

# Rancang Bangun Alat Auskultasi untuk Pengukuran Bunyi Jantung dengan Pengiriman Jarak Jauh Berbasis *Internet of Things*

Safa Adilah, Rachmad Setiawan dan Nada Fitriyatul Hikmah  
Departemen Teknik Biomedik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*E-mail:* rachmad@bme.its.ac.id

**Abstrak**—Auskultasi merupakan tindakan penting bagi dokter untuk mendengar suara tubuh pasien, biasanya berupa suara jantung atau suara pernapasan, guna mendiagnosis pasien dan mengetahui gejala penyakit atau kondisi yang dialami pasien tersebut. Perancangan ini guna mengukur suara jantung pada 3 subjek menggunakan stetoskop, mini plug-in microphone, dan mini PC Raspberry Pi dengan pengiriman jarak jauh berbasis IoT menggunakan cloud. Pada pengiriman jarak jauh berbasis IoT menghasilkan rekaman suara jantung terjadi delay selama 0,30 detik. Analisis frekuensi pada Continuous Wavelet Transform (CWT) adalah range frekuensi dominan sinyal suara jantung pada suara jantung pertama (S1) dan suara jantung kedua (S2), menghasilkan frekuensi dominan banyak berada pada S1. Berdasarkan hasil perekaman pada empat titik jantung yakni Aortic (AO), Pulmonary Artery (PA), Left Ventricle (LV), dan Right Ventricle (RV) selama 2 detik, pada Subjek A range frekuensi dominan sinyal suara S1 ada pada 23,5 Hz - 62,4 Hz dengan range waktu 0,51 detik - 1,36 detik dan sinyal suara S2 pada 23,5 Hz - 46,9 Hz dengan range waktu 0,97 detik - 1,82 detik. Pada Subjek B range frekuensi dominan sinyal suara S1 ada pada 12,5 Hz - 26,8 Hz dengan range waktu 0,75 detik - 0,96 detik dan suara S2 pada 23,5 Hz - 33,5 Hz dengan range waktu 1,06 detik - 1,28 detik. Pada Subjek C range frekuensi dominan sinyal suara S1 pada 20,9 Hz - 46,9 Hz dengan range waktu 0,74 detik - 1,48 detik dan suara S2 pada 24,7 Hz - 58,9 Hz dengan range waktu 1,02 detik - 1,76 detik.

**Kata Kunci**—Auskultasi, Continuous Wavelet Transform (CWT), Cloud.

## I. PENDAHULUAN

**P**ENYAKIT jantung merupakan penyakit yang berbahaya bagi manusia. Prevalensi penyakit jantung di Indonesia pada tahun 2013 sebesar 0,13% berdasarkan diagnosis dokter, sedangkan berdasarkan diagnosis gejala sebesar 0,3% [1]. Salah satu metode deteksi dini dari penyakit jantung adalah dengan teknik auskultasi. Auskultasi adalah prosedur penting bagi dokter untuk mendengar suara atau suara tubuh pasien, biasanya berupa suara jantung atau pernapasan, untuk mendiagnosis pasien dan mengidentifikasi gejala penyakit atau kondisi yang diderita pasien sehingga dapat segera diambil tindakan medis yang diperlukan [2]. Stetoskop adalah alat yang digunakan untuk mengukur auskultasi suara tubuh pasien, terutama suara jantung. Selain stetoskop yang telah ada, pada saat ini para peneliti khususnya di bidang pengolahan sinyal biomedis terus menerus mencari metode atau pendekatan yang terbaik.

Dalam meningkatkan kualitas pelayanan medis, maka dilakukan peningkatan sesuai dengan keadaan teknologi masa kini sebagaimana yang sering banyak digunakan yaitu teknologi bernama IoT (*Internet of Things*). Pengiriman hasil data menggunakan metode IoT merupakan sistem “Smart

Device” yang dapat menghubungkan dan melakukan komunikasi dengan *users* dan sistem lainnya [3]. Aplikasi IoT telah banyak diterapkan di berbagai bidang, seperti di bidang kesehatan, rumah, kendaraan, infrastruktur perkotaan, industri dan pertanian [4].

Pada penelitian ini alat auskultasi dirancang dan direalisasikan pada menggunakan stetoskop dan *mini plug-in microphone*. Pada perancangan ini menghasilkan 2 parameter auskultasi yaitu bunyi jantung normal dan bunyi jantung abnormal dengan Continuous Wavelet Transform (CWT). Hasil dari analisa CWT adalah range frekuensi dominan bunyi jantung pada S1 dan S2. Pada penelitian ini juga dikembangkan pengiriman jarak jauh pada data auskultasi dengan basis *Internet of Things* menggunakan cloud.

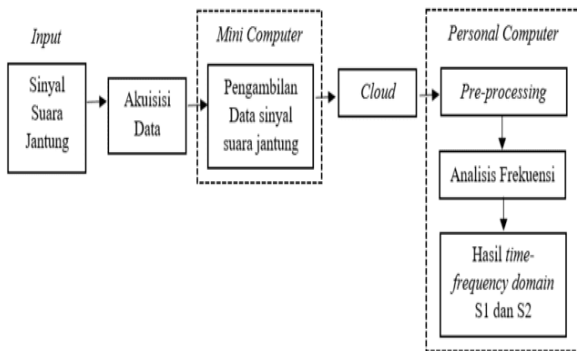
## II. METODE

### A. Desain Sistem

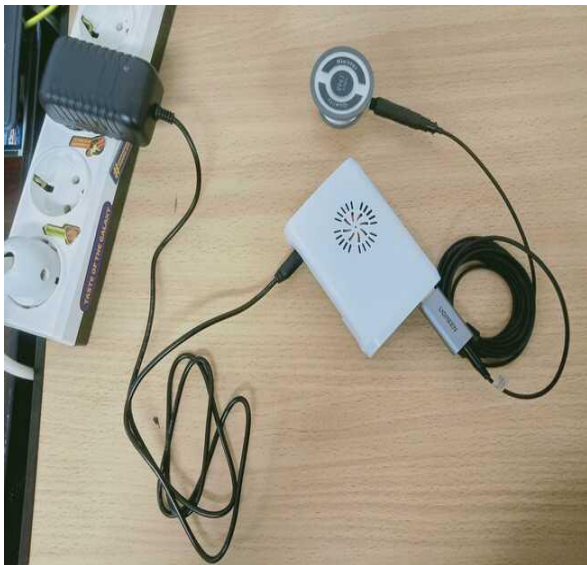
Pada sistem ini diambil data fisiologis dari subjek yang mana data masukan merupakan sinyal suara jantung normal untuk 3 orang. Suara jantung didengar dan direkam oleh alat auskultasi yakni pada diagram stetoskop di dada subjek bagian Aortic (AO), Pulmonary Artery (PA), Right Ventricle (RV), dan Left Ventricle (LV). Stetoskop dihubungkan dengan *mini plug-in microphone*. Kemudian dari *microphone* suara direkam dengan bahasa Python di Raspberry Pi dalam bentuk .wav file. Pada *microphone* terdapat konverter *analog-to-digital* secara otomatis. Kemudian *microphone* terhubung dengan *mini computer* yakni Raspberry Pi untuk diambil akuisisi data sinyal suara jantung. Lalu disimpan dalam Cloud Storage Firebase untuk dikirimkan pada PC. Di PC, dilakukan *pre-processing* dan analisis frekuensi berupa *butterworth bandpass filter* orde 4 untuk mencuplik sinyal 25-400 Hz, *Squaring*, *Moving Average* (MAV), *Thresholding*, *Discrete Fourier Transform* (DFT) untuk menentukan spektrum frekuensi sinyal, dan *Time-frequency analysis* menggunakan Continuous Wavelet Transform (CWT) untuk menentukan frekuensi dominan S1 dan S2. *Pre-processing* dan analisis frekuensi menggunakan bahasa Pascal pada program Delphi 7. Gambar diagram sistem terdapat pada Gambar 1.

### B. Sistem Hardware

Pengumpulan data bunyi jantung dibutuhkan mikrofon eksternal khusus yang terhubung ke Raspberry Pi. Desain mikrofon terdiri dari diafragma stetoskop, kabel stetoskop berongga yang dipotong hingga 3 cm, *mini plug-in microphone* 3,5 mm dengan respons frekuensi 65–18kHz beserta adaptor mikrofon TRRS ke USB untuk dihubungkan



Gambar. 1. Diagram Sistem Keseluruhan.



Gambar 2. Sistem Hardware.

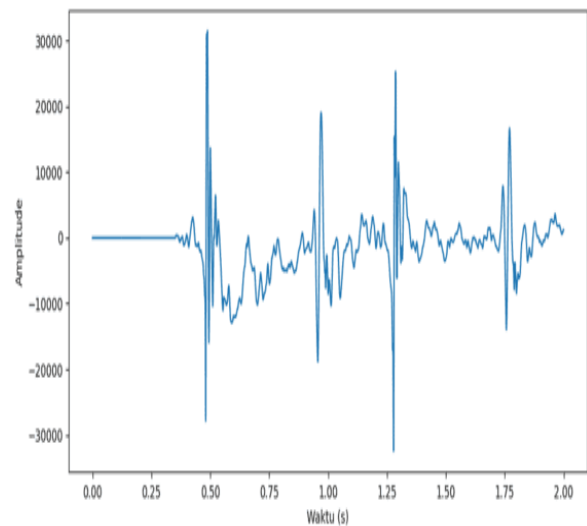
pada Raspberry Pi. Diafragma dan tabung berongga stetoskop terpasang ke mikrofon dengan kabel bakar. *Mini plug-in microphone* terpasang ke Raspberry Pi yang berfungsi sebagai sensor untuk merekam suara jantung. Gambar sistem *hardware* terdapat pada Gambar 2.

C. Sistem Software

*Software* dibagi dengan 2 *device* yakni di Raspberry Pi dan PC. Di Raspberry Pi perekaman suara jantung digunakan Thonny IDE dengan bahasa Python. Data bunyi jantung yang didapatkan berupa *.wav file* dan dimasukkan pada penyimpanan data berbasis *cloud* yakni Cloud Storage Firebase. Sedangkan pada PC, data suara jantung yang didapatkan dari *cloud* tersebut digunakan Delphi 7 dengan bahasa Pascal untuk *pre-processing*, *Discrete Fourier Transform* (DFT), dan *Continuous Wavelet Transform* (CWT).

Suara jantung direkam di Raspberry Pi menggunakan frekuensi 4000 Hz selama durasi 2 detik. Masukkan sinyal suara jantung yang telah direkam dan disimpan pada Raspberry Pi dan *cloud* yang akan menghubungkan dengan PC.

Selanjutnya, data akan diolah pada *Personal Computer* (PC) menggunakan Delphi 7. Setelah input, sinyal akan di filter menggunakan butterworth bandpass filter orde-4 untuk menghilangkan *noise* dan meloloskan sinyal 25-400 Hz. Setelah itu, sinyal hasil butterworth bandpass filter akan diberi parameter untuk dilanjutkan *Discrete Fourier Transform* (DFT) dan *Continuous Wavelet Transform* (CWT).



Gambar 3. Hasil Perekaman Sinyal Suara Jantung.

Parameter yang digunakan adalah frekuensi sampling (*fs*) 4000 Hz, skala 0.0001, delta skala 0.0009.

III. PENGUJIAN SISTEM

A. Pengujian Hardware

Pengujian *Hardware* terdiri dari pengujian stetoskop yang dihubungkan *mini plug-in microphone* sebagai alat merekam bunyi jantung pada mini PC, yakni Raspberry Pi. Perekaman bunyi jantung pada mini PC, yakni Raspberry Pi dibantu dengan program Thonny IDE pada Raspberry Pi dengan parameter frekuensi 4000 Hz dan durasi 2 detik.

B. Pengujian Pengiriman dan Penyimpanan Data di Cloud

Transmisi data dilakukan dengan tujuan untuk mengirimkan data hasil rekam suara jantung pasien yang telah terekam di Raspberry Pi dikirimkan pada Cloud yakni pada Cloud Firebase Storage. Hasil penyimpanan data yang dikirimkan sebelumnya dan sesuai dengan konfigurasi aplikasi penyimpanan akan tersimpan di Cloud Storage Firebase. *Client* atau pengunduh menggunakan bahasa Python di Thonny IDE. Device yang digunakan adalah Personal Computer (PC) pada *client* atau pengunduh untuk dilanjutkan pada pengolahan sinyal selanjutnya.

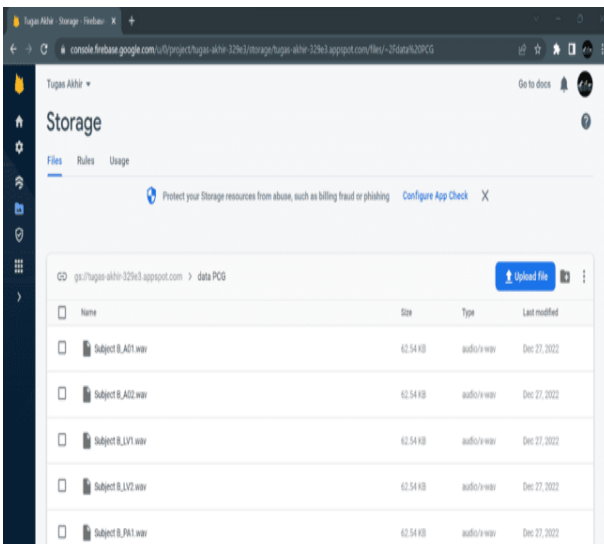
C. Pengujian Software

Hasil pengujian rekaman bunyi jantung menggunakan Bahasa Python di Thonny IDE. Pengujian menggunakan data subjek pada 4 bagian dada, yakni 4 bagian, yakni daerah *Aortic* (AO), *Pulmonary Artery* (PA), *Right Ventricle* (RV), dan *Left Ventricle* (LV). Pada saat rekaman bunyi jantung, digunakan *sampling frequency* 4000 Hz dengan durasi 2 detik. *File* akan direkam ketika keluar perintah “Mulai rekam bunyi jantung!” dan menyimpan hasilnya, sebagai contoh “subjek A.wav”.

Dari hasil pengujian yang didapatkan, terjadi *delay* selama 0,30 detik pada perekaman sehingga sinyal yang didapat tidak mulai dari 0,00 detik melainkan 0,30 detik. Ini dikarenakan masih terjadi *delay* pada media rekam menuju program.

1) Pre-processing

Pada pengujian *pre-processing* menggunakan bahasa pemrograman Pascal di Delphi 7. Sebagaimana di *pre-processing* ini dilakukan proses filter dengan Butterworth



Gambar 4. Tampilan Penyimpanan Data di Cloud Storage Firebase.

Bandpass Filter orde-4 dengan *frekuensi cut-off* 25-400 Hz pada sinyal input bunyi jantung selama 2 detik. Pada filter bandpass, yang menggabungkan kemampuan filter high pass dengan filter low pass untuk hanya mengizinkan frekuensi dalam rentang frekuensi tertentu.

Persamaan dibawah ini merupakan persamaan Squaring, yaitu sinyal dikuadratkan untuk mendapatkan energi puncak dari setiap sinyal yang dihasilkan dalam filter segmentasi.

$$y(n) = (x(n))^2$$

dimana y(n) adalah keluaran sinyal hasil squaring dan x(n) adalah sinyal masukan setelah proses filter segmentasi [5]. Proses ini dimaksudkan agar sinyal yang berada di bawah 0 (negatif) menjadi positif sehingga lebih mudah untuk dilakukan tahapan selanjutnya.

Pada proses ini mengevaluasi analisis domain frekuensi dan domain waktu-frekuensi untuk mendapatkan desain filter digital yang bagus sehingga dapat mereduksi *noise* menggunakan filter MAV zero-lag. Pada filter MAV zero-lag dilakukan dengan proses pemfilteran *forward* dan *backward* yang dihitung dengan persamaan berikut

$$y[n] = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} x[n-j]$$

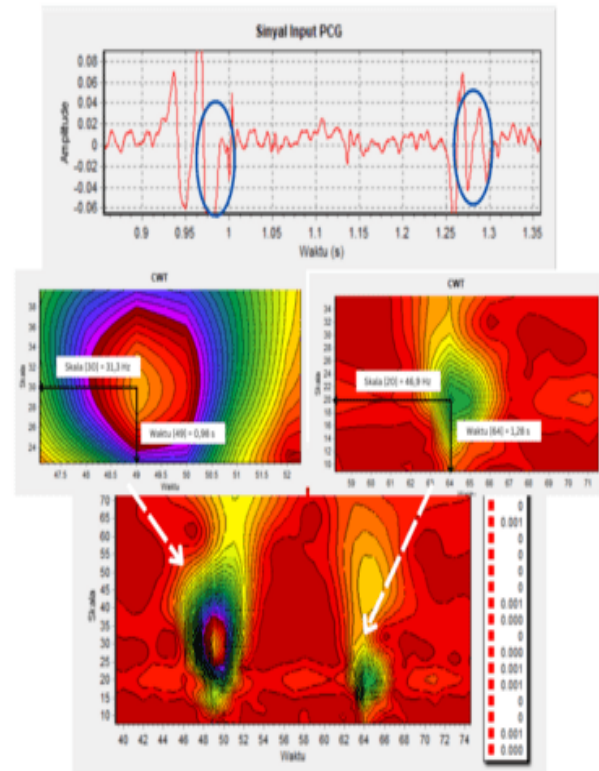
$$z[n] = \frac{1}{M} \sum_{j=M-1}^0 y[n+j]$$

x adalah sinyal masukan, y adalah sinyal keluaran untuk filter MAV *forward*, M adalah jumlah sinyal rata-rata atau lebar *window*, dan z adalah sinyal keluaran untuk filter MAV *backward*. Lebar *window* yang digunakan adalah 30 [5].

Setelah mendapatkan sinyal hasil MAV, proses *thresholding* diterapkan untuk mendigitalkan sinyal tersebut. Proses *thresholding* digunakan untuk membentuk sinyal pulsa [5].

2) Analisis Frekuensi

Setelah proses *pre-processing*, dilakukan *Discrete Fourier Transform* (DFT) yang dapat mengubah urutan sinyal yang berjarak sama menjadi informasi tentang frekuensi semua gelombang yang diperlukan untuk



Gambar 5. Kontour Sinyal dari hasil CWT

menjumlahkan sinyal domain waktu. Ini didefinisikan sebagai [6]:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cdot e^{-i2\pi kn/N} = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \left[ \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - i \cdot \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right]$$

dimana nilai N adalah jumlah sampel, n adalah sampel saat ini, k adalah frekuensi arus, x<sub>n</sub> adalah nilai sinus pada sampel n, dan X<sub>k</sub> adalah DFT yang memuat informasi amplitudo dan fasa.

Pada proses ini dilakukan analisis frekuensi, dimana nilai frekuensi cut-off ditentukan menggunakan *Mean Power Frequency* (MPF). Frekuensi cut-off setiap segmentasi diperoleh dari distribusi spektrum frekuensi dari analisis frekuensi. Berdasarkan analisis frekuensi, nilai frekuensi cut-off ditentukan menggunakan *Mean Power Frequency* (MPF). Nilai MPF dihitung menggunakan persamaan berikut

$$MPF = \frac{\sum_{i=1}^K f_i P_i}{\sum_{i=1}^K P_i}$$

dimana P<sub>i</sub> adalah spektrum power ke-i, f<sub>i</sub> adalah variabel frekuensi, dan K adalah panjang frekuensi.

Spektrum frekuensi digunakan untuk mengetahui ambang batas frekuensi domain yang nantinya akan didapatkan pada *Continuous Wavelet Transform* (CWT). Sedangkan MPF sendiri merupakan penentu nilai frekuensi cut-off yang diperoleh dari distribusi spektrum frekuensi tersebut dari analisis frekuensi.

Ekstraksi sinyal suara jantung dilakukan dengan menganalisis domain waktu dan domain frekuensi dengan menggunakan *Continuous Wavelet Transform* (CWT). Pada dasarnya, *Continuous Wavelet Transform* (CWT) menguraikan sinyal menjadi serangkaian fungsi sebagai akibat dari pergeseran dan penskalaan fungsi dasar yang

Tabel 1.  
Hasil Analisis Frekuensi Sinyal Suara Jantung

No	Subjek	Posisi	Sample Rate (Hz)	Jumlah data	Hasil DFT	Analisa CWT		Keterangan
						Frekuensi (Hz)	Waktu terjadinya (s)	
1.	A	Aortic	4000	7999	82,8	58,5	0,51	Suara jantung S1
		Pulmonary Artery	4000	7999	114,9	31,3	0,97	Suara jantung S2
						46,9	1,27	Suara jantung S1
		Left Ventricle	4000	7999	154,3	62,4	1,36	Suara jantung S1
						23,5	1,82	Suara jantung S2
		Right Ventricle	4000	7999	126,9	23,5	1,32	Suara jantung S1
33,5	1,78					Suara jantung S2		
2.	B	Aortic	4000	7999	119,5	26,8	0,75	Suara jantung S1
		Pulmonary Artery	4000	7999	66,99	26,1	1,06-1,07	Suara jantung S2
						22,4	0,96	Suara jantung S1
		Left Ventricle	4000	7999	73,5	23,5	1,28	Suara jantung S2
						12,5	0,86	Suara jantung S1
		Right Ventricle	4000	7999	62,4	33,5	1,22	Suara jantung S2
29,3	0,96					Suara jantung S1		
3.	C	Aortic	4000	7999	139,2	26,8	1,26	Suara jantung S2
		Pulmonary Artery	4000	7999	111,4	22,4	0,74	Suara jantung S1
						24,7	1,04	Suara jantung S2
		Left Ventricle	4000	7999	154	46,9	1,48	Suara jantung S1
						58,5	1,76	Suara jantung S2
		Right Ventricle	4000	7999	175,3	20,9	0,74	Suara jantung S1
25,4	1,02					Suara jantung S2		
					46,9	1,48	Suara jantung S1	
					58,9	1,76	Suara jantung S2	

disebut dengan *mother wavelet* [7]. *Continuous Wavelet Transform* (CWT) didefinisikan sebagai berikut.

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

di mana simbol  $s$  menunjukkan skala,  $\tau$  adalah parameter pergeseran,  $\psi^*(\frac{t-\tau}{s})$  menunjukkan *mother wavelet*. *Mother wavelet* yang digunakan adalah *complex morlet* dengan persamaan sebagai berikut :

$$\psi^*(t) = \pi^{-1/4} \cdot e^{-j\omega_0 t} \cdot e^{-t^2/2}$$

dengan  $e^{-j\omega_0 t} = (\cos \omega_0 t - j \sin \omega_0 t)$ , maka:

$$\psi^*(t) = \pi^{-1/4} \cdot e^{-t^2/2} (\cos \omega_0 t - j \sin \omega_0 t)$$

Dari persamaan diatas diperoleh bagian *real* dan *imaginer* yaitu :

$$\psi_{Re} = \pi^{-1/4} \cdot e^{-(t)^2/2} \cdot \cos \omega_0 t$$

$$\psi_{im} = -\pi^{-1/4} \cdot e^{-(t)^2/2} \cdot \sin \omega_0 t$$

dimana nilai  $t = \left(\frac{t-\tau}{s}\right)$ ,  $\omega_0 = 2\pi f_0$  dan  $f_0 = 0.849$  [7].

Pengukuran konversi parameter skala ke frekuensi ditunjukkan pada persamaan 11 sebagai berikut.

$$f = \frac{f_c}{a}$$

dimana  $f_c$  adalah center frequency pada setiap skala  $a$ , nilai  $f_c = f_0 = 0.849$  [5].

Pengujian *Continuous Wavelet Transform* (CWT) untuk mengetahui *time-frequency domain* dari S1 dan S2 pada sinyal suara jantung yang direkam. Pengujian pada *Continuous Wavelet Transform* (CWT) ditampilkan pada plot contour 2D dan 3D. Pada 2D contour, sumbu x adalah waktu dan sumbu y adalah skala. Sedangkan pada 3D contour, sumbu x adalah waktu, sumbu y adalah magnitudo, dan sumbu z adalah skala.

#### IV. PEMBAHASAN

##### A. Hasil Pengujian Hardware

Data yang diambil menggunakan stetoskop dan *mini plug-in microphone* yang terhubung pada Raspberry Pi untuk merekam suara jantung dan ditampilkan pada Thonny IDE. Terlihat bahwa hasil pembacaan sinyal suara jantung dapat diterima dan dapat dibaca oleh Raspberry Pi Gambar 3.

##### B. Hasil Pengiriman Data Cloud

Pada pengiriman data yang dilakukan di Cloud Storage Firebase yang dikirim dari Raspberry Pi dilakukan secara *wireless*, menunjukkan bahwa pada jarak apapun pengirim dan penerima (*client*) file akan berlangsung selama ada jaringan internet. Penyimpanan data di *cloud* juga memiliki keamanan yang tinggi, dimana konfigurasi aplikasi hanya diketahui pengirim dan penerima (*client*) saja, selain itu hanya pengirim yang bisa mengetahui semua isi file yang ada di *cloud*. Sehingga penerima (*client*) cukup mengunduh file dan lokasi yang diberikan oleh pengirim. Pengunduhan file dapat disimpan dengan nama file yang diinginkan. Pada kasus ini, pengunduhan tidak harus dilakukan pada program Thonny IDE, tetapi juga bisa pada semua program bahasa Python yang digunakan pada PC. Tampilan penyimpanan data ditunjukkan pada Gambar 4.

##### C. Hasil Pengujian Software

###### 1) Pre-processing

Pada *pre-processing*, dilakukan proses filter dengan *butterworth bandpass filter* orde-4 dengan frekuensi *cut-off* 25-400 Hz pada sinyal input suara jantung selama 2 detik. Pada *bandpass filter*, yang menggabungkan kemampuan *highpass filter* dengan *lowpass filter* untuk hanya mengizinkan frekuensi dalam rentang frekuensi tertentu. Dilakukan *butterworth bandpass filter* orde-4 untuk dilakukan analisa frekuensi *Continuous Wavelet Transform*

nantinya agar didapatkan informasi frekuensi sinyal dan waktu terjadinya frekuensi domain. Dimana rentang frekuensi yang diambil 25-400 Hz.

## 2) Analisis Frekuensi

Hasil pengujian analisis frekuensi akan ditampilkan pada Tabel 1, sebagaimana digunakan sebanyak 3 data subjek dengan suara jantung normal yakni Subjek A, B, dan C. Titik pengujian dilakukan di dada bagian *Aortic (AO)*, *Pulmonary Artery (PA)*, *Right Ventricle (RV)*, dan *Left Ventricle (LV)*.

Pada pengujian spektrum sinyal, diambil dari *Discrete Fourier Transform (DFT)* dilakukan untuk mengetahui spektrum frekuensi dan nilai *Mean Power Frequency (MPF)*. Spektrum frekuensi digunakan untuk mengetahui ambang batas frekuensi domain yang nantinya akan didapatkan pada *Continous Wavelet Transform (CWT)*. Sedangkan MPF sendiri merupakan penentu nilai frekuensi cut-off yang diperoleh dari distribusi spektrum frekuensi tersebut dari analisis frekuensi.

Hasil pengujian yang dilakukan pada Subjek A didapatkan bahwa di bagian *Aortic*, nilai MPF adalah 82,8 Hz dan nilai spektrum sinyal 22,5 Hz. Di bagian *Pulmonary Artery*, nilai MPF adalah 114,96 Hz dan nilai spektrum sinyal 50 Hz. Di bagian *Left Ventrikel*, nilai MPF adalah 154,34 Hz dan nilai spektrum sinyal 50 Hz. Kemudian di bagian *Right Ventrikel*, nilai MPF adalah 126,94 Hz dan nilai spektrum sinyal 34 Hz.

Sedangkan pada Subjek B didapatkan di bagian *Aortic*, nilai MPF adalah 119,5 Hz dan nilai spektrum sinyal 22,5 Hz. Di bagian *Pulmonary Artery*, nilai MPF adalah 66,99 Hz dan nilai spektrum sinyal 50 Hz. Di bagian *Left Ventrikel*, nilai MPF adalah 73,5 Hz dan nilai spektrum sinyal 50 Hz. Kemudian di bagian *Right Ventrikel*, nilai MPF adalah 62,4 Hz dan nilai spektrum sinyal 34 Hz.

Sedangkan pada Subjek C didapatkan di bagian *Aortic*, nilai MPF adalah 139,2 Hz dan nilai spektrum sinyal 22,5 Hz. Di bagian *Pulmonary Artery*, nilai MPF adalah 111,4 Hz dan nilai spektrum sinyal 50 Hz. Di bagian *Left Ventricle*, nilai MPF adalah 154 Hz dan nilai spektrum sinyal 50 Hz. Kemudian di bagian *Right Ventricle*, nilai MPF adalah 175,3 Hz dan nilai spektrum sinyal 34 Hz.

Pada pengujian ini, sinyal suara jantung diekstrak menggunakan CWT dengan plot sinyal sumbu x merupakan indeks dari waktu dan sumbu y merupakan indeks dari frekuensi (skala). Magnitudo yang maksimum ditunjukkan berwarna merah atau lebih pekat dibandingkan dengan magnitudo yang kecil.

Pengujian ini menggunakan *mother wavelet* yakni Morlet, dengan skala yang digunakan adalah 0.0001. Skala yang lebih besar akan menunjukkan frekuensi yang rendah dan skala yang lebih kecil menunjukkan frekuensi yang tinggi. Hasil perhitungan CWT digambarkan dalam bentuk *contour 2D* seperti Gambar 5. Dari pengujian yang didapatkan, nilai frekuensi dominan dari skala S1 maupun S2 tidak boleh melebihi hasil spektrum frekuensi sinyal dari DFT. Hasil dari frekuensi S1 dan S2 pada CWT dapat dilihat pada Tabel 1.

Analisis hasil pengujian diwakilkan oleh Subjek A. Pada *Aortic (AO)* ditampilkan pada Gambar 5, titik *Center of Graphic (COG)* menunjukkan frekuensi domain yang didapatkan di S1 adalah 58,5 Hz dan waktunya 0,51 detik. Sedangkan pada S2 adalah frekuensi domain di 31,3 Hz dan waktunya 0,97 detik. Pada *Pulmonary Artery (PA)*, titik

*Center of Graphic (COG)* menunjukkan frekuensi domain yang didapatkan di S1 adalah 31,3 Hz dan waktunya 0,98 detik. Sedangkan pada S2 adalah frekuensi domain di 46,9 HZ dan waktunya 1,27 detik. Pada *Left Ventricle (LV)*, titik *Center of Graphic (COG)* menunjukkan frekuensi domain yang didapatkan di S1 adalah 62,4 Hz dan waktunya 1,36 detik. Sedangkan pada S2 adalah frekuensi domain di 23,5 HZ dan waktunya 1,82 detik. Pada *Right Ventricle (RV)*, titik *Center of Graphic (COG)* menunjukkan frekuensi domain yang didapatkan di S1 adalah 23,5 Hz dan waktunya 1,32 detik. Sedangkan pada S2 adalah frekuensi domain di 33,5 HZ dan waktunya 1,78 detik.

Dari hasil analisa CWT diberikan informasi bahwa pada suara jantung, frekuensi dominan banyak berada pada bunyi suara jantung pertama (S1). Untuk *range* frekuensi dominan suara jantung berdasarkan hasil perekaman pada keempat titik dihasilkan pada Subjek A frekuensi suara S1 pada 23,5 Hz sampai 62,4 Hz pada waktu 0,51 detik sampai 1,36 detik dan frekuensi suara S2 pada 23,5 sampai 46,9 Hz pada waktu 0,97 detik sampai 1,82 detik. Pada Subjek B frekuensi suara S1 pada 12,5 Hz sampai 26,8 Hz pada waktu 0,75 detik sampai 0,96 detik dan suara S2 pada 23,5 Hz sampai 33,5 Hz pada waktu 1,06 detik sampai 1,28 detik. Pada Subjek C frekuensi suara S1 pada 20,9 Hz sampai 46,9 Hz pada waktu 0,74 detik sampai 1,48 detik dan suara S2 pada 24,7 Hz sampai 58,9 Hz pada waktu 1,02 detik sampai 1,76 detik.

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini diajukan sebuah alat perekaman suara jantung berbasis pengiriman jarak jauh. Saat stetoskop dan *mini plug-in microphone* direkam dengan Raspberry Pi, menunjukkan bahwa hasil rekaman suara jantung masih terjadi *delay* selama 0.30 detik. Dari hasil analisa CWT diberikan informasi bahwa pada suara jantung, frekuensi dominan banyak berada pada bunyi suara jantung pertama (S1). Untuk *range* frekuensi dominan suara jantung berdasarkan hasil perekaman pada keempat titik dihasilkan pada Subjek A frekuensi suara S1 pada 23,5 Hz sampai 62,4 Hz pada waktu 0,51 detik sampai 1,36 detik dan frekuensi suara S2 pada 23,5 sampai 46,9 Hz pada waktu 0,97 detik sampai 1,82 detik. Pada Subjek B frekuensi suara S1 pada 12,5 Hz sampai 26,8 Hz pada waktu 0,75 detik sampai 0,96 detik dan suara S2 pada 23,5 Hz sampai 33,5 Hz pada waktu 1,06 detik sampai 1,28 detik. Pada Subjek C frekuensi suara S1 pada 20,9 Hz sampai 46,9 Hz pada waktu 0,74 detik sampai 1,48 detik dan suara S2 pada 24,7 Hz sampai 58,9 Hz pada waktu 1,02 detik sampai 1,76 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan RI, *Situasi Kesehatan Jantung*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2014.
- [2] W. A. Dorland, *Kamus Kedokteran Dorland*, 29th ed. Jakarta: EGC, 2002.
- [3] F. Ningsih, J. Jusak, and I. Puspasari, "Ekstraksi ciri dan identifikasi sinyal suara jantung S1 dan S2 phonocardiogram (PCG) menggunakan metode continuous wavelet transform," *J. Control Netw. Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 113–120, 2018.
- [4] S. Dhingra, R. B. Madda, A. H. Gandomi, R. Patan, and M. Daneshmand, "Internet of things mobile-air pollution monitoring system (IoT-Mobair)," *IEEE*, vol. 6, no. 3, pp. 5577–5584, 2019.
- [5] N. F. Hikmah, A. Arifin, T. A. Sardjono, and E. A. Suprayitno, "A Signal Processing Framework for Multimodal Cardiac Analysis," in *2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its*

- Applications (ISITIA)*, Aug. 2015, pp. 125–130.
- [6] E. Supriyanto, R. Hendradi, and A. Arifin, “Analisa Sinyal Electrocardiography dan Phonocardiography Secara Simultan Menggunakan Continous Wavelet Transform,” in *The 6th Electrical Power, Electronics, Communications, Controls, and Informatics Seminar*, 2012.
- [7] S. Ajitkumar Singh *et al.*, “Heart abnormality classification using PCG and ECG recordings,” *Comput. y Sist.*, vol. 25, no. 2, pp. 381–391, 2021.