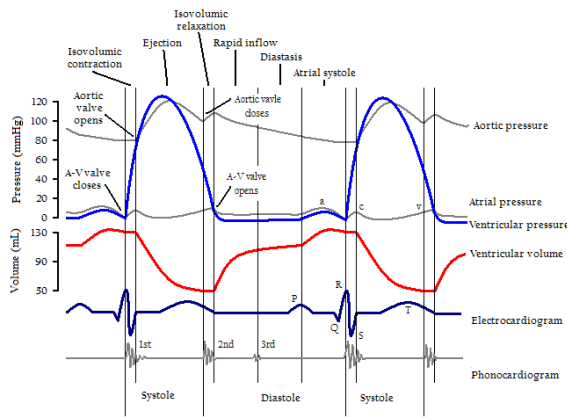
Analisa suara jantung diperlukan untuk mendiagnosa adanya ketidaknormalan pada fungsi jantung. Salah satu alat bantu diagnosa adalah stetoskop elektronik, karena dapat merekam suara jantung untuk didengarkan kembali atau diolah untuk didengarkan frekuensi tertentu dari data tersebut. Pendeteksian awal penyakit jantung dengan menggunakan stetoskop disebut teknik auskultasi, yang merupakan proses interpretasi gelombang-gelombang akustik yang dihasilkan oleh aktivitas mekanik jantung. Auskultasi merupakan metode screening dengan biaya rendah yang digunakan sebagai alat fundamental dalam pendiagnosaan penyakit jantung [1]. Dalam pendiagnosaan, auskultasi dapat memberikan informasi mengenai fungsi katup-katup jantung dan hemodinamik jantung, serta pendeteksian gangguan jantung, terutama permasalahan valvular. Suara jantung normal mempunyai rentang frekuensi antara 20 Hz hingga 500 Hz, sedangkan suara jantung abnormal mempunyai rentang frekuensi hingga 1000 Hz. Jantung yang tidak normal memperdengarkan suara tambahan yang disebut murmur [1]. Murmur 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. 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. Penelitian Jipping Xu dkk [2], menganalisa komponen aortic dan pulmonary suara jantung kedua dengan menggunakan sebuah model sinyal nonlinier transien, hasilnya menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu mengisolasi dan mengekstrak overlapping komponen A2 dan P2. Penelitian berikutnya adalah ekstraksi otomatis dari komponen A2 dan P2 untuk mengetahui tekanan darah normal pada pulmonari-arteri (*Pulmonary Artery Pressure*) menggunakan algoritma otomatis, yang berdasarkan kombinasi model chirplet Gaussian dan pendekatan sinyal statistik berdasarkan analisa waktu dan frekuensi [3]. Pada penelitian ini mempelajari lebih spesifik dari metode ekstraksi ciri untuk diastolik patologi khususnya A2 (Katup aortik) dan P2 (katup Pulmonari) yang selama ini sering tersembunyi karena terpisah waktu kurang dari 30 ms [7], dengan metode pengolahan *Time Frequency Analysis: Wigner-Ville Distributions (WVD)*, dan *Continue Wavelet Transform (CWT)*.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Suara Jantung

Jantung berfungsi sebagai pompa yang mendorong darah melalui seluruh sistem vaskuler [4]. 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) [1]. Selama fase sistolik dan diastolik, suara jantung dihasilkan dari pembukaan dan penutupan katub jantung, aliran darah didalam jantung, getaran otot jantung. Empat suara jantung dihasilkan di siklus kardiak [1]. Suara jantung pertama



Gambar 1. Gambar Hubungan Suara Jantung dan Siklus Jantung [1].

(S1) dan kedua (S2) dapat didengar dengan mudah pada jantung normal melalui stetoskop yang ditempatkan di area dada dengan tepat. 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 sistolik, 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 [5].

## 2.2. Wavelet Transform

Transformasi Wavelet (WT) adalah metode transformasi yang mengadopsi metode Fourier Transform dan Short Time Fourier Transform (STFT). Seperti halnya STFT, Wavelet Transform mentransformasi sinyal dalam domain waktu menjadi sinyal dalam domain waktu dan frekuensi (yang dalam hal ini dibentuk menjadi domain *translation* and *scale*). Translation adalah sebuah bentuk transformasi dari domain waktu. Translation terkait dengan lokasi dari *window function*, di mana *window* dipindah-pindahkan sepanjang sinyal yang masuk. *Scale* adalah bentuk transformasi dari frekuensi, dimana nilai *scale* berbanding terbalik dengan nilai frekuensi. WT dibedakan menjadi dua, yaitu *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Continue Wavelet Transform* (CWT). Pada penelitian ini menggunakan CWT yang didefinisikan sebagai berikut:

$$CWT_x^\psi(\tau, s) = \psi_x^\psi(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot \psi^* \left( \frac{t-\tau}{s} \right) dt \quad (1)$$

dimana  $s$  menunjukkan skala,  $\tau$  adalah time shift yang menunjukkan pergeseran atau translasi mother wavelet dan  $\psi^*$  ( $(t-\tau)/s$ ) menunjukkan mother wavelet.

## 2.3. Center of Gravity (CoG)

COG adalah titik pusat pivot dari sebuah area. Jika ( $t_{COG}$ ,  $s_{COG}$ ) adalah koordinat dari CWT koefisien sebagai magnitudo yang ternormalisasi, di mana lokasinya adalah ( $t_1, s_1$ ), ( $t_2, s_2$ ), ..., ( $t_n, s_n$ ), waktu-koordinat diberikan pada persamaan:

$$t_{COG} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \times s_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \quad (2)$$

Sedangkan untuk menentukan skala-koordinat:

$$s_{COG} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (3)$$

## 2.4. Wigner Ville Distribution

Distribusi wigner-ville (WVD) digunakan untuk mengetahui distribusi frekuensi-waktu dari sebuah sinyal yang memiliki resolusi frekuensi dan waktu yang tinggi [3].

Distribusi Wigner-Ville dari sinyal  $Wz(t, f)$ , didefinisikan sebagai berikut:

$$W_z(t, f) = \int_{-\infty}^{\infty} z\left(t + \frac{\tau}{2}\right) z^*\left(t - \frac{\tau}{2}\right) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (4)$$

Dimana  $z$  adalah sinyal analitik,  $t$  adalah waktu, dan  $\tau$  adalah time lag atau delay.

Properti dari WVD untuk nilai sinyal real (sinyal masukan), adalah sebuah sinyal kompleks yang didefinisikan sebagai berikut:

$$Sinput(t) = s(t) + jHT(s(t))$$

Dimana HT adalah *Hilbert Transform* dari  $s(t)$  yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H[s(t)] &= s(t) * \frac{1}{\pi} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t-\tau} \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(t-\tau)}{\tau} d\tau \end{aligned} \quad (5)$$

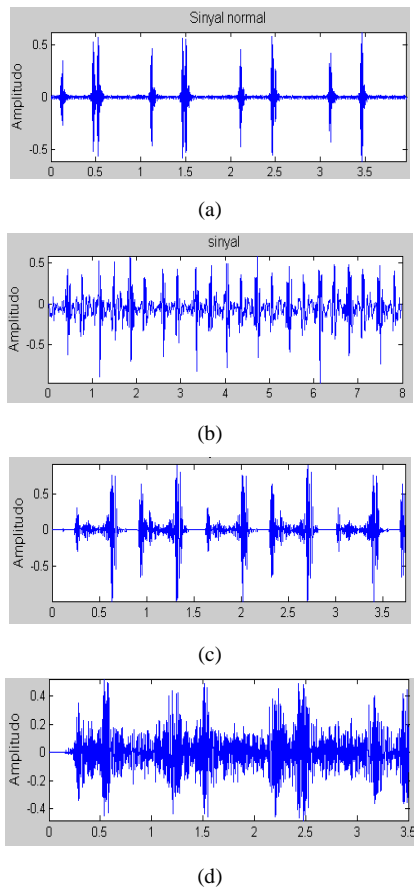
Dimana  $s(t)$  adalah sinyal masukan,  $t$  adalah waktu dan  $\tau$  adalah time lag sinyal.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

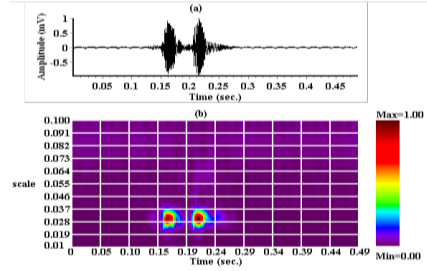
Pada penelitian ini seluruh *Feature Extractions* telah diuji coba pada data yang sama. Data suara jantung normal publik (Sampel A dan B) dengan frekuensi sampling 8000 Hz dan lama waktu perekaman 3, 96 detik. Sedangkan data suara jantung normal subjek pada penelitian ini disebut Sampel C dan D, dimana Sampel C merupakan hasil dari Subjek pertama yaitu satu wanita berusia 26 tahun dan berat badan 45 kg dengan kondisi jantung normal dan Sampel D

merupakan hasil dari Subjek kedua yaitu pria berusia 28 tahun, berat badan 68 kg dengan kondisi jantung normal. Sedangkan data publik diperoleh dari database [3] dan [6]. Lama waktu perekaman pada data subjek selama 8 detik, pada masing – masing pengambilan titik. Data yang ditampilkan di tabel merupakan nilai rata-rata dari pengambilan data di empat titik. Data suara jantung abnormal di ambil dari data publik pada murmur diastolik yaitu: Mitral stenosis dengan waktu 3,73 detik, dan frekuensi sampling 8000 Hz. Data suara jantung abnormal lainnya adalah aortic regurgitasi dengan waktu 3,5 detik yang memiliki kelainan pada suara jantung diastolik. Sinyal suara jantung dapat dilihat pada gambar dua.

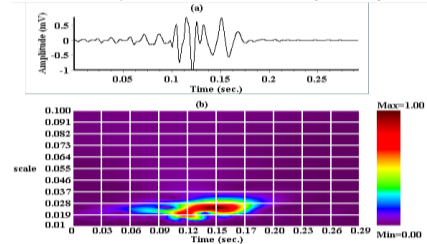
Hasil pengolahan *Continuous Wavelet Transform* (CWT) dengan menggunakan Morlet sebagai mother wavelet untuk semua sinyal suara jantung ditunjukkan oleh gambar tiga, empat dan lima. Hasil CWT untuk sinyal normal\_A dapat dilihat pada gambar tiga, gambar empat merupakan hasil CWT mitral stenosis, dan gambar lima merupakan hasil CWT aortic regurgitasi . Dari hasil yang diperoleh, selanjutnya dilakukan picking area yaitu pengambilan komponen A2 (Aortic) dan komponen P2 (Pulmonary).



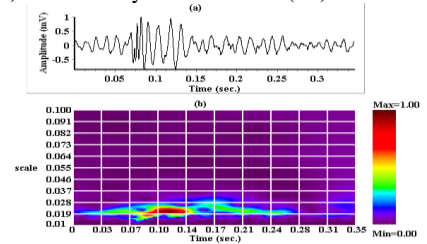
Gambar 2. (a) sinyal suara jantung normal publik, (b) sinyal suara jantung normal sampel (c) sinyal suara jantung mitral stenosis, dan (d) sinyal suara jantung aortic regurgitasi



Gambar 3. Hasil CWT S2 dari sinyal normal\_A:  
(a) sinyal suara kedua (S2) jantung normal  
(b) contour sinyal suara kedua (S2) jantung normal

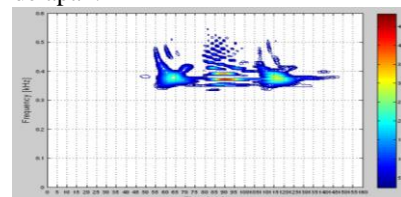


Gambar 4. Hasil CWT S2 dari sinyal mitral stenosis\_A:  
(a) sinyal suara kedua (S2) mitral stenosis  
(b) contour sinyal suara kedua (S2) mitral stenosis

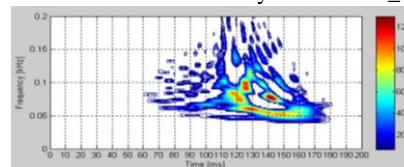


Gambar 5. Hasil CWT S2 dari sinyal aortic regurgitasi\_A:  
(a) sinyal suara kedua (S2) aortic regurgitasi  
(b) contour sinyal suara kedua (S2) aortic regurgitasi

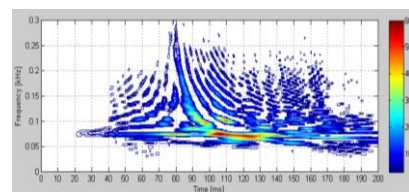
Hasil pengolahan WVD sinyal normal\_A ditunjukkan pada gambar enam, sinyal mitral stenosis pada gambar tujuh dan sinyal aortic regurgitasi pada gambar delapan.



Gambar 6. Hasil WVD sinyal S2 normal\_A



Gambar 7. Hasil WVD sinyal S2 mitral stenosis\_A



Gambar 8. Hasil WVD sinyal S2 aortic regurgitasi\_A

Tabel 1. Hasil ekstraksi ciri sinyal normal

No	Sampel	CWT					WVD			
		skala bawah	skala atas	range skala	Durasi (s)	<i>Cog time</i>	<i>split time</i> (s)	interval frekuensi (kHz)	interval waktu (ms)	<i>split time</i> (s)
1	A-A2	0.028	0.037	0.009	0.019	0.166	0.051	0.1 - 0.5	55 - 75	0.03
2	A-P2	0.026	0.039	0.013	0.019	0.217		0.1 - 0.5	105 - 130	
3	B-A2	0.025	0.039	0.014	0.031	0.124	0.033	0.1 - 0.5	60 - 80	0.015
4	B-P2	0.026	0.039	0.013	0.017	0.157		0.1 - 0.5	95 - 115	
5	C-A2	0.026	0.039	0.013	0.024	0.108	0.034	0.1 - 0.45	45 - 65	0.02
6	C-P2	0.03	0.036	0.006	0.007	0.142		0.1 - 0.45	85 - 100	
7	D-A2	0.023	0.043	0.02	0.034	0.097	0.029	0.1 - 0.45	35 - 55	0.015
8	D-P2	0.028	0.036	0.008	0.009	0.126		0.1 - 0.45	70 - 80	
rata – rata A2		0.026	0.04	0.014	0.027	0.124	Avg =			Avg =
SD		0.002	0.003	0.005	0.007	0.03	0.037			0.02
rata – rata P2		0.028	0.038	0.01	0.013	0.161	SD =			SD =
SD		0.002	0.002	0.004	0.006	0.04	0.01			0.007

Tabel 2. Hasil ekstraksi ciri sinyal mitral stenosis

No	Sampel	CWT					WVD			
		skala bawah	Skala atas	range skala	Durasi (s)	<i>Cog time</i>	<i>split time</i> (s)	interval frekuensi (kHz)	interval waktu (ms)	<i>split time</i> (s)
1	A	0.018	0.031	0.013	0.071	0.137	-	0.05 - 0.2	110 - 170	-
2	B	0.017	0.033	0.016	0.086	0.168	-	0.04 - 0.25	110 - 170	-
3	C	0.016	0.033	0.017	0.099	0.168	-	0.05 - 0.2	110 - 170	-
4	D	0.017	0.033	0.016	0.086	0.171	-	0.05 - 0.25	110 - 170	-
5	E	0.016	0.033	0.017	0.099	0.211	-	0.04 - 0.25	110 - 170	-
rata – rata S2		0.017	0.033	0.016	0.088	0.171				
SD		0.001	0.001	0.002	0.012	0.026				

Tabel 3. Hasil ekstraksi ciri sinyal aortic regurgitasi

No	Sampel	CWT					WVD			
		skala bawah	skala atas	range skala	Durasi (s)	<i>Cog time</i>	<i>split time</i> (s)	interval frekuensi (kHz)	interval waktu (ms)	<i>split time</i> (s)
1	A	0.011	0.022	0.011	0.252	0.138	-	0.05 - 0.2	100 - 145	-
2	B	0.011	0.02	0.009	0.414	0.223	-	0.05 - 0.15	100 - 145	-
3	C	0.011	0.023	0.012	0.434	0.227	-	0.05 - 0.15	100 - 145	-
rata – rata S2		0.011	0.022	0.011	0.367	0.196				
SD		0	0.002	0.002	0.1	0.05				

Hasil analisis CWT memberikan informasi temporal dari masing – masing sinyal baik normal maupun abnormal. Dapat dilihat pada tabel satu untuk sinyal normal yang dikarakterisasi berdasarkan waktu terjadi dan berakhirnya periode diastolik, serta waktu terjadi dan berakhirnya komponen A2 dan P2 yang merupakan komponen penyusun suara diastolik. Dari tabel satu fase diastolik sinyal normal memiliki batas bawah  $0.111 \pm 0.034$  detik dan batas atas  $0.167 \pm 0.040$  detik, sehingga fase diastolik memiliki durasi rata – rata sebesar  $0.056 \pm 0.007$  detik. Rata – rata periode diastolik pada penelitian ini sebesar 0.487 detik. Seperti yang dijelaskan pada literatur [7] yang menyatakan bahwa durasi periode suara kedua jantung sebesar 0.5 detik, diperoleh nilai *centre of gravity* pada masing – masing komponen serta sinyal S2. Nilai CoG pada A2 sebesar  $0.124 \pm 0.030$ , P2 sebesar  $0.161 \pm 0.040$ , S2 sebesar  $0.137 \pm 0.040$ , dan nilai split time untuk sinyal normal sebesar 0.027 ms.

Pada tabel dua fase diastolik sinyal mitral stenosis memiliki batas bawah  $0.125 \pm 0.021$ , batas atas  $0.213 \pm 0.029$ , serta durasi pada S2 sebesar  $0.088 \pm 0.011$ , karakteristik dengan CoG sinyal S2 mitral stenosis memiliki nilai rata- rata  $0.171 \pm 0.026$ . Karena pada mitral stenosis ini terjadi *overlapping* komponen A2 dan P2, sehingga metode CWT memberikan informasi tentang waktu terjadi dan berakhirnya diastolik (S2). Data aortic regurgitasi pada tabel tiga yang diolah menggunakan CWT mampu memberikan informasi berupa waktu terjadi waktu berakhirnya S2 serta durasinya. Hasil nilai bawah komponen S2 sebesar  $0.022 \pm 0.016$ , batas atas sebesar  $0.0389 \pm 0.109$ , dan durasi S2 sebesar  $0.367 \pm 0.1$ . Pada tabel tiga karakteristik dengan CoG sinyal S2 aortic regurgitasi memiliki nilai rata- rata  $0.196 \pm 0.05$  detik. Pada penelitian ini hasil karakterisasi dengan menggunakan CWT pada sinyal mitral stenosis dan aortic regurgitasi memberikan

informasi bahwa pada sinyal murmur diastolik tersebut, merupakan sinyal single component, dimana komponen A2 dan P2 menjadi satu, sehingga informasi yang diberikan mengenai S2. Pada penelitian sebelumnya [8] dijelaskan bahwa terdapat beberapa murmur yang memiliki *single component*, dimana komponen A2 dan P2 bisa berada dalam beberapa kondisi, yaitu terpisah, dan *overlapping*. Pada analisis WVD masih terdapat banyak *noise* sehingga distribusi energi pada masing – masing sinyal kurang jelas. Seperti pada penelitian sebelumnya [9], bahwa terdapat fenomena interferensi yang ditunjukkan pada komponen frekuensi. Interferensi tersebut dapat mempengaruhi interpretasi dari frekuensi, namun pada penelitian ini tidak melakukan proses smoothing untuk menghilangkan interferensinya. Pada tabel satu dapat dilihat hasil karakterisasi distribusi energi frekuensi pada sinyal normal, yang terletak pada interval frekuensi tertentu untuk masing – masing sinyal. Selain itu, terdapat nilai *split time* sebesar 20 ms, hal ini sesuai dengan [10] yang menyatakan bahwa *split time* komponen A2 dan P2 suara jantung kedua kurang dari 30 ms. Pada tabel dua terlihat bahwa nilai range mitral stenosis frekuensi dan range waktu untuk sinyal mitral stenosis adalah 0.05-0.25 kHz dan 110-170 ms. Durasi S2 sinyal mitral stenosis sebesar 60 ms. Sedangkan sinyal aortic regurgitasi memiliki rentang frekuensi dan waktu sebesar 0.05-0.2 kHz dan 100-145 ms. Durasi S2 sinyal aortic regurgitasi sebesar 45 ms.

#### 4. KESIMPULAN

*Continue Wavelet Transform* mampu mendeteksi dua komponen, yaitu komponen A2 dan komponen P2 pada suara kedua jantung normal, informasi yang diberikan berupa durasi S2, durasi A2, durasi P2 dan *split time* antara A2 dan P2. Sedangkan *Wigner-Ville Distribution* memberikan informasi distribusi frekuensi komponen serta informasi temporal. Tetapi memiliki kelemahan yaitu terjadi *interference term* yang mempengaruhi interpretasi dari frekuensi.

#### 5. SARAN

Agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut, maka diberikan beberapa saran positif yang bersifat membangun, yaitu: perlu dilakukan semacam *research study* secara klinis pada pasien jantung abnormal, sehingga mendapatkan hasil uji coba real. Perbaikan pada proses segmentasi juga sangat penting untuk dilakukan. Prosedur tambahan pada algoritma segmentasi dibutuhkan agar proses segmentasi otomatis bisa dilakukan pada data hasil rekaman menggunakan stetoskop digital. Pada metode WVD masih terlalu banyak *noise* dan

terjadi interferensi, sehingga perlu algoritma tambahan seperti Pseudo WVD atau kombinasi Fourier Bessel untuk smoothing hasil distribusi spektrum energi atau bahkan menghilangkan noise.

#### 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Tesis Master di Bidang Keahlian Elektronika Program Pasca Sarjana Teknik Elektro ITS. Penulis berterima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro ITS dan STIKOM Surabaya atas semua bentuk dukungan selama masa studi.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Abbas, Abbas K dan Bassam, Rasha (2009), Phonocardiography Signal Processing, Morgan & Claypool Publisher
- [2] A.Rizal, dan Suryani, Vera (tidak ada tahun), Pengenalan Suara Jantung menggunakan Dekomposisi Paket Wavelet dan Jaringan Syarat Tiruan ART2 (Adaptive Resonance Theory 2), Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung.
- [3] B.Popov (2004), Automated Extraction of Aortic and Pulmonary Components of the Second Heart Sound for the Estimations of Pulmonary Artery Pressure, IEEE EMBS.
- [4] Amin, Debbal S.M dan Reguig, Fethi Bereksi (2007), Features for Heartbeat Sound Signal Normal and Pathological, Geni-Biomedical Laboratory (GBM), Department of Electronic, Faculty of Science Engineering, University Aboubekr Belkaid, Tlemcen, Algeria
- [5] M. Akay dkk (1990), Noninvasive detection of coronary stenoses before and after angioplasty using methods, IEEE trans vol 37
- [6] [http://www.med.umich.edu/lrc/psb/heart\\_sounds](http://www.med.umich.edu/lrc/psb/heart_sounds)
- [7] Rizal, Achmad dan Suryani, Vera (Tanpa tahun), Aplikasi pengolahan sinyal digital pada analisis dan pengenalan suara jantung dan paru untuk diagnosis penyakit jantung dan paru secara otomatis, STT Telkom, Bandung.
- [8] Hendradi, Rimuljo dkk (2013), Characterization of Normal Heart Sounds Using Continuous Wavelet Transform, akan dipublikasikan di IEICE
- [9] Marir, Farid (2006), Time frequency analysis of speech signals Smoothed Pseudo-Wigner-Ville Distribution, Makkah College of Technology, KSA
- [10] M. Akay dkk (1990), Detection of coronary occlusions using autoregressive modeling of diastolic heart sounds, IEEE trans vol 37

