

RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI MURMUR REGURGITASI JANTUNG BERBASIS ANDROID

Dwi Prasetyo Wirawan ^{*)}, Munawar Agus Riyadi, and Maman Somantri

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email : dwiprasetyowirawan@gmail.com

Abstrak

Kesehatan tubuh merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Salah satunya adalah kesehatan jantung. Jantung merupakan organ vital yang mengatur peredaran darah di seluruh tubuh. Namun, masih banyak manusia yang tidak memperhatikan kesehatan jantungnya. Akibatnya muncul penyakit atau gangguan pada jantung. Salah satunya adalah regurgitasi yang terjadi akibat penutupan katup jantung yang tidak sempurna, sehingga mengakibatkan aliran balik darah. Pada penelitian ini, penulis merancang sebuah alat pendeteksi murmur regurgitasi jantung berbasis Android. Sensor yang digunakan adalah electret microphone yang dihubungkan dengan stetoskop dan diintegrasikan dengan smartphone Android. Suara jantung akan ditampilkan dalam bentuk spektrum frekuensi dengan metode Fast Fourier Transform menggunakan class RealDoubleFFT.java. Pada pengujian sistem, aplikasi telah dapat mendeteksi kelainan jantung regurgitasi dan jantung normal berdasarkan frekuensi suara yang muncul dengan presentase validasi sebesar 100% terhadap hasil keterangan dokter.

Kata Kunci: Android, murmur regurgitasi, Fast Fourier Transform, instrumentasi medis

Abstract

Body health is very important to note. One of them is the health of the heart. The heart is a vital organ that regulates blood circulation throughout the body. However, there are still many people who do not pay attention to heart health. As a result, many diseases or disorders of the heart emerges. One of these is the regurgitation caused by the closure of a heart valve that is not perfect, resulting in backflow of blood. In this study, the authors designed an Android based instrument that detects the regurgitation murmur of the heart. The sensor used is an electret microphone connected with a stethoscope and integrated with Android smartphones. Heart sound will be shown in the form of frequency spectrum by Fast Fourier Transform method using RealDoubleFFT.java class. In system test, this application can detect between heart abnormalities such as regurgitation and normal heart based on the sound frequency that appear with 100% percentage validation to the doctor's results .

Keyword: Android, murmur regurgitation, Fast Fourier Transform, medical instrumentation

1. Pendahuluan

Jantung adalah organ yang sangat vital bagi manusia. Jantung mengatur jalannya peredaran darah di seluruh tubuh. Namun, manusia saat ini sangat kurang memperhatikan kesehatan jantungnya. Ada banyak penyebab penyakit jantung seperti pola hidup, kelainan bawaan sejak lahir, dan pola makan yang tidak sehat. Salah satu penyakit jantung adalah penyakit katup jantung. Penyakit katup jantung ini ada dua jenis, yaitu stenosis dan regurgitasi. Stenosis disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna, sedangkan regurgitasi penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah [1].

Untuk mendeteksi adanya kelainan tersebut, dokter pada umumnya menggunakan stetoskop sebagai alat bantu medis. Stetoskop mendeteksi suara jantung melalui sungkupnya (*bell*). Suara jantung dihantarkan secara efektif oleh kulit, sehingga akan menggetarkan kulit. Getaran pada kulit akan memberikan tekanan pada udara di dalam sungkup yang kemudian dihantarkan melalui selang [2]. Namun, keakuratan stetoskop sangat dipengaruhi oleh pendengaran dari dokter dan suara jantung yang dianalisa tidak dapat disimpan. Selain itu telah banyak alat - alat medis yang telah dikembangkan sebagai alat diagnosis maupun monitoring jantung seperti *Electrocardiograph* (ECG). Alat ini memiliki prinsip kerja dengan meletakkan elektroda pada tubuh untuk merekam aktivitas biopotensial jantung. ECG umumnya

digunakan di rumah sakit dan memiliki *processor* khusus untuk memroses sinyal dari jantung serta memiliki ukuran yang cukup besar dan penggunaannya yang kurang praktis[3]. Adapun pengembangan penelitian dengan menciptakan *software* pada komputer yang dapat mendeteksi kelainan pada jantung yang dapat ditampilkan sinyal jantungnya dalam domain waktu maupun frekuensi dengan metode jaringan syaraf tiruan (JST), dekomposisi paket wavelet dan sebagainya [1]. Penelitian sejenis telah dilakukan oleh Achmad Rizal dan Vera Suryani yang melakukan analisis dan pengenalan suara jantung menggunakan media komputer sebagai pengolah suara dan *interface* [4].

Berdasarkan kekurangan pada penggunaan stetoskop dan ECG seperti yang telah diuraikan, Tugas Akhir ini mengambil judul “Rancang bangun sistem pendeteksi murmur regurgitasi jantung berbasis Android”. Sistem ini menggunakan stetoskop yang dihubungkan dengan *electret microphone* dan diintegrasikan dengan Android *smartphone* sebagai sensor untuk merekam suara jantung. Aplikasi android yang dibuat memiliki fitur merekam, menyimpan, menghapus, dan memainkan ulang file suara jantung yang telah direkam. Suara jantung yang telah direkam akan diolah untuk ditampilkan ke dalam spektrum frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transformation* (FFT) dengan *class RealDoubleFFT.java* dan pendeteksian murmur regurgitasi berdasarkan energi yang muncul pada frekuensi murmur tersebut. Kelebihan sistem ini adalah hanya menggunakan aplikasi Android sebagai pengolah suara dan menampilkan spektrum frekuensi sehingga lebih efisien dan portabel.

2. Perancangan

2.1. Metodologi Penelitian

2.1.1. Alat dan Bahan

Pembuatan sistem pendeteksi murmur regurgitasi jantung berbasis Android pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang dibutuhkan antara lain stetoskop akustik dengan sungkup terbuka dan sebuah *electret microphone*. Sedangkan perangkat lunak yang dibutuhkan adalah *software* Android Studio yang digunakan untuk membuat aplikasi Android.

2.1.2. Prosedur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada perancangan dan prinsip kerja alat yang akan dibuat, meliputi komponen-komponen yang diperlukan, studi tentang jantung dan kelainannya, pembuatan aplikasi Android, dan metode transformasi *Fast Fourier Transformation* (FFT).

2. Perancangan Sistem

Langkah - langkah dalam perancangan sistem adalah sebagai berikut :

- a. Pembuatan blok diagram sistem keseluruhan.
 - b. Pembuatan perangkat keras sistem.
 - c. Pembuatan perangkat lunak sistem.
3. Pengujian Sistem
- Pengujian sistem dilakukan pada tiap blok rangkaian dan seluruh sistem, yaitu:
- a. Pengujian *electret microphone*.
 - b. Pengujian aplikasi Android pada fitur Rekam dan Analisa.
 - c. Pengujian aplikasi sebagai pendeteksi suara pada suatu frekuensi.
 - d. Pengujian sistem secara keseluruhan.
4. Penyusunan Laporan
- Penyusunan laporan dilakukan seiring dengan berjalannya penelitian. Laporan dibuat dalam 5 bab, yang terdiri dari pendahuluan, dasar teori, perancangan, hasil pengujian dan pembahasan, serta penutup yang berisi kesimpulan dan saran.
5. Pembuatan Jurnal Ilmiah
- Jurnal ilmiah dibuat untuk publikasi hasil penelitian yang telah dilakukan.

2.1.3. Cara Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan baik dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengetahui apakah komponen yang digunakan atau aplikasi yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan. Tahap dari pengujian dijelaskan sebagai berikut.

1. Pengujian pada *electret microphone* menggunakan masukan berupa suara dengan satu frekuensi (*single tone*), kemudian keluaran dari *electret microphone* dibandingkan dengan masukannya.
2. Pada fitur Rekam dilakukan pengujian pada fungsi rekam itu sendiri menggunakan sumber suara *single tone* dan tampilan spektrum frekuensi ketika perekaman. Kemudian pada fitur Analisa pengujian dilakukan pada fungsi pemutar ulang suara hasil rekaman, tampilan spektrum frekuensi ketika pemutaran hasil rekaman suara, dan pengujian fungsi menghapus file.
3. Pengujian sistem keseluruhan yaitu dengan membandingkan hasil rekaman suara jantung dari beberapa subjek dengan hasil diagnosis dari seorang ahli.

2.2. Analisis Kebutuhan

2.2.1. Deskripsi Sistem

Dalam penelitian ini, penulis membuat sebuah sistem untuk mendeteksi murmur regurgitasi jantung berbasis Android. Untuk merekam suara jantung digunakan stetoskop akustik dengan sungkup terbuka yang telah dipasang *electret microphone* pada ujung selang dan dihubungkan ke *smartphone* Android untuk dilakukan pengolahan data. Aplikasi Android yang dibuat memiliki

fitur Rekam, Analisa, dan Instruksi. Pada fitur Rekam terdapat fungsi untuk merekam suara jantung yang didapat melalui stetoskop dan *electret microphone*. Kemudian dapat menampilkan spektrum frekuensi saat merekam yang merupakan transformasi domain waktu ke domain frekuensi. Terdapat notifikasi untuk menampilkan hasil deteksi pada suara jantung. Frekuensi murmur regurgitasi yang dideteksi berkisar antara 300 Hz sampai dengan 600 Hz.

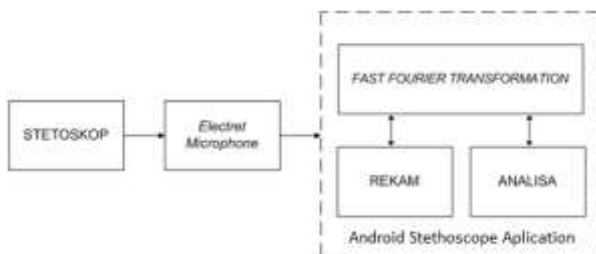
Fitur Analisa memiliki fungsi untuk memutar ulang file hasil rekaman dan menampilkannya dalam spektrum frekuensi seperti pada fitur rekam. Terdapat pula fungsi untuk menghapus file hasil rekaman yang tidak diperlukan. Fitur Instruksi berisi petunjuk cara penggunaan aplikasi dan parameter – parameter yang terdapat di dalam aplikasi.

2.2.2. Spesifikasi Kebutuhan Sistem

Berdasarkan deskripsi sistem yang telah disebutkan di atas, penulis menggunakan *software* Android Studio sebagai media untuk membuat aplikasi Android. Kemudian untuk mentransformasikan sinyal hasil rekaman dari domain waktu ke domain frekuensi penulis menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) yang terdapat pada *class* RealDoubleFFT.java. *Electret microphone* yang digunakan adalah CMA-4544PF-W dimana memiliki frekuensi kerja antara 20 Hz hingga 20,000 Hz yang sesuai dengan kebutuhan untuk mendeteksi frekuensi murmur regurgitasi yaitu antara 300 Hz hingga 600 Hz.

2.3. Perancangan Sistem

Blok diagram sistem pendeteksi murmur regurgitasi ditunjukkan oleh Gambar 3.1 dimana sistem ini terdiri dari hardware yang berfungsi menangkap sinyal akustik dari jantung dan software (aplikasi android) sebagai pengolah sinyal akustik yang akan ditampilkan dalam bentuk spektrum dan notifikasi apakah terdapat kelainan pada jantung atau tidak.



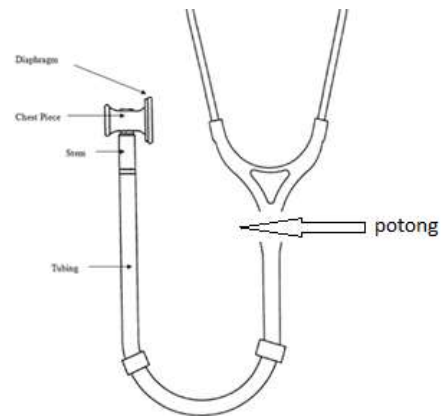
Gambar 1. Blok diagram sistem pendeteksi murmur regurgitasi

Sistem pendeteksi murmur regurgitasi berdasarkan Gambar 1 akan dijelaskan sebagai berikut :

- Stetoskop, berfungsi untuk menangkap sinyal akustik jantung.
- *Electret microphone*, berfungsi untuk mengubah sinyal akustik jantung menjadi sinyal elektrik.
- *Android Stethoscope Application*, berfungsi sebagai pengolah sinyal akustik yang telah diubah menjadi sinyal elektrik tadi agar dapat ditampilkan pada frekuensi-frekuensi tertentu dalam bentuk spektrum dan menampilkan notifikasi apakah ada kelainan jantung atau tidak.

2.3.1. Perancangan Perangkat Keras

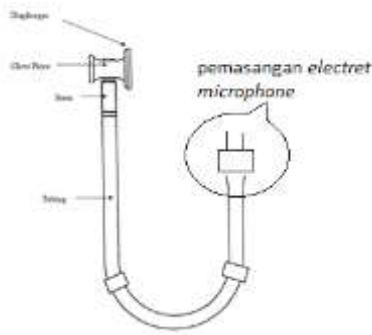
Penggunaan *stethoscope* pada sistem ini sangat berpengaruh. Konfigurasi *stethoscope* ditunjukkan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 2. Konfigurasi *stethoscope*

Stethoscope dipotong bagian percabangannya seperti Gambar 2. Bagian ujung selang yang dipotong tadi akan dihubungkan dengan *electret microphone*. *Stethoscope* akan mendeteksi suara jantung melalui sangkup terbuka. Sangkup ini menerima suara jantung melalui kontak langsung dengan kulit, dimana kulit memiliki resonansi alami yang efektif untuk menghantarkan bunyi jantung. Kulit akan bergetar dan memberikan tekanan di dalam sangkup yang akan dihantarkan melalui selang atau *tube*. Selang pada *stethoscope* yang memiliki diameter kecil efektif dalam menghantarkan bunyi yang nantinya akan diterima oleh *electret microphone*. Selain itu, sangkup pada *stethoscope* ini dapat mengurangi bunyi-bunyi lain yang tidak diinginkan.

Bunyi yang telah ditangkap oleh *stethoscope* akan dikonversikan ke dalam bentuk sinyal elektrik oleh *electret microphone*. *Microphone* ini dipasang di dalam selang *stethoscope* seperti pada Gambar 3 dan diusahakan agar tidak terdapat kebocoran guna mengantisipasi adanya suara yang tidak diinginkan yang dideteksi oleh *microphone*.



Gambar 3. Pemasangan electret microphone pada stethoscope

Electret microphone tipe CMA-4544PF-W digunakan pada sistem ini. Microphone ini dapat beroperasi secara langsung tidak seperti microphone jenis lain. Rentang frekuensi kerja dari microphone ini cukup besar yaitu 20 sampai 20,000 Hz. Sangat cocok untuk sistem ini dimana frekuensi suara jantung yang akan dideteksi berkisar 50 sampai 1200 Hz.

2.3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Berdasarkan deskripsi sistem yang telah dijelaskan sebelumnya, maka aplikasi yang dirancang harus mampu memenuhi kebutuhan fungsional sebagai berikut :

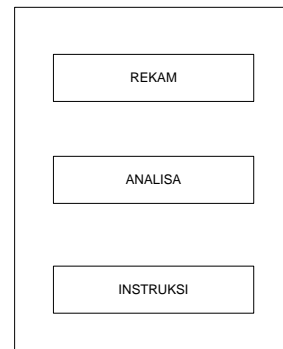
1. Fitur Rekam
 - Sistem mampu merekam suara jantung dan menyimpan hasil rekaman suara tersebut dalam sebuah file.
 - Sistem dapat menampilkan spektrum frekuensi saat perekaman berjalan.
2. Fitur Analisa
 - Sistem mampu memutar ulang file hasil rekaman.
 - Sistem menampilkan spektrum frekuensi dari file yang sedang diputar.
 - Sistem mampu mendeteksi kelainan jantung (regurgitasi) dan menampilkannya dalam suatu notifikasi.
 - Pengguna mampu menghapus file yang tidak diinginkan.
3. Fitur Instruksi
 - Sistem mampu memberikan penjelasan mengenai cara penggunaan aplikasi dan parameter yang ada di dalam aplikasi.
4. FFT

Sistem dalam mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Metode FFT ini jika dibandingkan dengan metode lain seperti DFT dan algoritma *Gortzel* lebih efisien. Menurut penelitian oleh Nyoman Putra Sastra, Algoritma *Gortzel* mendeteksi frekuensi dengan tingkat keberhasilan pendeteksian sangat tergantung pada jumlah cuplikan (N), semakin banyak jumlah cuplikan maka semakin

akurat pendeteksian frekuensi tersebut. Akan tetapi semakin banyak jumlah N, maka proses iterasinya menjadi lebih kompleks, sehingga waktu yang diperlukan untuk melakukan pendeteksian semakin lama. Selain itu kemampuan kerja dari *processor smartphone* juga terbatas, yaitu bila menentukan jumlah cuplikan (N) yang terlalu besar serta melakukan proses perhitungan yang terlalu banyak dapat menyebabkan *processor overworking* dan mengakibatkan *hang*.

2.4. Implementasi

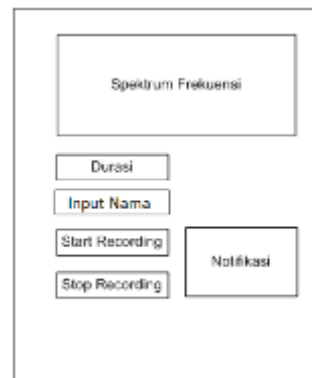
Bagian aplikasi Android ini merupakan tempat memroses sinyal yang direkam sekaligus sebagai *user interface*. Menu awal aplikasi memiliki tiga pilihan, yaitu Rekam, Analisa, dan Instruksi. Tampilan menu awal dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan menu awal aplikasi Android Stethoscope

2.4.1. Rekam

Pada fitur Rekam ini terdapat tombol “Start Recording” untuk memulai proses merekam suara jantung dan tombol “Stop Recording” untuk menghentikan proses merekam. Juga ada tampilan waktu durasi merekam dan tampilan spektrum frekuensi yang berukuran panjang 256 dp dan lebar 130 dp serta inputan nama dari pengguna aplikasi tersebut seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan menu Rekam aplikasi Android

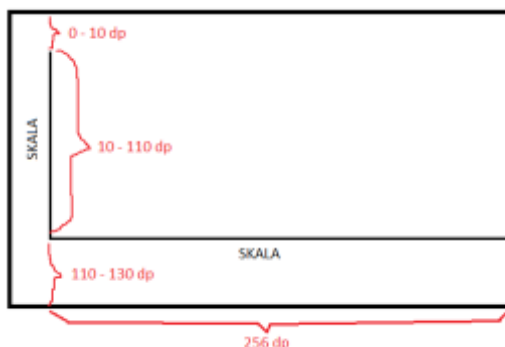
Perekaman suara menggunakan frekuensi sampling sebesar 8000 Hz dan jumlah sampel titik 256. Sehingga frekuensi yang akan ditampilkan dalam spektrum $\frac{\text{frekuensi sampling}}{2}$ yaitu sebesar 4000 Hz. Penentuan frekuensi sampling ini berdasarkan murmur regurgitasi yang dihasilkan berada pada rentang frekuensi 300 Hz sampai dengan 600 Hz. Dengan demikian besar frekuensi sampling sebesar 8000 Hz cukup untuk mendeteksi murmur regurgitasi.

Saat proses merekam berjalan, secara bersamaan dilakukan proses transformasi FFT untuk menampilkan sinyal pada domain frekuensi. Pada tampilan spektrum akan muncul 256 titik sampel pada sumbu x. Tiap titik pada sampel merepresentasikan frekuensi pada rentang tertentu. Dengan frekuensi sampling 8000 Hz, maka resolusi rentang frekuensi tiap titik sebesar

$$f_{res} = \frac{8000/2}{256} \text{ Hz} = 15.625 \text{ Hz} \quad (3.1)$$

Dengan demikian, titik atau garis pertama yang muncul pada tampilan spektrum merepresentasikan rentang frekuensi 0 Hz sampai dengan 15,625 Hz. Titik atau garis kedua merepresentasikan 15,625 Hz sampai dengan 31.25 Hz dan seterusnya hingga titik ke-256 yang merepresentasikan 3984.375 Hz sampai dengan 4000 Hz.

Sumbu y akan menampilkan kuat suara pada suatu frekuensi. Nilai yang dihasilkan dari transformasi ($toTransform[0][i]$) adalah pada rentang 0 sampai dengan 10. Namun, karena tampilan spektrum yang digunakan hanya berukuran panjang 256 dp (sumbu x) dan lebar 100 dp (sumbu y), maka untuk menampilkan kuat suara maka hasil dari transformasi dikalikan 10 sehingga rumus yang digunakan dalam coding menjadi $y = 110 - (toTransform[0][i] * 10)$ agar spektrum yang dihasilkan (sumbu y) berkisar 0 dp sampai 100 dp. Nilai 110 pada perhitungan tersebut disebabkan karena koordinat sumbu y pada 0 dp sampai 10 dp digunakan untuk *space* tampilan dan pada koordinat 110 dp sampai 130 dp digunakan untuk menempatkan skala. Rancangan tampilan spektrum dari penjelasan diatas dapat dilihat pada Gambar 6.

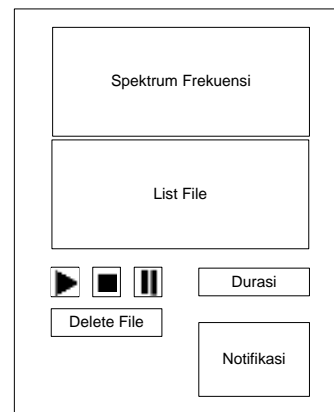


Gambar 6. Tampilan spektrum frekuensi

Setelah selesai merekam, data akan tersimpan dengan format nama “inputanNamaRecyyyyMMdd_HHmmSS.wav” ke dalam folder “DataRekaman”. Kemudian akan muncul notifikasi apakah jantung dalam keadaan normal atau terdeteksi adanya murmur regurgitasi.

2.4.2. Analisa

Fitur Analisa berfungsi sebagai *playback* atau pemutar ulang suara jantung yang telah direkam. Pada menu analisa terdapat tampilan spektrum frekuensi, *list file* yang terdapat di folder “DataRekaman”, tombol *play*, *stop*, dan *pause*, serta tampilan notifikasi apakah jantung dalam keadaan normal atau terdeteksi adanya murmur regurgitasi. Juga ada tombol *Delete* untuk menghapus file. Gambar 7 adalah tampilan menu Analisa pada perancangan.

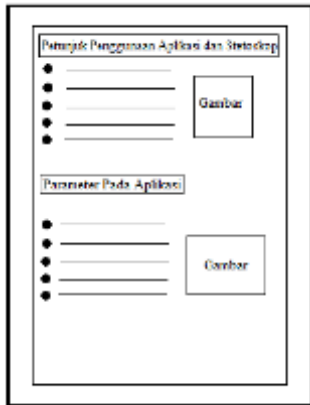


Gambar 7. Tampilan menu Analisa aplikasi Android

Untuk memainkan ulang file suara jantung cukup dengan memilih file yang ada dalam *list file*, kemudian tekan tombol *play* untuk memainkan file. File yang sedang dimainkan akan dilakukan proses transformasi oleh *class* “RealDoubleFFT.java” untuk ditampilkan dalam domain frekuensi. Proses menampilkan pada spektrum sama seperti saat proses merekam yang telah dijelaskan sebelumnya. Setelah proses memainkan file selesai akan muncul notifikasi apakah jantung dalam keadaan normal atau tidak.

2.4.3. Instruksi

Fitur instruksi ini berisi tentang petunjuk – petunjuk penggunaan dari aplikasi ini dan cara penempatan stetoskop untuk mendeteksi murmur regurgitasi. Selain itu akan ada petunjuk mengenai parameter yang ada di dalam aplikasi tersebut. Tampilan menu Instruksi perancangan dapat dilihat pada Gambar 8.

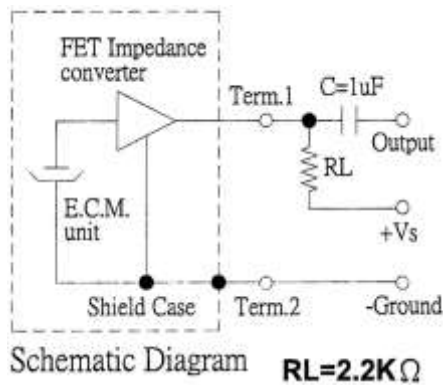


Gambar 8. Tampilan menu Instruksi aplikasi Android

3 Hasil dan Analisa

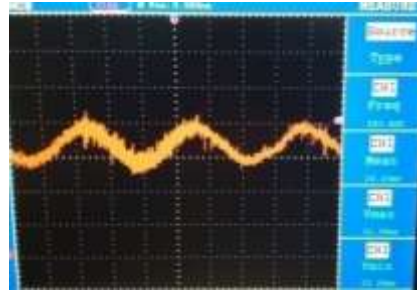
3.1. Pengujian *Electret Microphone*

Pengujian pada *electret microphone* ini ditujukan untuk mengetahui apakah komponen ini memiliki keluaran dengan respon frekuensi yang sesuai dengan inputannya (suara). Pengujian dilakukan dengan menghubungkan *microphone* ke osiloskop. Sebelum dihubungkan ke osiloskop, *microphone* dihubungkan dengan *measurement circuit* sesuai dengan *datasheet* [9]. Rangkaian ini ditunjukkan oleh Gambar 9.

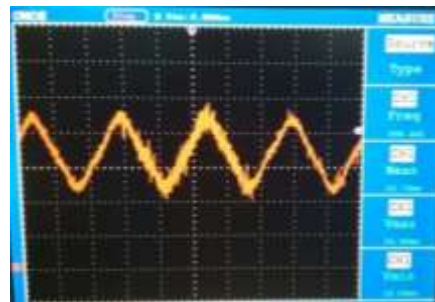


Gambar 9. *Measurement Circuit*

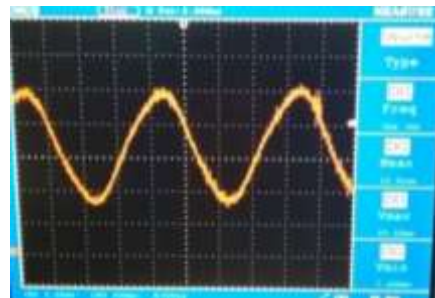
Sumber suara yang digunakan untuk pengujian ini adalah *single-tone* dengan frekuensi 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, dan 700 Hz. Sumber suara ini dihasilkan menggunakan aplikasi *Frequency Generator* yang ada pada *smartphone* Android. Sinyal hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 10 hingga Gambar 14.



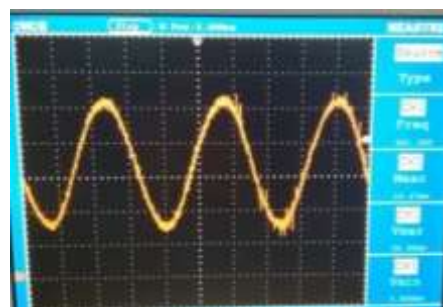
Gambar 10. Sinyal keluaran dari sumber suara 300 Hz



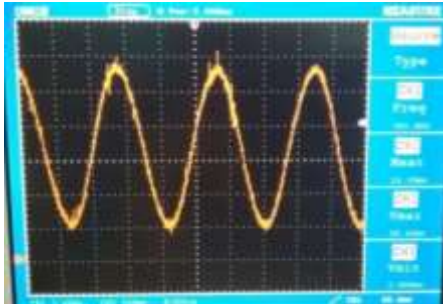
Gambar 11. Sinyal keluaran dari sumber suara 400 Hz



Gambar 12. Sinyal keluaran dari sumber suara 500 Hz



Gambar 13. Sinyal keluaran dari sumber suara 600 Hz



Gambar 14. Sinyal keluaran dari sumber suara 700 Hz

Tabel 1. Data hasil pengujian *electret microphone*

No	Sampel Suara Masukan	Sinyal Keluaran	Eror
1	300 Hz	293.6 Hz	2.1%
2	400 Hz	398.4 Hz	0.4%
3	500 Hz	506.7 Hz	1.3%
4	600 Hz	601.5 Hz	0.25%
5	700 Hz	702 Hz	0.28%

Berdasarkan Gambar 10 hingga Gambar 14 keluaran *electret microphone* menghasilkan sinyal sinusoid dengan besar frekuensi yang mendekati nilai dari suara yang dihasilkan oleh *Frequency Generator*. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa sinyal hasil keluaran *microphone* memiliki eror rata – rata sebesar 0.866%. Dengan demikian *electret microphone* ini dikatakan cukup akurat, karena nilai frekuensi yang dihasilkan tidak terlalu jauh berbeda dengan inputan suara yang diberikan. Berdasarkan hasil pengujian tersebut *microphone* ini memiliki akurasi terhadap frekuensi sebesar 99.134%.

3.2. Pengujian Awal Fitur Rekam

Pengujian pada fitur “Rekam” ini meliputi pengujian pada perekaman itu sendiri dan tampilan spektrum frekuensi saat perekaman. Pengujian perekaman dilakukan dengan 5 buah sampel sampel suara dengan frekuensi 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, dan 700 Hz. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa perintah merekam telah berfungsi dengan baik. Ditunjukkan oleh nama file yang tepat dengan waktu dilakukannya perekaman. Selain itu, data hasil rekaman disimpan pada direktori sesuai dengan yang dirancang, yaitu pada SdCard/Datarekaman. Salah satu contoh file hasil perekaman dapat dilihat pada Gambar 15.

Pengujian kedua adalah tampilan spektrum frekuensi. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil output tampilan spektrum frekuensi dari aplikasi saat perekaman 5 sampel suara (frekuensi 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, dan 700 Hz) dengan hasil perhitungan menggunakan *microsoft excel*. Hasil uji yang diambil sebagai contoh adalah sampel suara frekuensi 400 Hz. Keluaran spektrum frekuensi pada aplikasi dapat dilihat pada Gambar 16. Pada perhitungan dengan *excel* input

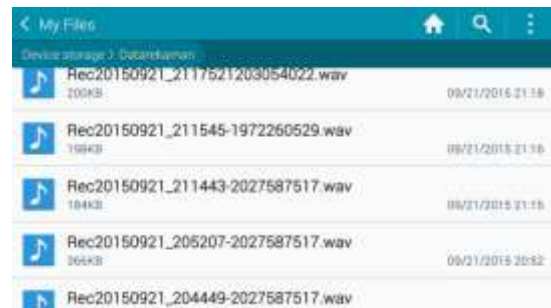
yang digunakan adalah sinyal sinus sesuai dengan persamaan berikut.

$$y = A \sin(2\pi ft) \quad (4.1)$$

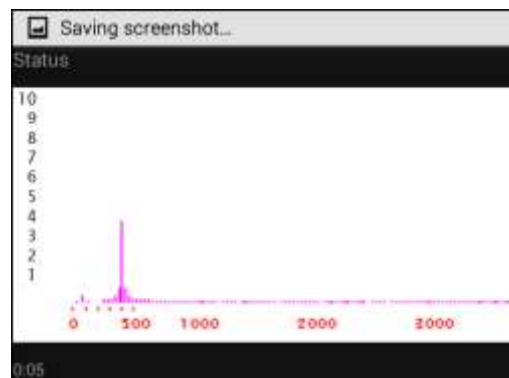
Dimana y adalah sinyal input, A adalah amplitudo, f adalah frekuensi sinyal yang diuji (400 Hz), dan t adalah interval waktu. Sinyal input tersebut ditransformasikan dengan algoritma FFT menggunakan *tools* yang ada pada *microsoft excel*. Hasil transformasi ke dalam domain frekuensi dapat dilihat pada Gambar 17. Dengan membandingkan hasil keluaran spektrum frekuensi dari aplikasi dan perhitungan *excel*, dapat disimpulkan bahwa aplikasi telah berhasil mentransformasikan sinyal suara saat merekam dalam domain frekuensi.

Tabel 2. Data hasil rekaman berdasarkan parameter yang telah dirancang

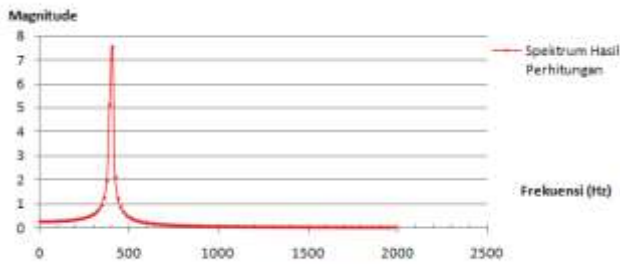
No	Sampel Suara	Rancangan		Pengujian Alat	
		Waktu Perekaman	Direktori Penyimpanan	Nama File Hasil Rekaman	Direktori Penyimpanan
1	300 Hz	10/12/2015 15:21:09	SDCard/Datarekaman	300hzRec20151012_210934	SDCard/Datarekaman
2	400 Hz	10/12/2015 15:21:10	SDCard/Datarekaman	400hzRec20151012_211017	SDCard/Datarekaman
3	500 Hz	10/12/2015 15:21:10	SDCard/Datarekaman	500hzRec20151012_211050	SDCard/Datarekaman
4	600 Hz	10/12/2015 15:21:11	SDCard/Datarekaman	600hzRec20151012_211135	SDCard/Datarekaman
5	700 Hz	10/12/2015 15:21:12	SDCard/Datarekaman	700hzRec20151012_211214	SDCard/Datarekaman



Gambar 15. File hasil rekaman dan direktori penyimpanannya



Gambar 16. Tampilan keluaran spektrum frekuensi saat merekam suara frekuensi 400 Hz (dilakukan *invert color* pada gambar untuk memperjelas)



Gambar 17. Spektrum hasil perhitungan excel pada frekuensi 400 Hz

3.3. Pengujian Awal Fitur Analisa

Pengujian awal fitur Analisa meliputi dari pengujian fungsi *playback*, tampilan spektrum frekuensi, dan fungsi menghapus *file* rekaman. Untuk menjalankan fungsi *playback* terlebih dulu memilih *file* dengan menekan tombol LIST. *File* yang akan digunakan dalam pengujian adalah Rec20150921_205207.wav dimana *file* ini merupakan hasil rekaman pada frekuensi 500 Hz. Tampilan pemilihan *file* rekaman pada LIST dan *playback* dapat dilihat pada Gambar 18 dan Gambar 19.



Gambar 18. Tampilan saat pemilihan file rekaman pada LIST

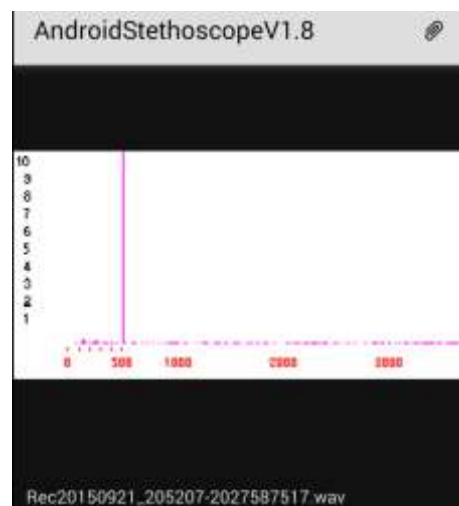
Pengujian selanjutnya adalah tampilan spektrum frekuensi. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil output tampilan dari aplikasi dari *playback*/pemutaran ulang 5 sampel dengan frekuensi 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, dan 700 Hz yang telah direkam tadi dengan hasil perhitungan menggunakan *microsoft excel*. Salah satu file uji yang akan dijelaskan adalah sampel suara frekuensi 500 Hz. Keluaran spektrum

frekuensi dari file yang dimainkan (500 Hz) ditunjukkan pada Gambar 20.

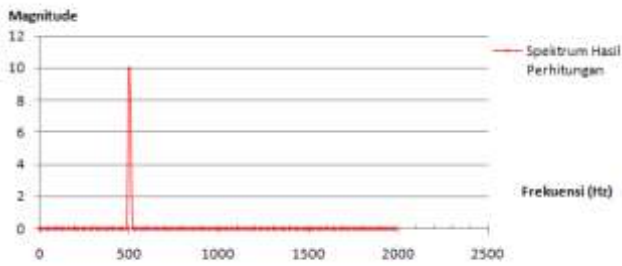
Pada perhitungan menggunakan *microsoft excel*, sinyal input yang digunakan berdasarkan persamaan (4.1) dengan pengaturan frekuensi sebesar 500 Hz. Kemudian sinyal input tersebut ditransformasikan menggunakan *tools* yang ada pada *microsoft excel*. Sinyal Hasil transformasi dalam domain frekuensi dari perhitungan ditunjukkan oleh Gambar 21. Berdasarkan perbandingan keluaran spektrum frekuensi dari aplikasi dan hasil perhitungan pada Gambar 20 dan Gambar 21 dapat disimpulkan bahwa aplikasi mampu mentransformasikan sinyal dari pemutaran file dengan algoritma FFT dalam domain frekuensi.



Gambar 19. Tampilan pemutaran file rekaman/playback



Gambar 20. Tampilan keluaran spektrum frekuensi saat *playback*/pemutaran ulang file suara frekuensi 500 Hz (dilakukan *invert color* pada gambar untuk memperjelas)

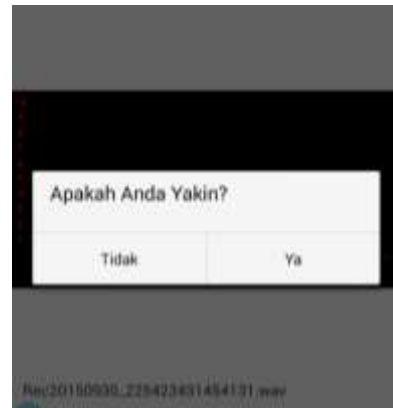


Gambar 21. Spektrum hasil perhitungan excel pada frekuensi 500 Hz

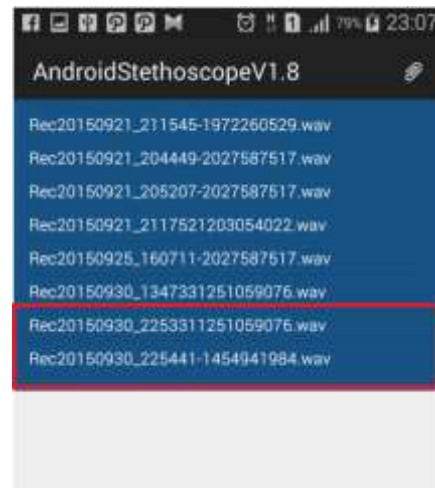
Pengujian yang terakhir adalah fungsi menghapus file rekaman. File yang akan digunakan dalam pengujian ini adalah Rec20151930_225423.wav. File ini terletak di antara file Rec20151930_225331.wav dan Rec20151930_225441.wav seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22. Setelah file dipilih dan ditekan tombol DELETE FILE, maka akan muncul alert dialog sebagai konfirmasi penghapusan file seperti pada Gambar 23. Gambar 24 menunjukkan bahwa file Rec20151930_225423.wav telah berhasil dihapus setelah dikonfirmasi. File Rec20151930_225423.wav yang sebelumnya berada di antara file Rec20151930_225331.wav dan Rec20151930_225441.wav sudah tidak ada.



Gambar 22. Tampilan File Rec20151930_225423.wav sebelum dihapus



Gambar 23. Tampilan alert dialog konfirmasi penghapusan file



Gambar 24. Tampilan LIST setelah file Rec20151930_225423.wav dihapus

3.4. Pengujian Awal Pendeteksian Murmur Regurgitasi

Murmur regurgitasi akan muncul setiap satu siklus detak jantung secara terus – menerus. Maka bagi penderita regurgitasi jantung, murmur akan selalu kita dengar selama pemeriksaan, sedangkan untuk jantung normal murmur tidak akan terdengar. Pendeteksian awal dilakukan dengan merekam suara jantung dari 5 subjek yang telah melakukan pemeriksaan dan dinyatakan memiliki jantung yang normal dan 2 contoh suara rekaman murmur regurgitasi. Masing – masing perekaman dilakukan selama 30 detik dan dideteksi jumlah kemunculan dari murmur tersebut. Pendeteksian jumlah murmur yang muncul dengan mengatur threshold pada kuat suara tertentu. Jika suara pada rentang 300 Hz sampai 600 Hz melewati batas threshold tersebut, maka counter akan berjalan. Data hasil rekaman dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Data rekaman awal pendeteksian murmur regurgitasi

No	Nama Subjek	Nama File	Kondisi	Jumlah Suara Pada Frekuensi Murmur Yang Terdeteksi
1	Pras	prastestRec20150911_.wav	Normal	31
2	Anto	antotestRec20151012_134816.wav	Normal	108
3	Danang	danagtestRec20151012_134952.wav	Normal	35
4	Ganjar	ganjartestRec20151012_1056.wav	Normal	70
5	Irvan	Rec20150911_1038.wav	Normal	23

Tabel 3. Data rekaman awal pendeteksian murmur regurgitasi (lanjutan)

No	Nama Subjek	Nama File	Kondisi	Jumlah Suara Pada Frekuensi Murmur Yang Terdeteksi
6	Akbar	akbartestRec20151012_134903.wav	Normal	28
7	Irfan	irfan20151012_182522.wav	Normal	172
8	Desta	destatest20151012_182250.wav	Normal	50
9	Adit	adittest20151012_182816.wav	Normal	50
10	Geovani	geovtest20151012_143203.wav	Normal	33
11	MR	MRRec20151012_215237.wav	Mitral Regurgitasi	339
12	AR	ARRec20151012_214930.wav	Aorta Regurgitasi	113
13	PR	PR20151012_214650.wav	Pulmonar Regurgitasi	632

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada jantung normal masih mendeteksi adanya suara pada rentang frekuensi murmur. Jumlah yang ditunjukkan cukup besar untuk jantung normal, misalnya pada subjek Anto yang terdeteksi sebanyak 108. Hal ini dikarenakan adanya pergerakan dari tubuh, stetoskop, selang stetoskop, ataupun pengaruh suara lingkungan yang mengakibatkan munculnya *noise* pada rentang frekuensi murmur regurgitasi.

Untuk mengantisipasi dari *noise* tersebut, durasi perekaman akan dilakukan selama 20 detik dan pendeteksian terhadap murmur dilakukan selama 7 detik, yaitu pada detik ke – 10 sampai detik ke – 17. Pemilihan durasi perekaman tersebut dilakukan untuk mengurangi tingkat kejenuhan saat pemeriksaan. Karena ketika merasa jenuh terkadang pasien melakukan pergerakan yang dapat menimbulkan *noise*. Untuk pendeteksian murmur dilakukan selama 6 detik dimulai dari detik ke – 10, hal ini diasumsikan setelah 10 detik kondisi pasien sudah tenang dan posisi sungkup stetoskop sudah berada di posisi yang benar.

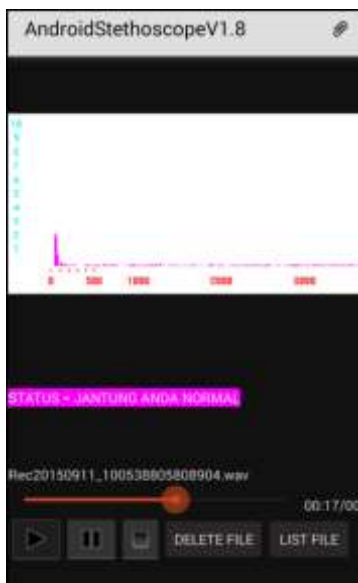
3.5. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem dilakukan dengan cara merekam suara jantung pada 6 orang yang telah dinyatakan normal oleh dokter dan 2 contoh sampel suara penderita regurgitasi jantung. Murmur regurgitasi pada jantung akan selalu muncul dalam setiap siklus detak jantung. Sesuai dengan hasil pengujian awal murmur regurgitasi, waktu yang dibutuhkan untuk perekaman adalah 20 detik, yang kemudian akan diambil sampelnya untuk dilakukan pendeteksian selama 6 detik dimulai dari detik ke - 10. Pendeteksian murmur dilakukan dengan menghitung jumlah kemunculan murmur tersebut. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.

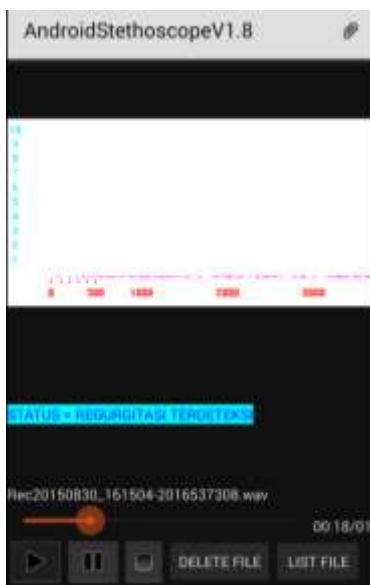
Tabel 4. Hasil pengujian sistem keseluruhan

NO	Nama Subjek	Nama File	Hasil Deteksi	Keterangan Dokter
1	Pras	prasRec20150911_133352.wav	Normal	Normal
2	Anto	antoRec20151012_134614.wav	Normal	Normal
3	Danang	danangRec20151012_134427.wav	Normal	Normal
4	Ganjar	ganjarRec20151012_1056.wav	Normal	Normal
5	Akbar	akbarRec20151012_134047.wav	Normal	Normal
6	Irfan	irfan20151012_182419.wav	Normal	Normal
7	Desta	desta20151012_182032.wav	Normal	Normal
8	Adit	adit20151012_182705.wav	Normal	Normal
9	Geovani	geov20151012_143058.wav	Normal	Normal
10	Mitral Regurgitasi	MRRec20151012_215237.wav	Murmur Regurgitasi Terdeteksi	Murmur Regurgitasi
11	Aorta Regurgitasi	ARRec20151012_214930.wav	Murmur Regurgitasi Terdeteksi	Murmur Regurgitasi
12	Pulmonari Regurgitasi	PR20151012_214650.wav	Murmur Regurgitasi Terdeteksi	Murmur Regurgitasi
13	Triskupid Regurgitasi	TR20151012_215744.wav	Murmur Regurgitasi Terdeteksi	Murmur Regurgitasi

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa pendeteksian dari 13 sampel suara oleh aplikasi memiliki presentase validasi sebesar 100% terhadap hasil keterangan dokter. Subjek yang diambil sebagai sampel misal Anto yang memiliki kondisi jantung normal dan sampel suara murmur regurgitasi. Berdasarkan Gambar 25 dan Gambar 26 dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat mendeteksi apakah jantung dalam keadaan normal atau terdapat murmur regurgitasi. Hal ini ditunjukkan dengan notifikasi yang muncul pada aplikasi dan tampilan spektrum frekuensi.



Gambar 25. Tampilan aplikasi pendeteksi murmur regurgitasi pada subjek Anto (dilakukan *invert color* pada gambar untuk memperjelas)



Gambar 26. Tampilan aplikasi pendeteksi murmur regurgitasi pada sampel murmur regurgitasi (dilakukan *invert color* pada gambar untuk memperjelas)

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi yang telah dibuat dapat merekam, menyimpan, menghapus, dan memutar ulang rekaman suara jantung. Suara jantung yang diputar ulang dapat ditampilkan dalam bentuk spektrum frekuensi. Hasil pengujian *electret microphone* menunjukkan bahwa komponen ini mampu menghasilkan keluaran dengan nilai frekuensi yang mendekati nilai masukannya, yaitu dengan akurasi 99,134%. Secara keseluruhan, sistem telah mampu mendeteksi apakah jantung terdapat murmur regurgitasi atau tidak dengan presentase validasi 94,4%.

Referensi

- [1]. A. Rizal and V. Suryani, "Aplikasi Pengolahan Sinyal Digital pada Analisis dan Pengenalan Suara Jantung dan Paru untuk Diagnosis Penyakit Jantung dan Paru Secara Otomatis," 2005.
- [2]. Cameron John R, Skofronick James G, Grant Roderick M, "Fisika Tubuh Manusia Ed. 2," 2006.
- [3]. Baura Gail, "Medical Device Technologies. A Systems Based Overview Using Engineering Standards," 2011.
- [4]. J. S. Mohammad, J. Haryatno, and A. Rizal, "MENGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN," 2005.
- [5]. CUI, "CMA-4544PF-W." pp. 4-7, 2008.
- [6]. V. Valkenburgh, Nooger, and Neville, "Basic Electricity," 1992.