

PERANCANGAN DAN REALISASI PROTOTIP STETOSKOP ELEKTRONIK BERBASIS PC (*PERSONAL COMPUTER*)

Hendi Handian R.¹⁾, Soegijardjo Soegijoko²⁾, Erie Isdyanto³⁾

^{1,3)} Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional

Jl. PHH Mustapa No. 23, Bandung - Indonesia, e-mail : hendi_059@yahoo.com, hitamlucu@yahoo.com

²⁾ Kelompok Keahlian Teknik Biomedika, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10 Labtek VIII Lt. 3 Bandung – Indonesia, e-mail : soegi@ieee.org

Abstrak

Penelitian ini berisi tentang perancangan dan realisasi prototip stetoskop elektronik portable berbasis PC untuk menghasilkan 4 mode auskultasi dengan frekuensi suara auskultasi tertentu dan penguatan yang lebih baik dari stetoskop akustik. Prototip ini dilengkapi dengan perangkat lunak untuk mencatat identitas dan merekam suara auskultasi pasien yang berguna untuk kepentingan medis. Keempat mode auskultasi yang dapat dipilih, yaitu: mode normal (20 Hz – 2 kHz), mode respiratory (150 Hz – 2 kHz), mode cardiac (20 Hz – 660 Hz), dan mode wheeze (60 Hz – 2 kHz).

Prototip ini menggunakan mikropon elektret, pre-amplifier, wide band pass filter, selektor mode, rangkaian filter untuk 4 mode auskultasi (1 buffer dan 3 filter), penguat daya audio, dan speaker dinamik. Pemilihan mode auskultasi dilakukan oleh selektor mode untuk 4 kombinasi pemilihan. Prototip ini dapat dihubungkan ke PC untuk pencatatan identitas dan perekaman suara auskultasi pasien ke dalam basis data.

Dari hasil pengujian perangkat keras menunjukkan bahwa penguatan maksimum yang diperoleh adalah 88 kali (38,8 dB), dengan frekuensi mode-mode auskultasi mendekati nilai spesifikasi (dengan perbedaan antara 0,6%-4,7% dari spesifikasi), sehingga suara auskultasi dapat terdengar dengan jelas. Perangkat lunak juga telah diuji dan telah berhasil merekam data suara auskultasi dan identitas pasien dengan baik, serta menyimpan dan memutar-ulang file suara auskultasi tersebut.

Kata kunci : stetoskop elektronik, auskultasi, basis data

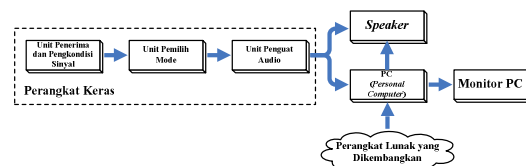
I. PENDAHULUAN

Stetoskop (*stethoscope*) adalah suatu alat kedokteran dengan berbagai bentuk, ukuran, dan bahan, untuk melakukan auskultasi (*auscultation*), yaitu tindakan mendengarkan bunyi-bunyi di dalam tubuh dan untuk mendeteksi kehamilan^[4]. Suara auskultasi tubuh pasien yang didengarkan oleh dokter biasanya berupa bunyi jantung atau suara pernapasan. Hal ini dilakukan oleh seorang dokter untuk melakukan diagnosis terhadap pasien tersebut guna mengetahui gejala penyakit ataupun

penyakit yang dialami pasien sehingga dapat segera diambil tindakan medis yang diperlukan.

Stetoskop elektronik merupakan pengembangan dari stetoskop akustik. Stetoskop elektronik yang dirancang dan direalisasikan pada penelitian ini masih bersifat prototip.

Prototip stetoskop elektronik ini menggunakan rangkaian-rangkaian elektronik, yaitu penguat dan filter. Penguat (*amplifier*) berfungsi untuk menghasilkan amplitudo suara atau bunyi yang lebih keras, dan rangkaian filter berfungsi untuk menghasilkan suara atau bunyi yang lebih jelas dengan mem-filter frekuensi-frekuensi tertentu, disertai adanya pengaturan level penguatan amplitudo suara. Keunggulan lain dari prototip stetoskop elektronik yang dirancang ini, antara lain : terdapat 4 mode auskultasi yang dapat dipilih agar dapat melakukan auskultasi dengan lebih terfokus, serta dapat dihubungkan ke PC (*Personal Computer*). Pada penelitian ini, dikembangkan pula suatu perangkat lunak yang disimpan pada PC untuk melakukan perekaman suara auskultasi dan pencatatan identitas pasien, serta penyimpanan data suara auskultasi dan identitas pasien tersebut ke dalam sebuah basis data. Diagram blok prototip stetoskop elektronik berbasis PC secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 1-1 berikut ini.



Gambar 1-1
Diagram Blok Sederhana Prototip Stetoskop Elektronik berbasis PC

II. AUSKULTASI JANTUNG DAN PARU-PARU

2.1 Auskultasi

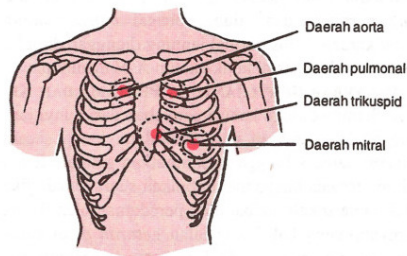
Auskultasi (*auscultation*) adalah tindakan mendengarkan suara atau bunyi tubuh pasien, biasanya berupa bunyi jantung atau suara pernapasan, sehingga dokter dapat melakukan diagnosis terhadap pasien tersebut untuk mengetahui gejala penyakit ataupun penyakit yang

dialami pasien tersebut. Auskultasi dapat dilakukan dengan menggunakan stetoskop.

Seorang dokter secara rutin melakukan auskultasi pada paru-paru pasien, jantung dan usus untuk evaluasi frekuensi, intensitas, durasi, jumlah dan kualitas suara. Auskultasi juga dapat dilakukan untuk mendengar suara jantung janin, tetapi tidak dapat dilakukan dengan stetoskop biasa, melainkan menggunakan stetoskop *monoural* atau teknik *Doppler*. Auskultasi dilakukan terarah pada keluhan yang disampaikan pasien saat *anamnesa*. *Anamnesa* adalah wawancara yang dilakukan dokter mengenai keluhan penyakit yang diderita pasien, riwayat penyakit pasien, dan riwayat penyakit keluarga^[3].

2.2 Auskultasi Jantung

Gambar 2-1 memperlihatkan tempat-tempat pada dinding dada yang merupakan tempat terbaik untuk mengenali bunyi katup yang berbeda-beda.

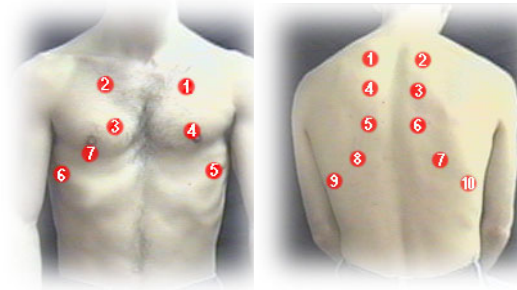


Gambar 2-1
Tempat-Tempat Auskultasi Jantung di Dada^[1]

Dari Gambar 2-1, diketahui bahwa tempat mendengarkan bunyi katup aorta terletak di atas aorta karena penghantaran suara naik ke aorta, area pulmonal terletak di atas arteri pulmonal, area trikuspid berada di atas ventrikel kanan, dan area mitral di atas apeks jantung, yang merupakan bagian ventrikel kiri yang terdekat dengan dinding dada karena jantung berputar sedemikian rupa sehingga sebagian besar ventrikel kiri terletak di belakang ventrikel kanan. Dengan kata lain, bunyi dari katup-katup A-V dihantarkan ke dinding dada melalui ventrikel yang bersangkutan, sedangkan bunyi dari katup-katup semilunaris dihantarkan terutama sepanjang pembuluh besar yang berasal dari jantung.

2.3 Auskultasi Paru-Paru

Untuk melakukan auskultasi paru-paru, terdapat 12 lokasi pada bagian dada dan 14 lokasi pada bagian punggung, tetapi biasanya cukup 6 lokasi saja yang didengarkan, baik pada bagian dada ataupun punggung. Auskultasi paru-paru dilakukan mulai dari atas ke bawah dan juga membandingkan antara sisi kiri dan kanan, seperti pada Gambar 2-2^[6].



Gambar 2-2
Tempat-Tempat Auskultasi Paru-Paru^[6]

III. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Diagram Blok dan Spesifikasi Sistem

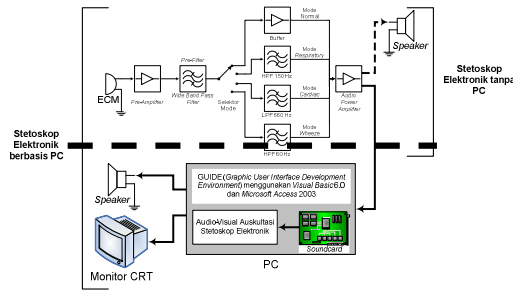
Prototip stetoskop elektronik ini dirancang untuk keperluan medis, sehingga untuk perancangan perangkat kerasnya harus merujuk kepada data-data medis yang telah diketahui. Data medis yang digunakan adalah pembagian frekuensi suara auskultasi umum yang diperoleh dari **US Patent Office No. 5.602.924**^[5] dan publikasi resmi dari **Indian Academy of Clinical Medicine**^[2]. Kedua sumber tersebut digunakan untuk menentukan frekuensi kerja pada keempat mode auskultasi dari prototip stetoskop elektronik. Ada pun pembagian frekuensi kerja untuk keempat mode auskultasi tersebut adalah sebagai berikut :

- mode normal, dengan frekuensi antara 20 Hz – 2 kHz, digunakan untuk menghasilkan frekuensi bunyi jantung dan suara pernapasan sekaligus;
- mode *respiratory*, dengan frekuensi antara 150 Hz – 2 kHz, digunakan untuk menghasilkan frekuensi suara pernapasan saja;
- mode *cardiac*, dengan frekuensi antara 20 Hz – 660 Hz, digunakan untuk menghasilkan frekuensi bunyi jantung saja;
- mode *wheeze*, dengan frekuensi antara 60 Hz – 2 kHz, digunakan untuk menghasilkan frekuensi bunyi *wheeze* saja. Bunyi ini hanya akan ditemukan pada penderita penyakit asma.

Perancangan sistem dibagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perangkat keras sistem meliputi mikropon, *pre-amplifier*, *wide band pass filter*, selektor mode, *logic switch*, *buffer*, *high pass filter*, *low pass filter*, penguat daya audio, *speaker*, catu daya, dan antar-muka prototip dengan PC. Perangkat lunak yang dikembangkan adalah basis data pasien dan GUI (*graphic user interface*) audio-visual auskultasi stetoskop elektronik.

Secara umum, prototip stetoskop elektronik berbasis PC ini terdiri dari : mikropon, *pre-amplifier*, *pre-filter*, selektor mode, 4 mode auskultasi, *speaker*, PC, monitor PC, dan kabel

audio stereo. Diagram blok lengkap sistem dapat dilihat pada Gambar 3-1.



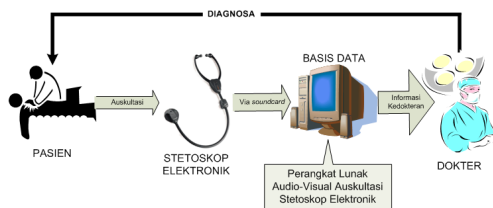
Gambar 3-1
Diagram Blok Lengkap Sistem

Sinyal suara akan ditangkap oleh mikropon, dimana sinyal suara akan diubah menjadi sinyal listrik, kemudian dikuatkan oleh *pre-amplifier* sebesar 4 kali dan dikondisikan oleh *wide band pass filter* dengan frekuensi kerja 20 Hz – 2 kHz. Sinyal listrik akan dipilih oleh selektor mode menuju ke salah satu mode auskultasi. Mode auskultasi terdiri dari rangkaian 1 buah *buffer* dan 3 buah filter yang akan menghasilkan frekuensi sinyal sesuai dengan mode auskultasi yang dipilih. Kemudian sinyal listrik dikirim ke unit penguat audio. Pada unit ini, sinyal akan diteruskan ke *audio power amplifier* untuk dikuatkan sebesar 20 kali (26 dB). Selanjutnya, sinyal dapat dikirim ke *speaker* atau dihubungkan ke PC. Jika dihubungkan ke PC, maka dapat dilakukan proses registrasi dan pencarian identitas pasien, dan juga audio-visual auskultasi stetoskop elektronik, sehingga data-data tersebut dapat disimpan ke dalam basis data.

Spesifikasi sistem menunjukkan parameter-parameter komponen dan juga rangkaian yang digunakan dalam perancangan prototip stetoskop elektronik. Spesifikasi ini dapat dilihat pada Tabel 3-1.

3.2 Sistem Audio-Visual Stetoskop Elektronik berbasis PC

Gambar 3-2 menunjukkan diagram blok sistem pemeriksaan menggunakan stetoskop elektronik berbasis PC secara umum. Sistem ini terdiri sebuah PC (*personal computer*) dan perangkat lunak audio-visual auskultasi stetoskop elektronik. Perangkat lunak tersebut diintegrasikan ke dalam PC untuk melakukan fungsi utama, yaitu : menampilkan suara auskultasi secara visual.



Gambar 3-2
Sistem Pemeriksaan Menggunakan Prototip Stetoskop Elektronik berbasis PC

Tabel 3-1
Spesifikasi Prototip Stetoskop Elektronik berbasis PC

Spesifikasi	Keterangan
Perangkat Keras	
Catu Daya	2 buah batere 9 V
Tipe Mikropon	<i>Electret condenser microphone</i>
Sinyal Input Maks.	25 mV _{RMS}
Penguatan Total	80 kali (38 dB)
Tipe <i>Speaker</i>	<i>Dynamic speaker</i>
Mode Auskultasi	- Mode normal (20 Hz – 2 kHz) - Mode <i>respiratory</i> (150 Hz – 2 kHz) - Mode <i>cardiac</i> (20 Hz – 660 Hz) - Mode <i>wheeze</i> (60 Hz – 2 kHz)
Dimensi (p x l x t)	(13,5 x 6 x 3,5) cm
Berat	500 gr
Unit PC	
CPU	- <i>Processor</i> 1,83 MHz - <i>Memory</i> RAM 512 MB - Kartu grafis VGA 64 MB - <i>Harddisk</i> 40 GB - <i>Sound card</i> 16-bit (<i>on board</i>), <i>line-in</i> atau <i>microphone</i>
Peraga	Monitor CRT
Tambahan	<i>Mouse</i> , <i>keyboard</i> , kabel audio stereo, <i>speaker desktop</i>
Perangkat Lunak	
Perangkat lunak yang diperlukan	- Sistem Operasi <i>Microsoft Windows XP</i> - <i>Microsoft Visual Basic 6.0</i> - <i>Microsoft Access 2003</i>
Perangkat lunak yang dikembangkan	Audio-Visual Auskultasi Stetoskop Elektronik

Pengoperasian sistem audio-visual auskultasi dapat dilakukan oleh operator ataupun dokter itu sendiri, yang mengerti cara melakukan auskultasi ataupun data suara pasien yang dibutuhkan. Manfaat yang dapat diperoleh dari sistem ini dapat bermacam-macam, antara lain :

- Pencatatan riwayat penyakit pasien secara elektronik, dimana dapat menghemat penggunaan alat-alat tulis dan juga tersusun secara rapi dalam basis data.
- Untuk *retrieve* data, dimana dapat dibandingkan antara hasil pemeriksaan sebelumnya dengan pemeriksaan setelah dilakukan terapi.
- Dalam bidang pendidikan, dapat sebagai media pembelajaran kepada mahasiswa-mahasiswa kedokteran untuk mengenal bunyi-bunyi ataupun suara-suara rekaman auskultasi secara audio dan visual.

Secara umum, perangkat lunak yang dirancang ini dapat melakukan fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Registrasi dan pencarian identitas pasien.
GUI (*Graphic User Interface*) untuk mengontrol proses registrasi dan pencarian identitas pasien dibangun dengan menggunakan *Microsoft Visual Basic 6.0*.

Proses registrasi pasien dan pencarian identitas pasien terdiri dari :

- Pendataan, yaitu pengisian identitas diri pasien, seperti : nomor pasien, nama pasien, jenis kelamin, dan lain-lain ke dalam PC melalui *keyboard*.
- Pencarian dan identifikasi identitas pasien, yaitu proses pencarian identitas pasien dalam basis data menggunakan nomor pasien ataupun nama pasien dan pengidentifikasian identitas pasien tersebut.

2. Penyimpanan *file* identitas pasien dan rekaman suara auskultasi.

Identitas pasien dan suara rekaman auskultasi akan disimpan ke dalam sebuah basis data. Identitas pasien akan disimpan ke dalam basis data tersebut dalam bentuk **Tabel Pasien**, dan suara rekaman akan disimpan dalam bentuk **Tabel Suara**. Basis data ini dibangun menggunakan perangkat lunak *Microsoft Access 2003*.

3. Perekaman, penampilan, dan pemutaran-ulang suara auskultasi.

GUI untuk proses perekaman, penampilan, dan pemutaran-ulang suara auskultasi dibuat menggunakan perangkat lunak *Microsoft Visual Basic 6.0*. Keseluruhan proses ini dapat dilakukan pada sebuah tampilan menu atau *form* dengan menggunakan fungsi-fungsi yang mirip dengan perangkat lunak *media player*, dimana terdapat tombol-tombol seperti : *play, stop, record*, dan lain-lain.

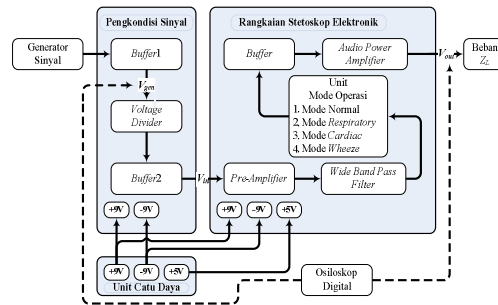
IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Proses pengujian dan analisis akan dilakukan dalam beberapa tahapan dan melibatkan beberapa kriteria tertentu. Tahap-tahap pengujian dan analisis yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dan analisis perangkat keras secara keseluruhan, dalam keadaan tanpa beban dan dalam keadaan beban penuh.
2. Pengujian dan analisis perangkat lunak, meliputi pengujian GUI (*Graphic User Interface*) untuk melakukan registrasi-pencarian identitas pasien dan GUI untuk audio-visual suara auskultasi.
3. Pengujian dan analisis terhadap integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu pengujian klinis terbatas. Pengujian akan dilakukan terhadap minimal 10 orang (dalam hal ini akan dianggap sebagai pasien), dengan kriteria jenis kelamin dan umur yang berbeda-beda. Pada pengujian ini, akan melibatkan beberapa orang dokter ataupun mahasiswa/i ko-as, yang akan melakukan auskultasi dan diagnosa pasien.

4.1 Pengujian dan Analisis Perangkat Keras Prototip Stetoskop Elektronik

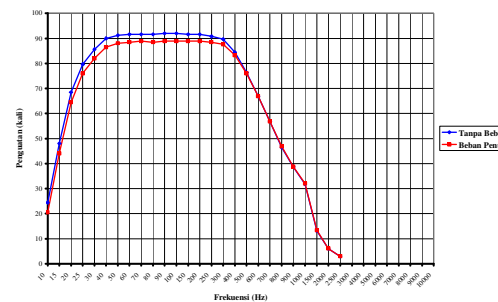
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penguatan maksimum, bentuk sinyal keluaran, dan frekuensi kerja dari masing-masing mode auskultasi, serta menghitung masa pakai batere sebagai catu daya prototip. Beban yang diberikan adalah *speaker*, yang dihubung seri dengan resistor. Diagram blok pengujian rangkaian stetoskop elektronik dapat dilihat pada Gambar 4-1.



Gambar 4-1

Diagram Blok Pengujian Rangkaian Stetoskop Elektronik

Pengujian dilakukan dengan memberi sinyal input, berupa tegangan sinusoida, pada input *pre-amplifier* dan mengukur sinyal keluarannya pada output *audio power amplifier*. Salah satu hasil pengujian rangkaian stetoskop elektronik mode auskultasi *cardiac* dapat dilihat pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2

Kurva Karakteristik Mode Auskultasi *Cardiac* (20 Hz – 660 Hz)

Rekapitulasi hasil pengujian frekuensi *cutoff* dan penguatan untuk keempat mode dapat dilihat pada Tabel 4-1 dan Tabel 4-2.

Tabel 4-1

Frekuensi *Cutoff* Mode-Mode Auskultasi

Mode Auskultasi	Frekuensi <i>Cutoff</i> Bawah	Frekuensi <i>Cutoff</i> Atas
Normal	19,69 Hz	1,988 kHz
<i>Respiratory</i>	143,7 Hz	2,016 kHz
<i>Cardiac</i>	19,42 Hz	641,0 Hz
<i>Wheeze</i>	57,14 Hz	2,016 kHz

Tabel 4-2
Penguatan Maksimum Mode-Mode Auskultasi

Mode Auskultasi	Penguatan Maksimum (kali)	Penguatan Maksimum (dB)
Normal	90,0 kali	39 dB
Respiratory	88,0 kali	38,89 dB
Cardiac	88,8 kali	38,96 dB
Wheeze	88,4 kali	38,92 dB

Dari gambar dan tabel pengujian, diketahui bahwa prototip stetoskop elektronik ini dapat memenuhi karakteristik dan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

4.2 Pengujian dan Analisis Perangkat Lunak Prototip Stetoskop Elektronik

Pengujian ini dilakukan terhadap Menu Registrasi Pasien Baru, Menu Pencarian Data Pasien Lama, dan Menu Data Rekaman Suara Auskultasi. Pengujian dilakukan terhadap 5 orang dewasa (umur 21 – 26), yang dalam hal ini akan dianggap sebagai pasien. Pengujian dimulai dengan mengisi identitas pasien, berupa nomor pasien, nama pasien, jenis kelamin pasien, umur, berat badan, dan tinggi badan. Pengisian *form* registrasi pasien baru dapat dilihat pada Gambar 4-3.

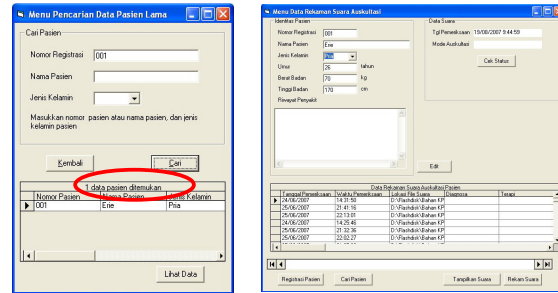


Gambar 4-3
Pengisian Menu Registrasi Pasien Baru

Setelah pengisian *form* dilakukan, maka identitas data tersebut akan disimpan ke dalam basis data pada Tabel Pasien. Untuk menguji keberhasilan proses registrasi yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan pencarian identitas pasien tersebut menggunakan Menu Pencarian Data Pasien Lama, dan identitas pasien tersebut dapat dilihat pada Menu Data Rekaman Suara Auskultasi. Untuk melakukan pencarian pasien, maka harus mengisi nomor pasien atau nama pasien, dan apabila terdapat nama pasien dengan nama yang sama dalam jumlah banyak, maka dapat dibantu dengan memilih jenis kelamin pasien tersebut.

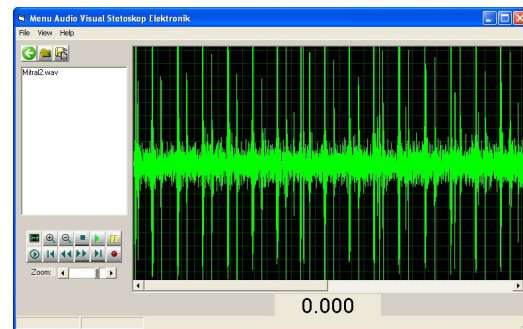
Setelah dilakukan pencarian, maka nama pasien akan dimunculkan pada tabel hasil

pencarian pasien lama yang ada pada *form* tersebut. Tampilan pencarian data pasien lama dapat dilihat pada Gambar 4-4(a). Setelah pasien ditemukan, maka pilihlah *record* pasien tersebut untuk melihat identitas pasien secara lengkap. Identitas dan data rekaman suara auskultasi pasien dapat dilihat pada Menu Data Rekaman Suara Auskultasi, seperti terlihat pada Gambar 4-4(b).



Gambar 4-4
(a) Hasil Pencarian Data Pasien Lama; (b) Tampilan Data Identitas dan Rekaman Suara Auskultasi Pasien

Proses perekaman dan pemutaran-ulang suara auskultasi dilakukan pada Menu Audio Visual Stetoskop Elektronik. Untuk mengujinya, dilakukan perekaman bunyi jantung salah seorang pasien. Setelah dilakukan perekaman, maka *file* tersebut diberi nama dan diputar-ulang. Hasil dari perekaman dan pemutaran-ulang suara rekaman dapat dilihat pada Gambar 4-5.



Gambar 4-5
Hasil Perekaman dan Pemutaran-ulang Suara Auskultasi

4.3 Pengujian dan Analisis Uji Klinis Terbatas

Pengujian ini dilakukan kepada 14 orang dewasa (berumur 20 – 30 tahun) dan 5 orang tua (berumur 50 – 60 tahun). Pengujian ini dibantu oleh tenaga medis (dokter / perawat) yang mengerti tentang auskultasi. Tahap-tahap pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemeriksaan fisik menggunakan stetoskop akustik dan membandingkannya dengan prototip stetoskop elektronik.
2. Melakukan kuisioner kepada pihak-pihak yang berkepentingan, antara lain : dokter, mahasiswa ko-as, dan mahasiswa kedokteran.

Pemeriksaan fisik yang dilakukan terhadap 19 orang dewasa, 14 orang berumur 20 – 30 tahun dan 5 orang berumur 50 – 60 tahun. Pemeriksaan fisik yang dilakukan, yaitu :

1. Auskultasi jantung, yang dilakukan pada 4 lokasi auskultasi (aorta, pulmonal, trikuspidal, dan mitral).
2. Auskultasi paru-paru, yang dilakukan pada 3 lokasi auskultasi (trakea, bronkus, dan vesikular).

Dari pemeriksaan fisik tersebut, diperoleh hasil diagnosa sementara 18 orang dinyatakan normal dan 1 orang dinyatakan *suspect mitral insufficiency*. Selanjutnya adalah melakukan kuisisioner kepada beberapa dokter, mahasiswa/i ko-as, dan mahasiswa/i kedokteran. Peserta kuisisioner akan dipresentasikan mengenai penggunaan prototip stetoskop elektronik berbasis PC ini, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Kuisisioner dilakukan kepada 1 orang dokter umum, 2 orang mahasiswa ko-as, dan 1 orang mahasiswa kedokteran. Dari kuisisioner yang dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Prototip stetoskop elektronik yang dirancang dapat menghasilkan suara yang lebih keras daripada stetoskop akustik.
2. Pengaturan penguatan (*gain control*) suara dapat membantu dalam proses diagnosa, karena dapat menyesuaikan tingkatan suara yang ingin didengar.
3. Prototip stetoskop elektronik ini tidak dapat menghasilkan suara yang lebih jernih daripada stetoskop akustik. Beberapa suara yang mengganggu auskultasi, antara lain : suara dari lingkungan sekitar, *noise* dari rangkaian, suara gesekan antara *chestpiece* dengan kulit pasien.
4. Fitur pemilihan mode auskultasi dapat membantu dalam proses auskultasi, karena mampu menghasilkan suara auskultasi yang lebih baik dan lebih spesifik.
5. Perangkat lunak untuk memberikan gambar visual suara auskultasi dapat membantu dalam proses diagnosa, karena dapat merekam dan melihat gambar suara, tetapi hal ini tidak dapat dijadikan acuan dalam pemeriksaan auskultasi. Perlu dilakukan pemeriksaan lebih lanjut mengenai gambar suara tersebut.

V. KESIMPULAN

1. Perancangan dan realisasi prototip telah selesai dan sesuai dengan spesifikasi perancangan. Prototip *portable* ini sudah dilengkapi dengan kotak/wadah, baterai, *chestpiece*, dan *earpieces*, sehingga telah siap untuk digunakan. Perangkat lunak audio-visual auskultasi stetoskop elektronik juga

telah dapat melakukan fungsi-fungsi utama yang diinginkan.

2. Dari hasil pengujian yang dilakukan, prototip ini memiliki frekuensi kerja mendekati frekuensi kerja spesifikasi (dengan perbedaan antara 0,6% - 4,7% dari spesifikasi) dan prototip ini mampu menghasilkan penguatan amplitudo sinyal melebihi spesifikasi penguatan, hingga 88 kali (38,8 dB), serta prototip ini dilengkapi dengan pengatur penguatan sinyal sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan.
3. Keunggulan dari prototip stetoskop elektronik ini, antara lain :
 - Dapat menghasilkan suara yang lebih keras, dengan amplitudo sinyal yang dapat diatur.
 - Dapat melakukan pemilihan frekuensi dengan lebih spesifik, yaitu dengan menggunakan mode-mode auskultasi.
 - Jika dihubungkan ke PC, maka perangkat lunak yang dikembangkan dapat melakukan fungsi-fungsi berikut :
 - mencatat identitas dan merekam suara auskultasi pasien;
 - menyimpan identitas pasien dan rekaman suara auskultasi tersebut ke dalam basis data;
 - memutar-ulang *file* rekaman suara auskultasi yang telah disimpan.

REFERENSI

- [1] **Arthur C. Guyton, John E. Hall** ; editor bahasa Indonesia Irawati Setiawan, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran E/9*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 1997.
- [2] **DG Jain**, *An Official Publication of Indian Academy of Clinical Medicine : Understanding Lung Sounds*, Juli - September 2000, <http://www.indegene.com/JIACM/indJIACMHome.html> (14 Maret 2007).
- [3]. **Desy Nurhayati**, *Perancangan dan Realisasi Stetoskop Elektronik berbasis Mikrokontroler untuk Analisa Suara Jantung dan Paru sebagai Penunjang Sistem Telemedika*, Tesis S2, Institut Teknologi Bandung, 2007.
- [4] **Dorland, W. A. Newman**, *Kamus Kedokteran DORLAND Edisi 29*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, 2002.
- [5] **Jocelyn Durand, Louis-Gilles Durand, Marie-Claude Grenien**, *Electronic Stethoscope*, United States Patent No. 5.602.924, 11 Februari 1997, <http://uspto.gov>. (9 Maret 2006).
- [6] _____, *MVS Pulmonary Auscultation*, <http://sprojects.mmi.mcgill.ca/mvs/RESP01.HTM> (26 Februari 2007).