

Analisis Frekuensi – Waktu pada Sinyal Jantung Koroner Menggunakan Distribusi Wigner-Ville

Ira Puspasari¹

Abstract—Coronary heart disease is the third leading cause of death each year and the number of patients with coronary heart disease growing. Due to the rise of the disease, we need a tool for early detection of heart abnormalities that coronary heart disease. For research on electronic detection, a preliminary study on cardiac signals is needed. Coronary Heart Disease has been explored with certain specifications, information on the frequency and time distribution by using Wigner - Ville and the result that the frequency detected of 200 Hz, which is the specification of coronary heart disease with left ventricular hypertrophy abnormal values obtained repolarization characteristic frequency range between 200-550 Hz, and the time interval 50-100 ms, coronary heart disease with specifications lateral inferior infarct and ischemic has a value characteristic frequency range of 200-500 Hz and the time interval 50-150 ms, coronary artery infarct with inferior specifications, ischemic and sinus rhythm the initial frequency of ventricular complexes have characteristic value interval 20-350 Hz frequency and time interval 50-250 ms.

Intisari—Penyakit jantung koroner adalah penyebab kematian ketiga dan setiap tahun angka penderita penyakit jantung koroner kian bertambah. Dikarenakan semakin maraknya penyakit tersebut, maka dibutuhkan sebuah alat deteksi dini kelainan jantung yaitu jantung koroner. Untuk penelitian tentang pendeksi elektronik, diperlukan penelitian – penelitian awal tentang sinyal jantung. Telah dieksplorasi Penyakit Jantung Koroner dengan spesifikasi tertentu, mengenai informasi frekuensi dan wakunya dengan menggunakan Distribusi Wigner – Ville dan memberikan hasil bahwa frekuensi yang terdeteksi lebih dari 200 Hz, yaitu pada jantung koroner dengan spesifikasi hypertrophy ventricular kiri dengan abnormal repolarisasi didapatkan nilai karakteristik range frekuensi antara 200 – 550 Hz, dan interval waktu 50-100 ms, jantung koroner dengan spesifikasi lateral infarct dan ischemic inferior memiliki nilai karakteristik range frekuensi 200 – 500 Hz dan interval waktu 50 – 150 ms, jantung koroner dengan spesifikasi inferior infarct, ischemic dan sinus rhythm dengan kompleks ventrikular frekuensi awal memiliki nilai karakteristik interval frekuensi 20-350 Hz dan interval waktu 50-250 ms.

Kata Kunci—ekstraksi ciri, jantung koroner, *Time-frequency analysis, Wigner - Ville Distribusi*

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

Di Indonesia, penyakit jantung koroner adalah penyebab kematian ketiga dan setiap tahun angka penderita penyakit jantung koroner kian bertambah. Penyakit jantung jenis ini diperkirakan terus meningkat seiring dengan meningkatnya pendapatan masyarakat dan gaya hidup. Namun, terkadang penderita hanya menganggap masalah ini disebabkan oleh bertambahnya usia atau nyeri dada biasa, dimana pada penyakit jantung koroner nyeri ini disebut *agnia*. *Angina* dikatakan bertambah parah jika terjadi pengurangan tenaga secara besar-besaran dalam waktu singkat. Puncak dari angina yang semakin memburuk ini adalah nyeri pada saat istirahat.

Pada jenis penyakit jantung koroner yang lebih parah, gejala lain selain angina adalah *myokard infark* yakni kematian otot jantung. Jika *myokard infark* terjadi, gejalanya adalah nyeri dada yang hebat, mudah berkeringat, mual, muntah, hingga hilangnya kesadaran. Kondisi kematian otot jantung ini juga bisa menyebabkan kematian. Gejala *myokard infark* ini berbeda-beda tergantung seberapa banyak otot jantung yang rusak.

Dikarenakan semakin maraknya penyakit tersebut, dan tidak mengenal usia tua atau muda, maka dibutuhkan sebuah alat deteksi dini kelainan jantung yaitu jantung koroner. Pendeksi secara elektronik, akan mampu mencegah penyakit koroner yang sudah parah. Untuk penelitian tentang pendeksi elektronik, diperlukan penelitian – penelitian awal tentang sinyal jantung, baik itu sinyal jantung normal maupun abnormal yaitu jantung koroner. Untuk dapat membedakan dibutuhkan classifier yang mampu membedakan jantung normal dan abnormal. Data yang dimasukkan kedalam sebuah classifier merupakan data karakteristik dari sinyal jantung. Beberapa penelitian tentang sinyal jantung telah dilakukan antara lain: Lehner dan Rangayyan telah dikembangkan sistem mikrokomputer untuk memotong sinyal phonokardiogram (PKG) dan karakteristik murmur. PKG terbagi dalam komponen sistolik dan diastolik. Selain itu, sistem pengenalan secara otomatis dengan jaringan syaraf tiruan (JST) menangkap pola yang sederhana, yaitu jantung normal, murmur sistolik dan diastolik saja (Abbas, 2009).

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 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*.

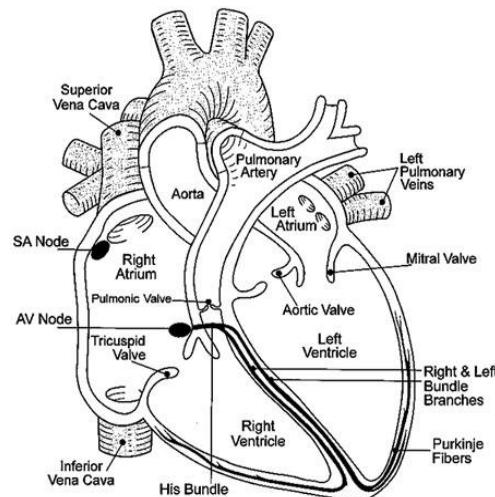
Ekstraksi ciri dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode dan transformasi, diantaranya *Wigner-Ville Distributions Transform*. Dengan menggunakan metode tersebut mampu direpresentasikan hasil frekuensi dan waktu serta energi yang terdistribusi pada sebuah sinyal. Penelitian yang pernah dilakukan dengan metode ini antara lain: Analisis waktu dan frekuensi untuk mendekripsi kesalahan pada gear box dengan menggunakan *Wigner-Ville Distributions* (Staszewski, 2007), Penelitian berikutnya adalah sebuah implementasi efisiensi real time Distribusi Wigner – Ville untuk melihat distribusi frekuensi dan waktu (Boashash, 2003).

Penelitian tentang sinyal jantung normal untuk suara S2 dengan menggunakan *Wigner-Ville Distributions Transform* menghasilkan bahwa menyatakan bahwa split time komponen A2 dan P2 suara jantung kedua kurang dari 30 ms, terlihat bahwa nilai range mitral stenosis frekuensi dan range waktu untuk sinyal mitral stenosis adalah 0.05-0.1 kHz dan 110-170 ms. Durasi S2 sinyal mitral stenosis sebesar 60 ms. Sedangkan sinyal aortic regurgitasi memiliki rentang frekuensi dan waktu sebesar 0.05-0.1 kHz dan 100-130 ms. Durasi S2 sinyal aortic regurgitasi sebesar 30 ms (Puspasari, 2013). Pada penelitian ini akan mempelajari karakteristik sinyal jantung koroner dengan menggunakan *Wigner-Ville Distributions Transform*. Dengan harapan nilai ekstraksi cirinya dapat digunakan untuk pengembangan diagnosa elektronik penyakit jantung, tanpa menghilangkan peran dokter dalam menegakkan diagnosis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Anatomi dan Fisiologi Jantung

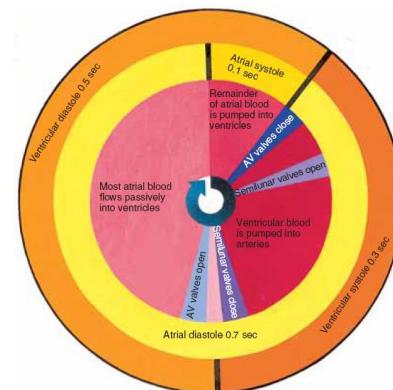
Jantung berfungsi sebagai pompa yang mendorong darah melalui seluruh sistem vaskuler (Akay, 1990). Jantung dibedakan menjadi dua bagian, yaitu: jantung bagian kanan yang memompa darah melalui paru-paru dan jantung bagian kiri yang memompa darah melalui organ dan jaringan perifer. Masing-masing unit terdiri dari dua ruangan, atrium dan ventrikel. Secara sederhana, dua atrium berfungsi sebagai tempat untuk mengumpulkan darah kembali ke jantung, sedangkan kedua ventrikel berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Darah mengalir dari atrium ke ventrikel dan kemudian mengalir dari ventrikel ke seluruh tubuh (Gambar 1)



Gambar. 1 Anatomi Jantung (Tilkian, Tanpa Tahun)

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) (Abbas, 2009). Selama sistol, ruang jantung memompa darah ke luar; selama diastol, ruang jantung terisi dengan darah.

Sistol ventrikel terjadi setelah penutupan katup mitral dan trikuspid. Periode sistolik dibagi dalam dua fase: Periode sistolik bagian pertama, yaitu: Periode sistolik dimulai dengan peningkatan tekanan ventrikel untuk pertama kali setelah katup mitral dan trikuspid menutup. Hal ini juga dikenal sebagai fase kontraksi isovolumik. Selanjutnya, diikuti ejeksi ventrikel cepat. Hal ini terjadi apabila tekanan ventrikel melebihi tekanan dalam aorta dan arteri pulmonal. Keadaan ini akan memaksa katup aorta dan pulmonal membuka sehingga menyebabkan darah keluar dengan cepat dari ventrikel (Gambar 2). Pada periode sistolik ventrikel selanjutnya, tekanan ventrikel akan turun dan ejeksi ventrikel akan berkurang. Periode ini berlangsung sampai ejeksi ventrikel berhenti dan dimulainya periode diastol ventrikel.



Gambar. 2 Gambar Siklus Aktivitas Jantung (Tilkian, Tanpa Tahun)

Diastol ventrikel terjadi setelah penutupan katup aorta dan pulmonal. Periode diastolik dibagi dalam tiga fase:

Fase pertama, meliputi: Pada awal periode ini, tidak ada darah yang memasuki ventrikel, sehingga volumenya tidak bertambah. Keadaan ini juga dikenal sebagai fase relaksasi isovolumik. Apabila tekanan atrium melebihi tekanan ventrikel, maka katup mitral dan trikuspid akan membuka dan darah akan memasuki ventrikel dengan cepat. Keadaan ini juga dikenal sebagai fase pengisian cepat. Pada pertengahan periode diastolik, hampir tidak ada aliran ke dalam ventrikel. Periode ini terjadi ketika atrium dan ventrikel dalam keadaan relaksasi. Pada akhir periode diastolik, terjadi kontraksi atrium atau "sentakan atrium" dan darah yang tersisa akan diperas keluar dari atrium. Keadaan ini juga dikenal sebagai fase pengisian lambat.

B. Kelaianan Suara Jantung

Jantung yang tidak normal memperdengarkan suara tambahan yang disebut murmur (Ergen, Tanpa Tahun). 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. Dalam masing-masing kasus suara yang timbul adalah akibat aliran darah dengan kecepatan tinggi (turbulensi) 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. Murmur sistolik adalah bunyi yang terdengar terus menerus diantara S₁ dan S₂ (Marir, 2006). Pada beberapa pasien murmur sistolik merupakan bunyi yang normal. Murmur sistolik terjadi selama periode sistolik ventrikel. Aliran ke depan yang melewati katup aorta atau pulmonal, atau aliran regurgitasi dari katup mitral atau trikuspid dapat menimbulkan murmur sistolik. Kelaianan jantung yang umum dijumpai dengan murmur sistolik adalah insufisiensi mitral, insufisiensi trikuspid, stenosis aorta, stenosis pulmonal, dan defek septum interventrikular.

C. Analisis Time-Frequency

Dalam menganalisis sinyal diperlukan sebuah proses yang dinamakan ekstraksi ciri atau pengambilan ciri yang digunakan untuk menganalisa dan mengeksplorasi informasi yang ada pada sinyal tersebut. Berikut ini penjelasan teknik pengolahan sinyal. Distribusi wigner-ville (WVD) digunakan untuk mengetahui distribusi frekuensi-waktu dari sebuah sinyal yang memiliki resolusi frekuensi dan waktu yang tinggi (Marir, 2006).

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

$$W_z(t, f) = \int_{-\infty}^{\infty} z(t + \frac{\tau}{2}) z^*(t - \frac{\tau}{2}) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (1)$$

Dimana z adalah sinyal analitik, t adalah waktu, dan τ adalah *time lag* atau *delay*. Persamaan di atas menyerupai persamaan definisi autokorelasi sebagai berikut:

$$r_{xx}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)x(t - \tau) dt \quad (2)$$

Dimana τ adalah pergeseran waveform terhadap waveform itu sendiri. Pada dasarnya WVD dan semua distribusi Cohen Class menggunakan variasi fungsi autokorelasi. Hasil tersebut diperoleh dengan membandingkan waveform dengan waveform itu sendiri untuk semua lag yang memungkinkan. Perbandingan ini dilakukan untuk memperoleh persamaan yang disebut instantaneous auto correlations, sebagai berikut:

$$r_{xx}(t, \tau) = x(t + \frac{\tau}{2}) x^*(t - \frac{\tau}{2}) \quad (3)$$

Dimana τ adalah waktu keterlambatan atau delay dalam autokorelasi dan (*) adalah kompleks konjugasi dari sinyal z. Perbedaan antara autokorelasi biasa dan instantaneous korelasi adalah hanya pada dua variabel waktu, τ untuk lag dan t untuk sinyal.

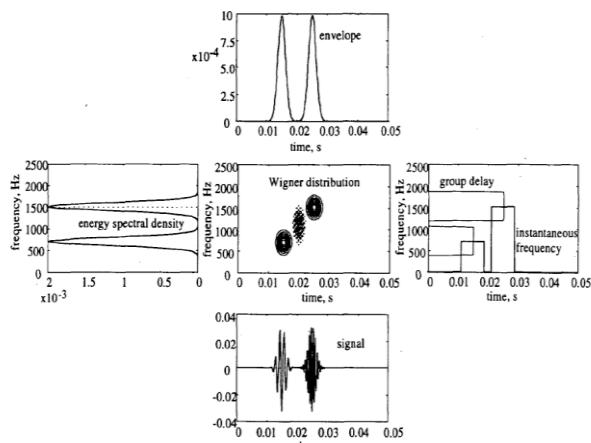
Properti dari WVD untuk nilai sinyal real (sinyal masukan), adalah sebuah sinyal kompleks yang didefinisikan sebagai berikut:

$$Sinput(t) = s(t) + jHT(s(t)) \quad (4)$$

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

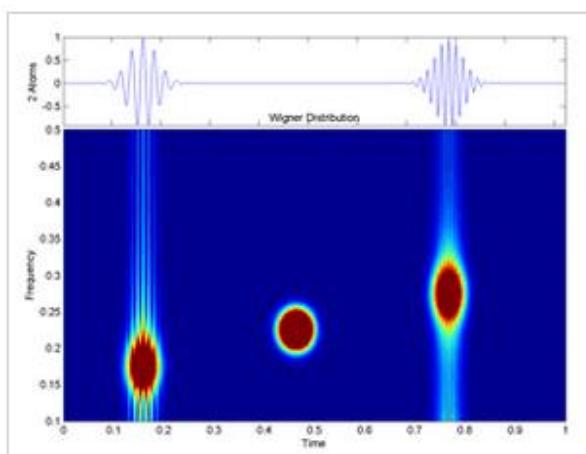
$$\begin{aligned} H[s(t)] &= s(t) * \frac{1}{\pi t} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(t - \tau)}{\tau} d\tau \end{aligned} \quad (5)$$

Dimana s(t) adalah sinyal masukan, t adalah waktu dan τ adalah time lag sinyal. Gambar. 3 merupakan hasil dari penelitian Douglas Preis tentang representasi dan analisis Sinyal Audio menggunakan distribusi Wigner Ville. Dalam penelitiannya dibahas mengenai distribusi energi pada masing – masing sinyal terhadap waktu dan frekuensi.



Gambar. 3 Distribusi Wigner Ville dari Sinyal Audio (Marir, 2006)

Contoh yang lain dari aplikasi WVD adalah untuk melihat distribusi waktu dan frekuensi pada dua atom, Gabor, tampak dari Gambar 4 terdapat dua distribusi yaitu distribusi frekuensi terhadap waktu, pada frekuensi tertentu dan terjadi pada waktu tertentu. (Gambar. 4). Semakin merah warna pada map akan berarti energi yang tersimpan pada saat tersebut semakin besar.

Gambar. 4 Frekuensi dan Waktu Distribusi Wigner Ville dari Dua Atom Gabor (versi warna) (<http://www.isnld.com/>, 2015)

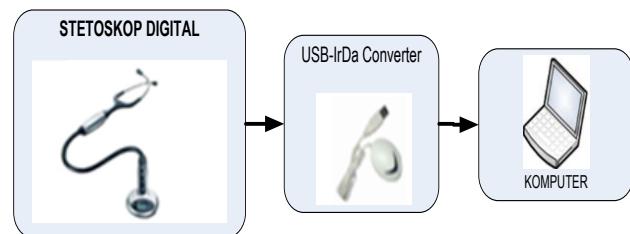
III. METODE PENELITIAN

Secara garis besar sistem dibagi menjadi dua buah subsistem, yaitu: persiapan data, dan pengambilan penciri (*feature extraction*) menggunakan analisa *Wigner Ville Distributions* (WVD). Gambar. 7 merupakan blok diagram penelitian secara keseluruhan. Pada persiapan data, data sinyal suara jantung diambil dari 3 tipe penyakit jantung koroner dengan penggunaan stetoskop digital. Total data yang telah diolah adalah 25 data. 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.

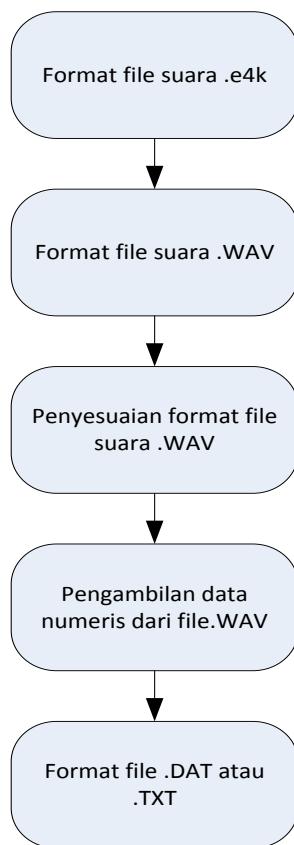
Proses berikutnya adalah *filtering* untuk mengurangi noise yang terkam pada saat perekaman suara jantung. Sehingga data yang didapat akan berkurang noisnya dan memberikan hasil yang lebih optimal. Hasil dari proses *filtering* selanjutnya diolah dengan metode WVD. Setelah itu dilakukan ekstraksi ciri 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 repolisis dengan kesimpulan abnormal ECG (deteksi dengan Elektrokardiograf). Pengambilan data sampel dengan menggunakan stetoskop, namun karena keterbatasan penyimpanan, yaitu hanya bisa menyimpan enam data, maka data dari stetoskop dipindahkan ke komputer dengan menggunakan USB Irda Converter, yaitu USB infra red yang terlebih dahulu diinstal drivernya. Gambar. 5 adalah diagram perangkat keras penelitian.

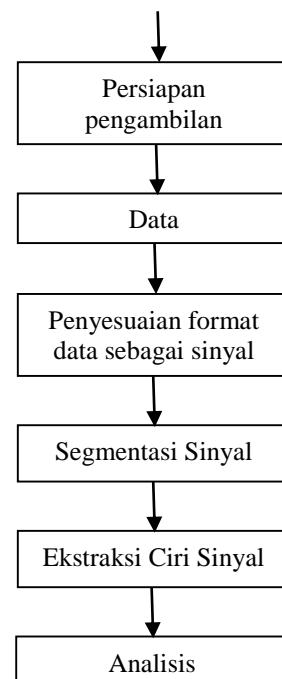
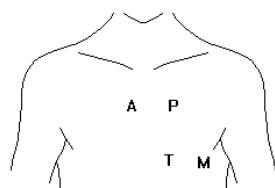


Gambar. 5 Diagram Perangkat Keras

Setiap data yang diperoleh dari stetoskop digital adalah data suara dengan format berkas .e4k. Format tersebut mengacu pada pemanfaatan perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan awal isyarat dari stetoskop. Langkah-langkah penyesuaian format ditunjukkan pada Gambar. 6 berikut ini:

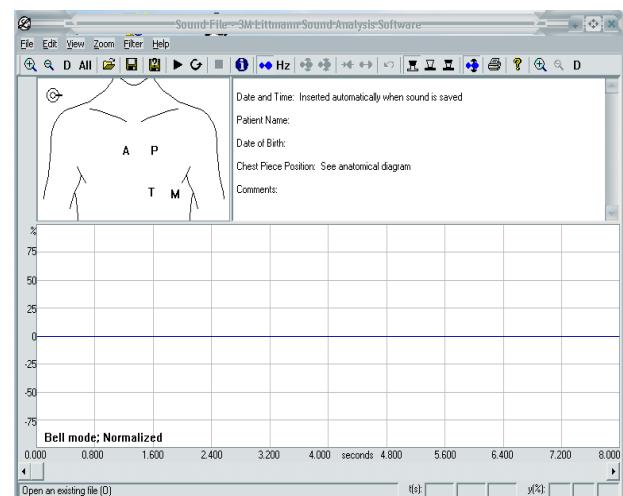


Gambar. 6 Urutan penyesuaian format sinyal masukan



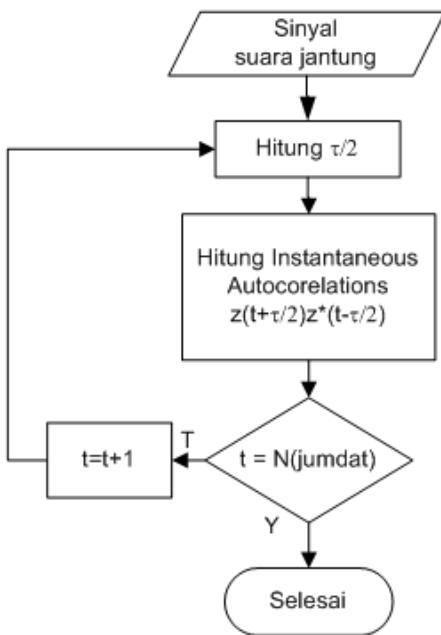
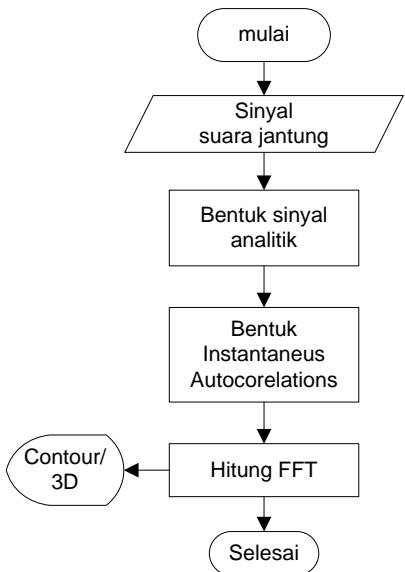
Gambar. 7 Blok diagram penelitian secara keseluruhan

Setiap data suara jantung yaitu: Aortic (A), Pulmonari (P), Mitral (M), Trikuspid (T) dari empat subjek yang diambil pada masing – masing titik dipindahkan dengan USB IrDa Converter yang kemudian akan diterima dengan format .trk dan disimpan pada komputer dengan tampilan perangkat lunak yang ditunjukkan pada Gambar. 8 Setelah itu, file dengan format .trk disesuaikan formatnya sebelum sinyal yang diperoleh dikarakterisasi.

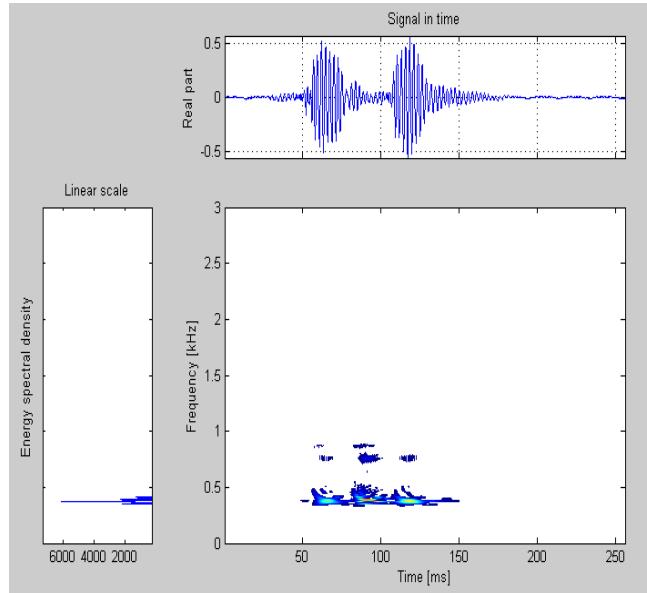


Gambar. 8 Tampilan perangkat lunak penerima rekaman

Dari hasil segmentasi, masing – masing sinyal diolah dengan menggunakan WVD. Alur proses secara keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar. 7, dan proses pembentukan *instantaneous autocorelations* pada Gambar. 9. sedangkan program ekstraksi ciri ditunjukkan pada Gambar. 10.

Gambar. 9 Diagram Alir *instantaneous autocorelation*

Gambar. 10 Diagram Alir Ekstraksi Fitur WVD



Gambar. 11 Program Ekstraksi Ciri WVD

Pengumpulan data diperoleh dari penderita penyakit koroner dengan spesifikasi: Data pertama sebagai sinyal pertama, jantung koroner dengan spesifikasi hypertrophy ventricular kiri dengan abnormal repolisis dengan kesimpulan abnormal ECG (deteksi dengan Elektrokardiograf). Data kedua sebagai sinyal kedua, jantung koroner dengan spesifikasi lateral infarct dan ischemic inferior. Data ketiga sebagai sinyal ketiga, jantung koroner dengan spesifikasi inferior infarct, ischemic 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 Distribusi Wigner-Ville (WVD) dari suatu sinyal $x(t)$. Program ekstraksi ciri ini dirancang dengan alur proses yang ditunjukkan pada Gambar. 11. Langkah awal dari metode WVD adalah dengan menghitung setengah *time lag*, dan hasilnya dimasukkan ke dalam auto korelasi. Hasil tersebut selanjutnya diolah dengan Hilbert Transform, setelah diketahui nilainya diolah dengan Fast Fourier Transform, kemudian ditampilkan bentuk visualnya tiga dimensi, sehingga mampu dilihat distribusi frekuensi atau range frekuensi masing – masing sinyal terhadap waktu lamanya terjadi saat range frekuensi tertentu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Wigner-Ville Distributions pada penelitian ini merupakan metode yang digunakan untuk mengeksporasi informasi yang terkandung dalam suara jantung koroner. Telah diuji coba pada data pasien jantung koroner, dengan tiga spesifikasi jantung koroner. Data pertama, jantung koroner dengan spesifikasi *hypertrophy* ventricular kiri dengan abnormal repolisis dengan kesimpulan abnormal

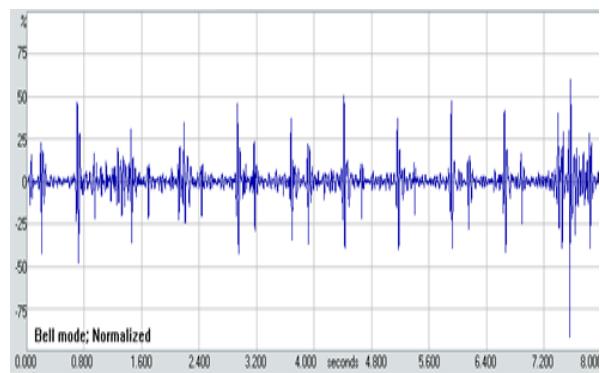
ECG (deteksi dengan Elektrokardiograf). Data kedua, jantung koroner dengan spesifikasi *lateral infarct* dan *ischemic inferior*. Data ketiga, jantung koroner dengan spesifikasi *inferior infarct*, *ischemic* dan *sinus rhythm* dengan kompleks ventrikular frekuensi awal. Masing – masing sinyal ditunjukkan pada Gambar. 12 untuk sinyal pertama, Gambar. 13 untuk sinyal kedua, dan Gambar. 14 untuk sinyal ketiga. Masing – masing data memiliki lama waktu perekaman 8 detik, dan diambil beberapa siklus dengan menggunakan segmentasi sinyal, untuk dianalisa dengan menggunakan WVD, dengan transformasi tersebut diketahui masing – masing range frekuensi dan range 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 pada Tabel 1. Hasil Ekstraksi dari sinyal PJK (Penyakit Jantung Koroner) menunjukkan bahwa sinyal 1_1 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, sinyal 1_2 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_3 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_4 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_5 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_6 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_7 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_8 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms, 1_9 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-100 ms. Dapat disimpulkan bahwa data dari sinyal pertama memiliki range frekuensi antara 200 – 550 Hz, dan interval waktu 50-100 ms.

Hasil ekstraksi ciri dengan WVD pada sinyal 2_1 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_2 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_3 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_4 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_5 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_6 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 550 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_7 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_8 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms, sinyal 2_9 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 500 Hz dan memiliki interval waktu 50-150 ms. Dapat disimpulkan bahwa, sinyal kedua memiliki range frekuensi 200 – 500

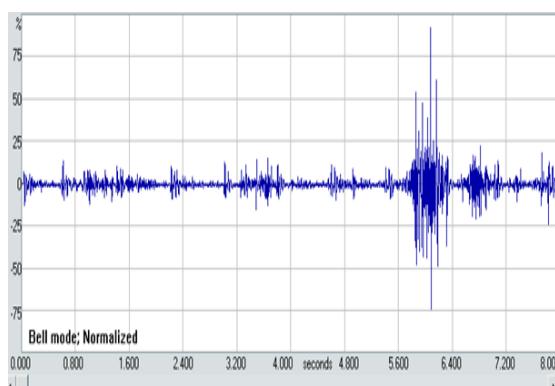
Hz dan interval waktu 50 – 150 ms. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil ekstraksi sinyal ketiga yang ditunjukkan pada Tabel 3 memberikan nilai pada sinyal 3_1 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 350 Hz dan memiliki interval waktu 50-250 ms, sinyal 3_2 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 350 Hz dan memiliki interval waktu 50-250 ms, sinyal 3_3 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 350 Hz dan memiliki interval waktu 50-200 ms, sinyal 3_4 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 350 Hz dan memiliki interval waktu 50-200 ms, sinyal 3_5 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 300 Hz dan memiliki interval waktu 50-200 ms, sinyal 3_6 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 300 Hz dan memiliki interval waktu 50-250 ms, sinyal 3_7 memiliki nilai interval frekuensi 200 – 350 Hz dan memiliki interval waktu 50-250 ms. Dapat disimpulkan bahwa pada sinyal ketiga memiliki karakteristik interval frekuensi 20-350 Hz dan interval waktu 50-250 ms.

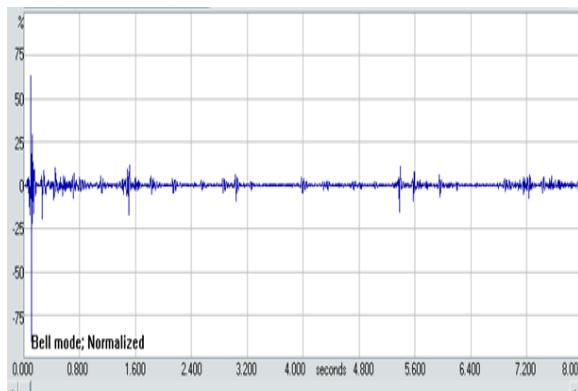
Hasil sinyal pertama dan kedua menunjukkan batas frekuensi bernilai di atas 200 Hz, dan di atas nilai normal pada umumnya, sedangkan pada data ketiga memiliki batas nilai yang hampir mendekati 200 Hz, hal ini diakibatkan karena terdapat kelainan frekuensi awal pada ventrikular (berdasarkan hasil ECG 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. Hasil ekstraksi ciri untuk menggali informasi tentang frekuensi dan waktu masih belum bisa dikatakan mefektif, hal ini disebakan karena terdapat interferensi pada WVD (Hlawatsch, 1984).



Gambar. 12 Sinyal suara penyakit jantung koroner (sinyal pertama)



Gambar. 13 Sinyal suara penyakit jantung koroner (data kedua)



Gambar. 14 Sinyal suara penyakit jantung koroner (data ketiga)

TABEL I
HASIL WVD SINYAL PERTAMA

No	Nama sampel	Interval Frekuensi	Interval waktu
		(KHz)	(ms)
1	Sinyal 1_1	0.2-0.55	50-100
2	Sinyal 1_2	0.2-0.50	50-100
3	Sinyal 1_3	0.2-0.50	50-100
4	Sinyal 1_4	0.2-0.50	50-100
5	Sinyal 1_5	0.2-0.55	50-100
6	Sinyal 1_6	0.2-0.55	50-100
7	Sinyal 1_7	0.2-0.50	50-100
8	Sinyal 1_8	0.2-0.50	50-100
9	Sinyal 1_9	0.2-0.50	50-100

TABEL 2
HASIL WVD SINYAL KEDUA

No	Nama sampel	Interval Frekuensi	Interval waktu
		(KHz)	(ms)
1	Sinyal 2_1	0.2-0.55	50-150
2	Sinyal 2_2	0.2-0.50	50-150
3	Sinyal 2_3	0.2-0.50	50-150
4	Sinyal 2_4	0.2-0.50	50-150
5	Sinyal 2_5	0.2-0.55	50-150
6	Sinyal 2_6	0.2-0.55	50-150
7	Sinyal 2_7	0.2-0.50	50-150
8	Sinyal 2_8	0.2-0.50	50-150
9	Sinyal 2_9	0.2-0.50	50-150

TABEL 3

HASIL WVD SINYAL KETIGA

No	Nama sampel	Interval Frekuensi	Interval waktu
		(KHz)	(ms)
1	Sinyal 3_1	0.2-0.35	50-250
2	Sinyal 3_2	0.2-0.35	50-200
3	Sinyal 3_3	0.2-0.35	50-250
4	Sinyal 3_4	0.2-0.35	50-200
5	Sinyal 3_5	0.2-0.30	50-200
6	Sinyal 3_6	0.2-0.30	50-250
7	Sinyal 3_7	0.2-0.35	50-200

V. KESIMPULAN

Penyakit Jantung Koroner dengan spesifikasi tertentu, telah dieksplorasi mengenai informasi frekuensi dan wakunya dengan menggunakan Distribusi Wigner – Ville dan memberikan hasil bahwa frekuensi yang terdeteksi lebih dari 200 Hz, yaitu pada jantung koroner dengan spesifikasi *hypertrophy ventricular* kiri dengan abnormal repolisisi didapatkan nilai karakteristik range frekuensi antara 200 – 550 Hz, dan interval waktu 50-100 ms, jantung koroner dengan spesifikasi *lateral infarct* dan *ischemic inferior* memiliki nilai karakteristik range frekuensi 200 – 500 Hz dan interval waktu 50 – 150 ms, jantung koroner dengan spesifikasi *inferior infarct*, *ischemic* dan *sinus rhythm* dengan kompleks ventrikular frekuensi awal memiliki nilai karakteristik interval frekuensi 20-350 Hz dan interval waktu 50-250 ms.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada dr. H. Hadi Hartono, Sp.JP yang telah membantu data penelitian, serta berbagai pihak yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Abbas, K dan Bassam, Rasha, *Phonocardiography Signal Processing*, Morgan & Claypool Publisher, 2009.
- [2] Staszewski, W.J, K. Worden, G.R. Tomlinson, *Time-Frequency analysis in Gear Box Fault Detection Using The Wigner-Ville Distribution and Pattern Recognition.*, Elsevier, 2007, vol.11.
- [3] Boashash, B., *An efficient real-time implementation of the Wigner-Ville distribution*, IEEE, 2003, vol.11.
- [4] Puspasari, Ira., *Studi Analisis Metode Ekstraksi Ciri Pada Sinyal Suara Jantung Diastolik*, Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.
- [5] Akay, M., *Noninvasive detection of coronary stenoses before and after angioplasty using methods.*, IEEE, 1990, trans. vol. 37.
- [6] Tilkian Ara G, Conover Bouderau, Mary, *Memahami bunyi dan bising jantung*, Binarupa Aksara, Tangerang, Tanpa Tahun.
- [7] Ergen, Burhan dan Tatar, Yetkin, *The analysis of heart sounds based on linear and high order statistical methods*, Department of Computer Engineering, Fırat University, Elazıg, Turkey, Tanpa Tahun.

- [8] Marir, Farid, *Time frequency analysis of speech signals Smoothed Pseudo-Wigner-Ville Distribution*, Makkah College of Technology, KSA, 2006.
- [9] <http://pemalangkab.go.id/humas/berita-179-penyakit-jantung-tempati-urutan-pertama-sebagai-penyebab-kematian.html>; Akses: 18 Mei 2014
- [10] <http://www.isnld.com/>; Akses: April 2015
- [11] Hlawatsch, Franz, *Interference Terms In The Wigner Distributions*, Institut fur Nachrichtentechnik, Austria. 1984.