

## Sistem Rekayasa Balik Sinyal Elektrokardiogram (EKG)

**Dimas Agil Roeseno Kambuna<sup>\*1</sup>, Panggih Basuki<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

email: <sup>\*1</sup>[dimasagilrk@gmail.com](mailto:dimasagilrk@gmail.com), <sup>2</sup>[panggih@ugm.ac.id](mailto:panggih@ugm.ac.id)

### **Abstrak**

Telah dibuat sebuah perangkat lunak sistem rekayasa balik sinyal Elektrokardiogram yang dapat melakukan visualisasi grafik sinyal EKG dan melakukan simulasi suara detak jantung berdasarkan data rekam jantung berformat CSV. Aplikasi ini memanfaatkan database dalam situs PhysioNet yang menyediakan data rekam EKG. Data yang terdiri atas deretan amplitudo dengan interval tertentu diproses oleh aplikasi sehingga dapat diplot menjadi grafik gelombang EKG dan diubah menjadi suara lub-dub detak jantung. Aplikasi melakukan penghitungan frekuensi gelombang EKG dalam periode waktu tertentu menggunakan penghitungan gelombang R.

Berdasarkan hasil uji terhadap 70 sampel data yang ada dalam Apnea-ECG Database, aplikasi ini dapat melakukan visualisasi grafik sinyal EKG sehingga memunculkan hasil diagnosis oleh tenaga medis berupa 34 sampel masuk dalam kategori gelombang normal, 21 gelombang dengan gangguan, dan 15 gelombang derau. Berdasarkan 55 sampel pengujian simulasi suara detak jantung, didapatkan hasil diagnosis 44 sampel merupakan irama detak jantung normal dan terdapat suara murmur yang menjadi indikasi awal kelainan pada jantung dalam 11 sampel lainnya.

**Kata kunci**—Elektrokardiogram, PhysioNet, CSV, jantung

### **Abstract**

A reverse engineering system software of Electrocardiogram signal that can perform ECG signal graph visualization and perform heartbeat sound simulation based on CSV format ECG record has created. These application utilize a database from PhysioNet site that provides an ECG records. Data that consisting of amplitude rows with specific intervals has processed by the application so EKG waveform can be plotted and converted into lub-dub heartbeat sound. System will calculating ECG waveform frequencies within certain period using R wave calculation.

Based on test results of 70 samples on existing data in Apnea-ECG Database, this software can do ECG signal visualization that led to the medical diagnosis in the form of 34 samples in the category normal waves, 21 waves with interference, and 15 waves with noise. Based on 55 samples tests in heartbeat simulation, the diagnosis shows 44 samples is a normal heart rhythm sound and 11 other samples having murmur sound inside that indicating an heartbeat anomaly.

**Keywords**—Electrocardiogram, Physionet, CSV, heart

## 1. PENDAHULUAN

Elektrokardiogram (EKG) merupakan suatu alat elektronika biomedis yang berfungsi untuk merekam reaksi jantung. Hasil rekam jantung tersebut kemudian dianalisa oleh dokter

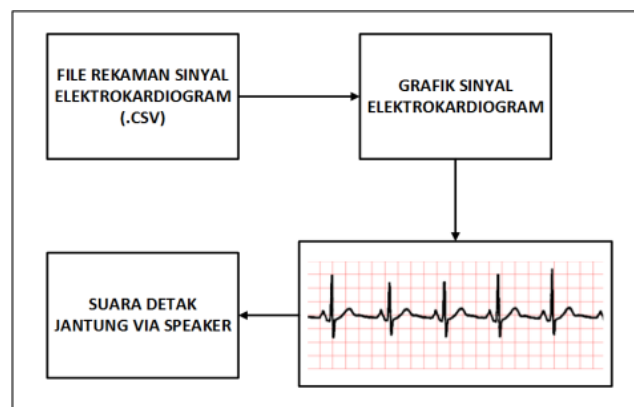
untuk mengetahui kondisi dan masalah pada jantung pasien. Selain itu, salah satu cara yang digunakan dokter untuk mendiagnosis penyakit jantung adalah dengan mendengarkan suara jantung dengan stetoskop. Suara jantung yang dihasilkan pada beberapa kasus penyakit jantung menunjukkan adanya pola tertentu yang bisa dikenali, sehingga dapat diambil sebagai bahan untuk menentukan diagnosis mengenai kelainan pada katup-katup jantung [1].

Pada daerah tertentu, masih banyak pusat kesehatan yang tidak memiliki alat rekam jantung dan tidak ada dokter spesialis jantung. Tempat tersebut pada umumnya mengandalkan dokter umum untuk mendiagnosis masalah/penyakit seseorang, sedangkan detak jantung dapat menjadi langkah awal untuk mendeteksi suatu penyakit dalam tubuh manusia. Pada daerah yang tidak terjangkau alat medis canggih, diperlukan kemampuan dokter umum untuk mendeteksi ketidaknormalan detak jantung seseorang secara manual melalui denyut jantung, sehingga kepekaan calon dokter/tenaga medis dalam membaca grafik EKG dan mendengarkan ritme maupun suara detak jantung perlu ditingkatkan. Untuk pembelajaran tersebut, database rekam jantung seperti PhysioNet [2,3] sangat bermanfaat dan kerap digunakan sebagai penelitian mengenai kelainan-kelainan pada detak jantung manusia.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Analisis dan Perancangan Sistem

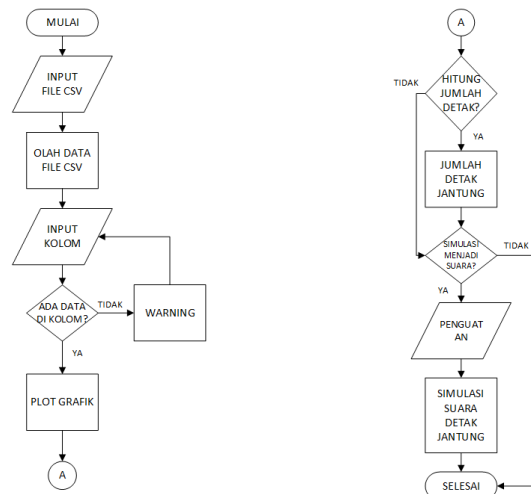
Sistem yang dibuat merupakan sistem yang dapat merekayasa balik sebuah sinyal EKG. Data berupa waktu dan tegangan hasil rekaman mesin EKG akan diwujudkan menjadi sebuah grafik dan simulasi berupa suara. Perancangan sistem ini mencakup tentang perancangan perangkat lunak sistem. Perangkat lunak (*software*) ini akan memiliki fungsi sebagai antarmuka sekaligus pengolah data untuk membaca *file* data rekaman EKG berformat CSV, menampilkannya dalam bentuk grafik, kemudian mengubah rekaman sinyal EKG tersebut menjadi suara sesuai parameter yang ada pada arsip rekaman sinyal EKG tersebut.



Gambar 1 Blok diagram sistem rekayasa balik sinyal EKG

Tujuan utama perancangan sistem rekayasa balik EKG ini adalah melakukan pembacaan *file* rekaman sinyal EKG yang diambil dari sebuah *website* khusus penyedia data rekaman EKG, dan melakukan simulasi pembacaan *file* tersebut dalam bentuk grafik dan suara. Dalam sistem rekayasa balik sinyal EKG yang terlihat dalam Gambar 1, parameter yang dipantau adalah nilai dari detak jantung manusia yang diubah ke dalam bentuk tegangan

(voltase) yang digunakan dalam EKG, yang dapat dipantau dalam bentuk grafik tegangan berbanding waktu.



Gambar 2 Diagram alir sistem rekayasa balik sinyal EKG

Pada tahap awal seperti yang ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 2, sistem akan melakukan komunikasi antara program dengan *file* berformat CSV yang akan dibaca, membaca nama dan direktori *file*, dan mengolah data tersebut sehingga bisa digunakan untuk keperluan sistem. Saat tombol *plot* ditekan, sistem akan langsung membaca *file* yang telah diolah, dan mewujudkannya dalam bentuk grafik tegangan (mV) berbanding waktu (detik). Pada tahap selanjutnya, sistem akan mendeteksi dan menghitung jumlah puncak gelombang dalam grafik yang ditampilkan. Jumlah puncak gelombang (gelombang R pada rangkaian gelombang QRS) pada grafik sinyal EKG mengindikasikan jumlah detak (frekuensi) jantung yang terjadi dalam periode waktu tertentu [2]. Pada tahap akhir, sistem akan mengakses *file* yang ingin disimulasikan menjadi suara, melakukan perintah proses data kepada *soundcard* sehingga menghasilkan suara detak jantung yang dapat diamati oleh pengguna. Durasi dari simulasi sinyal EKG ini disesuaikan dengan durasi *file* rekaman data detak jantung yang dibaca sistem, yaitu selama 10 detik.

## 2.2 Pemilihan Sampel Rekaman Sinyal EKG

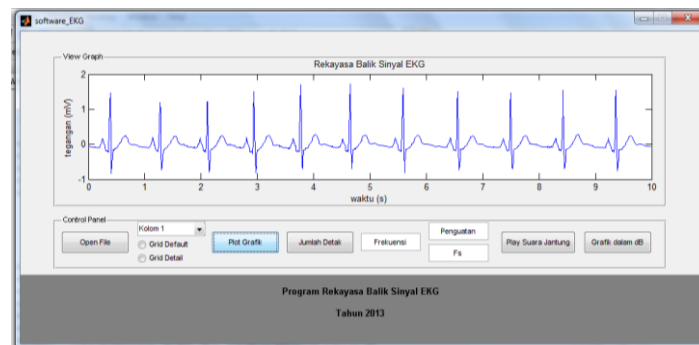
Dalam penelitian ini, sampel data rekaman sinyal EKG yang digunakan adalah sampel yang berasal dari *Apnea-ECG database* (apnea-ecg) yang diakses dari PysioBank ATM pada website [www.physionet.org](http://www.physionet.org). Pemilihan data ini dilakukan karena file yang berasal dari database tersebut yang dianggap memiliki struktur yang jelas, antara gelombang QRS dan gelombang T. Sampel ini memiliki ekstensi berupa CSV atau *Comma Separated Value*. Format CSV merupakan salah satu format yang digunakan dalam standar file ASCII. CSV merupakan sebuah format file yang dipergunakan untuk menyajikan data teks, di mana setiap datanya (*field*) dipisahkan dengan suatu pemisah yang berupa tanda koma (,) dan setiap baris *record* dipisahkan dengan baris baru (*line break*). Selain menggunakan pemisah (*delimiter*) dengan tanda koma, kadang-kadang jenis file CSV juga menggunakan tanda pemisah berupa tanda titik-koma/semicolon (;) atau karakter <tab>.

Sampel pada *Apnea-ECG Database* ini memiliki 70 sampel rekaman dengan durasi yang bervariasi, dimulai dari 7 jam per sampel, sampai 10 jam per sampel rekaman. Sistem rekayasa balik sinyal EKG akan menggunakan data dengan durasi terkecil, yaitu 10 detik.

Selain itu, file ini memiliki *sample rate* 100 data per detik, yang memiliki arti bahwa dalam 10 detik, ada 1000 data yang ada pada satu buah sampel rekaman EKG pada *database* Apnea.

### 2.3 Implementasi Sistem

Implementasi *software* sistem rekayasa balik sinyal EKG dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa sistem memiliki beberapa tombol dan komponen untuk menjalankan fungsi-fungsi dalam sistem. Beberapa fitur yang dimiliki oleh sistem akan diterangkan dalam pembahasan berikut.



Gambar 3 Implementasi antarmuka/GUI

#### 2.3.1 Open File

Pengguna sistem terkadang tidak mengetahui nama *file* yang akan diakses sehingga sistem pemilihan *file* dalam bentuk *dialog box* akan memudahkan pengguna dalam menggunakan sistem ini. Setelah pengguna memilih *file* CSV yang diinginkan, sistem akan menyimpan nama dan lokasi/direktori *file* CSV tersebut dan menyimpannya dalam suatu variabel global agar *file* CSV tersebut nantinya dapat digunakan untuk keperluan selanjutnya.

#### 2.3.2 Plot Grafik

Fitur ini dibuat untuk melakukan plot grafik berdasarkan *file* rekaman sinyal EKG. Ketika tombol plot grafik dieksekusi oleh pengguna, *file* yang berisi data waktu dan tegangan yang dihasilkan dari rekaman detak jantung, akan diakses oleh sistem dan membuat data-data tersebut bisa diolah oleh MATLAB. Terkadang, data yang ada dalam suatu *file* dipisahkan atau diberi tanda pemisah berupa tanda koma (,) maupun tanda lainnya. Hal tersebut akan menyulitkan konversi data yang akan dilakukan jika tidak didefinisikan dengan baik. Pemilihan kolom yang berisi data tegangan, akan membuat sistem mengkondisikan data agar dapat dibuat menjadi sebuah grafik waktu berbanding tegangan. Grafik sinyal EKG berupa grafik waktu berbanding tegangan akan dibentuk oleh sistem sesuai *sample rate* pengambilan data pada sampel.

#### 2.3.3 Jumlah Detak

Program penghitung jumlah detak jantung diperlukan dalam rangka pembandingan antara suara detak jantung yang dihasilkan dengan suara detak jantung yang terdeteksi. Pendeteksian jumlah detak jantung dilakukan dengan mendeteksi jumlah gelombang R yang muncul pada grafik EKG [3]. Gelombang R identik dengan gelombang yang paling tinggi dalam sebuah grafik sinyal EKG sehingga memudahkan di dalam penghitungan.

Jumlah puncak gelombang yang diidentifikasi pada grafik akan ditampilkan hasilnya pada komponen *edit* dalam GUI.

#### 2.3.4 Play Suara Jantung

Fitur Play Suara Jantung akan memainkan *file* rekaman sinyal EKG melalui fitur WAVPLAY pada MATLAB. Suara yang dihasilkan dapat diperkuat melalui input pada komponen *Penguatan* dan *sample rate default* (Fs) saat memainkan *file* dapat diubah melalui input pada komponen *Fs* ketika ingin memainkan *file* dengan *sample rate* yang berbeda.

#### 2.3.5 Grafik dalam dB

Fitur ini dibuat untuk mengetahui intensitas suara yang dikeluarkan oleh sistem saat dilakukan simulasi suara detak jantung. Oleh karena itu, perlu dilakukan konversi data grafik, dari waktu berbanding tegangan, menjadi waktu berbanding intensitas suara dengan satuan desibel.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Uji Grafik Rekayasa Balik Sinyal EKG

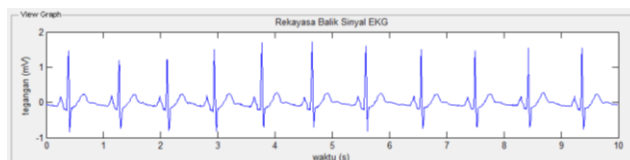
Metode yang digunakan dalam pengujian validitas grafik yang dihasilkan sistem adalah dengan membandingkan hasil *plotting* grafik yang dihasilkan oleh sistem dengan grafik yang dibentuk melalui fitur *Plot Waveform* yang terdapat pada PhysioBank ATM. Untuk hasil uji grafik sistem rekayasa balik EKG, semua sampel dalam *Apnea-ECG Database* yang berjumlah 70 buah akan diuji kesesuaiannya. Hal ini dilakukan untuk menguji kemampuan sistem dalam membuat grafik sinyal EKG sesuai data yang ada pada file rekaman sinyal EKG. *File* yang diuji meliputi 20 *record* kategori a, 5 *record* kategori b, 10 *record* kategori c, dan 35 *record* kategori x.

##### 3.1.1 Hasil Uji Grafik Apnea-ECG Database

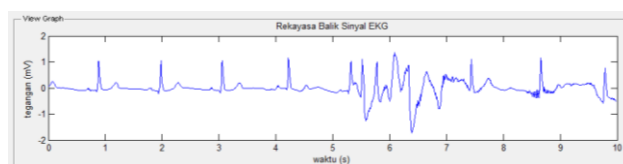
Tenaga medis dilibatkan dalam pengujian ini untuk menentukan kesesuaian grafik yang dihasilkan sistem dengan grafik yang dihasilkan melalui PhysioBank ATM. Jika grafik yang dibentuk oleh sistem sesuai (sama) dengan grafik yang dibentuk melalui fitur *Plot Waveform* pada PhysioBank ATM, maka grafik yang dihasilkan dinyatakan sesuai, sedangkan grafik dinyatakan tidak sesuai jika grafik yang dihasilkan oleh sistem tidak sama dengan grafik yang dibentuk melalui fitur PhysioBank ATM. Selanjutnya, tenaga medis akan melakukan diagnosis terhadap grafik yang dihasilkan sistem dengan acuan berupa kriteria gelombang EKG normal (irama sinus normal). Diagnosis tersebut akan diwujudkan dalam 3 kategori gelombang, yaitu grafik gelombang EKG normal, grafik gelombang EKG yang memiliki gangguan, atau grafik EKG yang hanya terdiri dari derau/*noise*. Pengkategorian gelombang berdasarkan diagnosis dari tenaga medis ini akan menentukan sampel yang digunakan pada pengujian simulasi suara detak jantung. Hanya gelombang EKG normal dan gelombang EKG dengan gangguan yang akan disimulasikan menjadi suara detak jantung.

Gambar 4 menunjukkan contoh grafik yang dihasilkan oleh sistem dengan 3 jenis kategori gelombang dan sebuah contoh grafik yang dihasilkan melalui fitur *Plot Waveform* pada PhysioBank ATM. Pada Gambar 4 (a) yang merupakan sampel gelombang dari *record* a01, terlihat bahwa gelombang memiliki ritme detak jantung yang teratur, gelombang P yang normal, dan gelombang QRS yang sempit. Hal tersebut menjadi acuan oleh tenaga medis dalam menentukan kategori gelombang, sehingga gelombang tersebut masuk ke dalam kategori

normal. Sementara itu, pada Gambar 4 (b), pada awalnya gelombang memiliki ritme teratur, tetapi dimulai pada detik ke-5, gelombang mulai terlihat tidak teratur dengan munculnya gelombang lain yang tidak sesuai dengan kriteria normal gelombang P, Q, R, S, T pada EKG. Visualisasi ketidakteraturan gelombang yang muncul membuat tenaga medis memasukkan *record c06* tersebut ke dalam kategori gelombang dengan gangguan yang memberikan indikasi adanya kelainan jantung dalam sampel *record* tersebut.

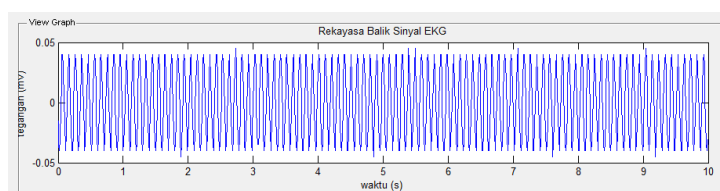


Gambar 4 (a) Grafik hasil *plotting* kategori gelombang normal



Gambar 4 (b) Grafik hasil *plotting* kategori gelombang dengan gangguan

Gambar 4 (c) menunjukkan bahwa amplitudo gelombang lebih kecil dari 0.05 milivolt yang terus berulang hingga akhir sampel. Durasi dan amplitudo dari setiap gelombang dalam sampel *c01* tersebut menyulitkan untuk penentuan interval, segmen, maupun jenis gelombang. Ciri gelombang yang ada tidak memenuhi kriteria sebuah gelombang EKG, sehingga tenaga medis menentukan bahwa gelombang tersebut bukanlah gelombang EKG dan memasukkannya ke dalam kategori gelombang derau (*noise*) dari alat EKG. Gambar 4 (d) merupakan visualisasi grafik *record a01* yang dibuat menggunakan fitur PhysioBank ATM. Hasil grafik yang ditampilkan memiliki kriteria yang sama dengan Gambar 4 (a).



Gambar 4 (c) Grafik hasil *plotting* kategori gelombang derau



Gambar 4 (d) Contoh grafik melalui fitur *Plot Waveform* pada PhysioBank ATM

Dalam Tabel 1, *record a01* yang masuk dalam kategori sampel a dengan durasi waktu 10 detik, memiliki kualitas yang sesuai dengan grafik yang dibuat menggunakan fitur PhysioBank ATM pada PhysioNet. Dengan melihat tampilan grafik dari *record a01*, tenaga medis memberikan diagnosis bahwa grafik yang muncul merupakan gelombang EKG normal.

Hasil uji kualitas gelombang yang dihasilkan sistem beserta diagnosis gelombang dari 70 buah sampel, yang diwakilkan oleh sampel kategori c yang diujikan dapat diamati pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji kualitas grafik gelombang dan diagnosis gelombang EKG

Kategori	Record	Interval Waktu	Kualitas	Diagnosis
c	c01	0:00-0:10	Tidak	Derau/noise
	c02	0:00-0:10	Tidak	Derau/noise
	c03	0:00-0:10	Sesuai	Normal
	c04	0:00-0:10	Tidak	Derau/noise
	c05	0:00-0:10	Sesuai	Normal
	c06	0:00-0:10	Sesuai	Gangguan
	c07	0:00-0:10	Sesuai	Gangguan
	c08	0:00-0:10	Sesuai	Normal
	c09	0:00-0:10	Tidak	Derau/noise
	c10	0:00-0:10	Tidak	Derau/noise

Berdasarkan hasil uji yang telah didapat, dari 70 sampel gelombang yang diujikan dan didiagnosis, maka dapat diketahui terdapat 34 buah gelombang kategori gelombang normal, 21 buah gelombang kategori gelombang dengan gangguan, dan 15 buah gelombang kategori gelombang derau.

Hasil uji grafik juga menampilkan indikasi kualitas grafik yang dihasilkan sistem, yaitu masih terdapat 16 buah grafik yang dianggap tidak sesuai dengan grafik yang dihasilkan oleh PhysioBank ATM.

### 3.2 Hasil Uji Suara Detak Jantung berdasarkan Simulasi Suara Detak Jantung

Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah membandingkan jumlah gelombang R yang dideteksi oleh sistem dengan suara lub-dub yang dapat diidentifikasi berdasarkan suara yang dikeluarkan sistem melalui speaker saat simulasi suara detak jantung dijalankan. Dalam pengujian simulasi suara detak jantung ini, digunakan 55 sampel *record* yang telah dipilih berdasarkan pengujian grafik sinyal EKG pada tahap uji sebelumnya, berupa sampel kategori gelombang normal dan sampel kategori gelombang dengan gangguan. Pemilihan sampel dilakukan karena menurut teori suara lub-dub yang didengar oleh dokter dengan stetoskop sebenarnya dibedakan menjadi dua, yaitu suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan tumbuhnya kompleks QRS dari elektrokardiogram dan suara jantung kedua (S2) yang terjadi hampir bersamaan dengan akhir gelombang T dari EKG [4]. Untuk itu, pendeteksian jumlah detak jantung dilakukan dengan mendeteksi jumlah gelombang R yang muncul pada grafik EKG. *File* yang diuji meliputi 20 *record* kategori a, 4 *record* kategori b, 5 *record* kategori c, dan 26 *record* kategori x. Dalam melakukan pengujian simulasi detak jantung ini, bantuan tenaga medis tetap digunakan untuk mengkategorikan suara detak jantung yang dihasilkan berdasarkan irama detak jantung yang didengar oleh telinga.

Indikator keberhasilan dalam pengujian ini adalah akurasi sistem dalam mendeteksi jumlah detak jantung. Persamaan (1) merupakan persamaan yang digunakan untuk mengukur *error* dari jumlah deteksi detak jantung yang dihasilkan sistem [5]. Jumlah deteksi merupakan angka yang dihasilkan oleh sistem dalam mendeteksi detak jantung, sedangkan jumlah seharusnya merupakan jumlah detak yang dapat diidentifikasi oleh tenaga medis/pengguna berdasarkan pembacaan grafik dari sistem (berdasarkan jumlah gelombang R).

$$\text{error deteksi} = \frac{|\text{jumlah detak yang dideteksi} - \text{jumlah detak seharusnya}|}{\text{jumlah detak seharusnya}} \times 100\% \quad (1)$$

Pada Tabel 2, *record* a06 yang masuk dalam kategori sampel a dengan durasi gelombang 10 detik, terdeteksi memiliki 9 detak jantung, sedangkan pembacaan gelombang R oleh tenaga medis memberikan indikasi bahwa dalam 10 detik, *record* a06 memiliki 11 detak jantung. Hasil tersebut menunjukkan ketidaksesuaian antara jumlah detak jantung yang terdeteksi sistem dan jumlah detak jantung seharusnya berdasarkan pembacaan gelombang R oleh tenaga medis. Oleh karena itu, melalui persamaan (1), pada *record* a06 masih terdapat *error* sebesar 18,18%. Untuk hasil selanjutnya, kesesuaian antara jumlah detak yang dideteksi oleh sistem dan jumlah detak yang seharusnya, yang diwakilkan oleh sampel kategori a dapat diamati pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil uji pendeteksian jumlah detak jantung

Kategori	Record	Interval Waktu	Jumlah Detak yang Dideteksi	Jumlah Detak yang Seharusnya	Error
a	a01	0:00-0:10	11	11	0.00%
	a02	0:00-0:10	24	13	84.62%
	a03	0:00-0:10	153	Tidak dapat diidentifikasi	-
	a04	0:00-0:10	14	14	0.00%
	a05	0:00-0:10	10	10	0.00%
	a06	0:00-0:10	9	11	18.18%
	a07	0:00-0:10	12	12	0.00%
	a08	0:00-0:10	15	15	0.00%
	a09	0:00-0:10	12	12	0.00%
	a10	0:00-0:10	10	10	0.00%
	a11	0:00-0:10	12	12	0.00%
	a12	0:00-0:10	14	13	7.69%
	a13	0:00-0:10	13	13	0.00%
	a14	0:00-0:10	11	11	0.00%
	a15	0:00-0:10	10	10	0.00%
	a16	0:00-0:10	13	13	0.00%
	a17	0:00-0:10	13	13	0.00%
	a18	0:00-0:10	11	11	0.00%
	a19	0:00-0:10	12	12	0.00%
	a20	0:00-0:10	12	13	7.69%

Berdasarkan hasil uji yang telah didapat, maka rata-rata *error* dari sistem untuk mendeteksi gelombang R sebagai representasi jumlah detak jantung dari 55 sampel dapat ditentukan melalui persamaan (2) [5].

$$\% \text{ Error rata - rata} = \frac{\sum \% \text{ error data}}{\text{jumlah data}} \quad (2)$$

Penggunaan persamaan (2) untuk menghitung *error* pada sistem menunjukkan nilai sebesar 9,67%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi detak jantung dengan baik.



Tabel 3 menunjukkan hasil uji simulasi suara detak jantung. Ketika *record* a12 dikonversi menjadi suara, tenaga medis hanya dapat mengidentifikasi 12 suara lub-dub yang muncul, sedangkan pembacaan pembacaan gelombang R sebelumnya memberikan nilai 13 suara lub-dub yang seharusnya timbul. Di antara suara lub-dub yang muncul juga timbul suara-suara sampingan yang muncul pada saat-saat tertentu. Hal tersebut membuat tenaga medis memberikan diagnosis bahwa terdapat murmur, yang memberikan indikasi awal terdapat kelainan pada jantung, dalam sampel data yang dimainkan. Hasil uji lengkap untuk jumlah simulasi suara lub-dub detak jantung dan diagnosis irama detak jantung yang dihasilkan, yang diwakilkan pada sampel kategori a, dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji simulasi suara detak jantung

Kategori	Record	Interval Waktu	Jumlah Lub-Dub yang Diidentifikasi	Jumlah Detak yang Seharusnya	Diagnosis
a	a01	0:00-0:10	11	11	Normal
	a02	0:00-0:10	13	13	Normal
	a03	0:00-0:10	14	Tidak dapat diidentifikasi	Murmur
	a04	0:00-0:10	14	14	Normal
	a05	0:00-0:10	10	10	Normal
	a06	0:00-0:10	9	11	Murmur
	a07	0:00-0:10	12	12	Normal
	a08	0:00-0:10	15	15	Normal
	a09	0:00-0:10	12	12	Normal
	a10	0:00-0:10	10	10	Normal
	a11	0:00-0:10	12	12	Normal
	a12	0:00-0:10	12	13	Murmur
	a13	0:00-0:10	13	13	Normal
	a14	0:00-0:10	11	11	Normal
	a15	0:00-0:10	10	10	Normal
	a16	0:00-0:10	13	13	Normal
	a17	0:00-0:10	13	13	Normal
	a18	0:00-0:10	11	11	Normal
	a19	0:00-0:10	12	12	Normal
	a20	0:00-0:10	8	12	Murmur

Melalui hasil uji yang telah didapat, dari 55 sampel yang diujikan, terdapat 44 buah sampel dengan suara normal dan 11 buah sampel yang terdeteksi murmur di dalamnya. Murmur merupakan indikasi awal adanya kelainan pada detak jantung seseorang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan simulasi suara detak jantung dengan baik berdasarkan *file* rekaman sinyal EKG.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari visualisasi grafik 70 buah sampel dalam *Apnea-ECG Database*, tenaga medis dapat mengelompokkan sampel menjadi 34 buah gelombang kategori gelombang normal, 21 buah gelombang kategori gelombang dengan gangguan, dan 15 buah gelombang kategori gelombang derau.

2. Hasil pembacaan grafik 70 sampel data oleh tenaga medis, terdapat 16 buah grafik yang dianggap tidak sesuai dengan grafik yang dihasilkan oleh PhysioBank ATM, karena skala dalam aplikasi bersifat dinamis.
3. Dari pengujian 55 sampel gelombang normal dan gelombang dengan gangguan yang berasal dari *Apnea-ECG Database*, sistem rekayasa balik EKG memiliki *error* sebesar 9,67% saat pendeteksian jumlah detak jantung.
4. Hasil uji simulasi suara detak jantung dari 55 sampel *Apnea-ECG Database* kategori gelombang normal dan gelombang dengan gangguan yang melibatkan tenaga medis menunjukkan terdapat 44 buah sampel dengan suara normal dan 11 buah sampel mengandung murmur yang memberikan indikasi awal kelainan pada jantung.
5. Hasil pengujian menunjukkan sistem rekayasa balik EKG dapat melakukan visualisasi grafik sinyal EKG dan simulasi suara detak jantung dengan baik.

## 5. SARAN

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan. Berikut ini beberapa saran yang penulis sampaikan untuk penelitian yang serupa.

1. Jika ingin mendapatkan visualisasi grafik sesuai acuan pada kertas EKG, maka setiap visualisasi grafik harus memiliki skala yang sama dan tetap antara visualisasi grafik yang satu dengan yang lainnya.
2. Untuk mendapatkan hasil pendeteksian jumlah detak jantung yang lebih akurat, maka perlu dilakukan perhitungan yang tepat, baik dalam menentukan batas minimum nilai puncak tertinggi maupun dalam menentukan batas jarak antar puncak gelombang untuk menghindari duplikasi deteksi puncak gelombang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyono, Y., 2008, *Rekayasa Biomedik Terpadu untuk Mendeteksi Kelainan Jantung, Tugas Akhir*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation* **101**(23):e215-e220 [Circulation Electronic Pages; <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/101/23/e215>]; 2000 (June 13).
- [3] Kaur, G., 2006, *Design and Development of Dual Channel ECG Simulator and Peak Detector, Thesis*, Thapar Institute of Engineering & Technology, Deemed University, Patiala.
- [4] Lismawati. L.L., 2009, *Aplikasi Filter Amplitudo pada Stetoskop berbasis PC Suara Detak Jantung menggunakan Matlab 7.01, Tugas Akhir*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [5] Perwiranto, H., 2011, *Sistem Klasifikasi Mutu Buah Tomat menggunakan Pengolahan Citra Digital dan Jaringan Syaraf Tiruan, Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.