

Stetoskop Elektronik Sederhana Berbasis PC dengan Fasilitas Pengolahan Sinyal Digital untuk Auskultasi Jantung dan Paru

Achmad Rizal¹⁾

Soegijardjo Soegijoko²⁾

1) Program Pasca Sarjana Teknik Biomedika ITB, Bandung 40132,

Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung 40287 email: arz@stt Telkom.ac.id

2) Program Pasca Sarjana Teknik Biomedika ITB, Bandung 40132, email: soegi@ieee.org

Abstrak –Stetoskop merupakan peralatan medis yang cukup sederhana untuk menentukan kondisi pasien. Obyek pengamatan menggunakan stetoskop biasanya suara jantung atau suara paru. Teknik ini biasa disebut dengan auskultasi. Masalah yang timbul pada auskultasi paru atau jantung menggunakan stetoskop adalah noise lingkungan, kepekaan telinga, frekuensi dan amplitudo yang rendah, dan pola suara yang relatif sama. Pada makalah ini dibahas realisasi perangkat stetoskop elektronik berbasis PC dengan fasilitas pengolahan sinyal digital dan untuk auskultasi paru dan jantung. Stetoskop elektronik terdiri dari membran dan selang dari stetoskop konvensional ditambah dengan mic kondensor yang kemudian terhubung dengan PC melalui soundcard. Suara jantung atau suara paru yang terekam melalui soundcard ini kemudian dapat diolah secara digital menggunakan perangkat lunak berbasis Matlab yang telah dirancang. Pengolahan sinyal yang dapat dilakukan antara lain: LPF, BPF, HPF, BSF dengan bentuk FIR atau IIR, serta pengamatan spektral sinyal. Untuk FIR digunakan metode windowing, sedangkan untuk IIR digunakan jenis filter butterworth, chebychev dan elliptic. Pada tahap awal penelitian ini, pengolahan sinyal yang dilakukan hanya sampai untuk memperkuat sinyal atau menghilangkan komponen suara yang mengganggu (noise) sehingga komponen suara paru atau suara jantung yang berisi sinyal informasi dapat lebih diperjelas. Perangkat ini akan berguna sebagai alat bantu ajar untuk pendidikan teknik biomedika atau pendidikan kedokteran serta alat bantu akusisi data untuk penelitian mengenai suara fisiologis manusia. Pada tahap selanjutnya akan dikembangkan untuk dapat mendeteksi kelainan jantung atau paru dari data suara jantung atau paru yang didapat.

Kata Kunci: stetoskop elektronik, PC, auskultasi, pengolahan sinyal digital.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan stetoskop sebagai alat bantu diagnosis cenderung sangat subyektif. Hasil diagnosis dokter sangat tergantung dari kepekaan telinga dan pengalaman yang bersangkutan. Salah satu kelemahan lain yang terjadi, data suara yang menjadi pedoman itu tidak pernah tersimpan sehingga tidak bisa didengarkan bersama-sama dengan dokter lain sebagai bahan diskusi.

Stetoskop elektronik dapat menjadi solusi dari masalah di atas. Suara jantung atau paru yang diperiksa dapat direkam, didengarkan kembali, atau bila perlu diolah untuk didengarkan bagian frekuensi tertentu dari data tersebut. Selain itu pengolahan sinyal yang dilakukan dapat digunakan untuk menghilangkan noise-noise yang terjadi sehingga data suara yang didapat akan menjadi lebih jelas.

2. DASAR TEORI

Berikut akan dijelaskan teori tentang suara jantung dan suara paru-paru.

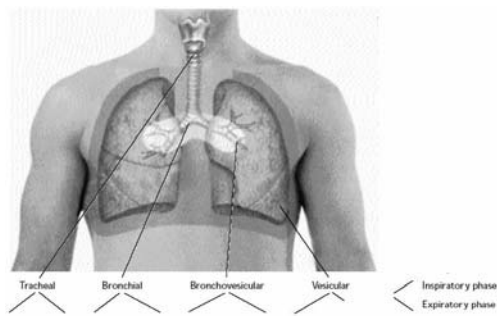
2.1 Teori suara paru-paru

Sistem respirasi dapat dipisahkan menjadi 2 saluran (saluran atas dan bawah)[1]. Saluran pernafasan atas terdiri dari hidung, paranasal sinus, pharinx, dan larinx. Fungsi dari saluran ini adalah untuk menyaring, menghangatkan, dan melembabkan udara sebelum mencapai unit pertukaran gas. Saluran bawah pernafasan dimulai dari trachea, bronchus utama kanan yang terbagi menjadi 3 lobar atau bagian paru (atas, tengah dan bawah), bronchus kiri yang terbagi menjadi 2 lobar, bronchioli, dan berakhir di alveoli, dimana terjadi pertukaran gas.

Suara paru-paru terjadi karena adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan[2]. Turbulensi ini terjadi karena udara mengalir dari saluran udara yang lebih lebar ke saluran udara yang lebih sempit atau sebaliknya. Pada saat inspirasi, udara mengalir dari saluran udara yang lebih luas ke saluran udara yang lebih sempit sehingga turbulensi yang terjadi lebih kuat sedangkan pada saat ekspirasi terjadi sebaliknya. Ini menyebabkan pada saat inspirasi suara yang terdengar lebih keras. Secara umum suara paru-paru dibagi menjadi 3, suara normal, suara abnormal dan suara tambahan. Suara-suara tersebut dibagi dalam beberapa kategori berdasar *pitch*, intensitas, lokasi dan rasio inspirasi dan ekspirasi [2].

Suara paru-paru normal terbagi atas 4 kelompok, tracheal, bronchial, bronchovesikular dan vesikular. Suara pernafasan *tracheal* sangat nyaring dan *pitch*-nya relatif tinggi. Inspirasi dan ekspirasi relatif sama panjang. Suara ini dapat didengar di atas trakea yang agak jarang dilakukan pada pemeriksaan rutin. Suara pernafasan vesikular merupakan suara pernafasan normal yang paling umum dan terdengar hampir di semua permukaan paru-paru. Suaranya lembut dan *pitch* rendah. Suara inspirasi lebih panjang dibanding

suara ekspirasi. Suara vesikular bisa terdengar lebih kasar dan sebagian terdengar lebih panjang apabila ada ventilasi yang cepat dan dalam (misalnya setelah berolah raga) atau pada anak-anak yang memiliki dinding dada yang lebih tipis. Suara vesikular juga bisa lebih lembut jika pasien lemah, tua, gemuk atau sangat berotot. Suara bronchial sangat nyaring, *pitch* tinggi, dan suara terdengar dekat dengan stetoskop. Terdapat gap antara fasa inspirasi dan ekspirasi pada pernafasan, dan suara ekspirasi terdengar lebih lama dibanding suara inspirasi. Jika suara ini terdengar dimana-mana kecuali di manubrium, hal tersebut biasanya mengindikasikan terdapat daerah konsolidasi yang biasanya berisi udara tetapi berisi air. Terdapat suara pernafasan yang tingkat intensitas dan *pitch*-nya sedang. Inspirasi dan ekspirasinya sama panjang. Suara ini terdengar sangat baik di ICS ke-1 dan ke-2 dan di antara skapula. Dengan suara bronchi, jika terdengar di mana-mana selain di batang utama bronchus, biasanya mengindikasikan daerah konsolidasi [2].



Gambar 1. Lokasi suara paru-paru normal [1]

Selain itu masih terdapat suara paru-paru tambahan yang muncul karena adanya kelainan pada paru-paru yang disebabkan oleh penyakit. Misalnya pleural rub, crackle, wheezing, grunting, dan ronchi. Suara tersebut masih harus dianalisis dengan hasil pemeriksaan lain misalnya palpasi, untuk memutuskan diagnosis penyakit paru-paru.

2.2 Teori suara jantung

Suara jantung yang didengar oleh dokter dengan menggunakan stetoskop sebenarnya terjadi pada saat penutupan katup jantung. Kejadian ini dapat menimbulkan anggapan yang keliru bahwa suara jantung tersebut disebabkan oleh penutupan daun katup tersebut, tetapi sebenarnya disebabkan oleh efek arus pusar (eddy) di dalam darah akibat penutupan katup tersebut.

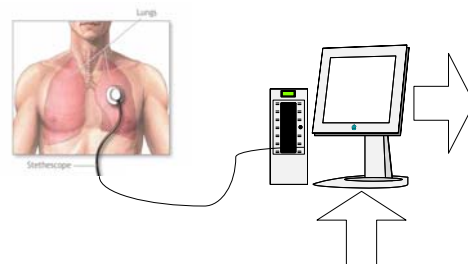
Detak jantung menghasilkan dua suara yang berbeda yang dapat didengarkan pada stetoskop, yang sering dinyatakan dengan *lub-dub*. Suara *lub* disebabkan oleh penutupan katup *tricuspid* dan *mitral* (*atrioventrikular*) yang memungkinkan aliran darah dari *atria* (serambi jantung) ke *ventricle* (bilik jantung) dan mencegah aliran balik. Umumnya hal ini

disebut suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan timbulnya kompleks QRS dari elektrokardiogram dan terjadi sebelum *systole* (periode jantung berkontraksi). Suara *dub* disebut suara jantung kedua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup *semilunar* (*aortic* dan *pulmonary*) yang membebaskan darah ke sistem sirkulasi paru-paru dan sistemik. Katup ini tertutup pada akhir *systole* dan sebelum katup atrioventrikular membuka kembali. Suara S2 ini terjadi hampir bersamaan dengan akhir gelombang T dari elektrokardiogram. Suara jantung ketiga (S3) sesuai dengan berhentinya pengisian atrioventrikular, sedangkan suara jantung keempat (S4) memiliki korelasi dengan kontraksi atrial. Suara S4 ini memiliki amplitude yang sangat rendah dan komponen frekuensi rendah. [3]

Jantung abnormal memperdengarkan suara tambahan yang disebut murmur. Murmur disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau stenotic (yang memaksa darah melewati bukaan sempit), atau oleh *regurgitasi* yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah. Dalam masing-masing kasus suara yang timbul adalah akibat aliran darah dengan kecepatan tinggi yang melewati bukaan sempit. Penyebab lain terjadinya *murmur* adalah adanya kebocoran *septum* yang memisahkan jantung bagian kiri dan bagian kanan sehingga darah mengalir dari ventrikel kiri ke ventrikel kanan sehingga menyimpangkan sirkulasi sistemik.

3. BAHAN DAN METODE

Secara sederhana sistem yang dibuat dapat dilihat pada gambar 2. Perangkat terdiri dari bagian perangkat keras berupa stetoskop elektronik dan perangkat lunak yang ter-*install* di PC. Berikut akan dijelaskan perancangan masing-masing bagian.



Gambar 2. Gambar sistem

3.1. Perangkat keras

Stetoskop elektronik yang dibuat terdiri dari bagian membran atau biasa disebut *chest piece*, selang/tubing, mic kondensor, dan jack penghubung ke *soundcard*. Stetoskop biasa dipotong pada *ear piece*-nya kemudian dipasang mic kondensor sebagai transducer untuk mengubah suara menjadi getaran listrik. Selanjutnya dipasang jack yang sesuai dengan *soundcard*. Bagian perangkat keras ini tidak

menggunakan penguat audio karena penguatan akan dilakukan di dalam perangkat lunak.



Gambar 3. Gambar perangkat

3.2. Perangkat lunak

Perangkat lunak dirancang menggunakan Matlab 7.01. secara umum perangkat lunak ini terdiri dari 2 bagian: bagian perekaman, dan bagian pengolahan sinyal. Bagian perekaman dapat melakukan proses memulai dan mengakhiri perekaman, menampilkan plot sinyal, menampilkan spektral sinyal, menampilkan spektrogram dan dapat memutar kembali data yang direkam. Agar suara hasil perekaman dapat didengar maka dilakukan penguatan sebesar 30 kali. Spektral suara rekaman dihitung menggunakan FFT dengan persamaan berikut[4]:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j(2\pi/N)kn} \quad k=0,1,\dots,N-1 \quad (1)$$

Dengan $x(n)$ adalah deretan sinyal input, dan N adalah panjang sinyal input. Sedangkan spektrogram dihitung dengan persamaan berikut[5]:

$$STFT(t_n, f_k) = \sum_{l=t_n D - \frac{T}{2}}^{t_n D + \frac{T}{2} - 1} w(t_n D - l)x(l)e^{-j2\pi f_k l / T} \quad (2)$$

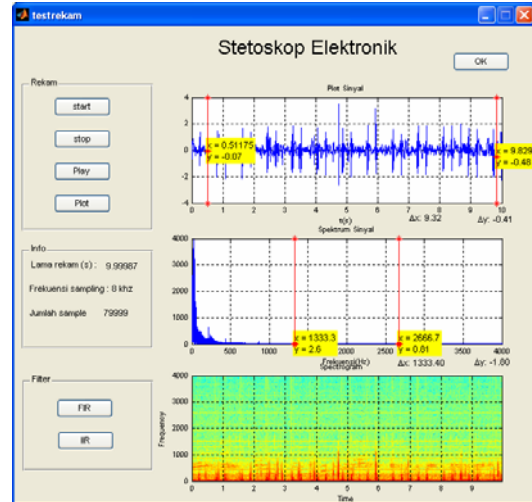
dengan $x(l)$ merupakan sampel sinyal, $w(t_n D - l)$ merupakan time domain window dimana lokasinya merupakan perkalian dari sejumlah D sampel.

Bagian pengolahan sinyal terdiri dari 2 macam : pengolahan sinyal menggunakan filter FIR (*finite impulse response*) dan menggunakan filter IIR (*infinite impulse response*). Pada bagian FIR, filter yang dibuat menggunakan metode windowing dengan input berupa spesifikasi jenis window yang digunakan, tipe filter, *ripple* pada *passband*, *ripple stopband*, frekuensi *passband* dan frekuensi *stopband*[6].

Pada bagian IIR digunakan filter butterworth, chebyshev dan elliptic, dengan input berupa tipe filter, *ripple* pada *passband*, *ripple stopband*, frekuensi *passband* dan frekuensi *stopband*[6]. Hasil yang ditampilkan berupa respon plot respon magnitudo filter, respon fasa filter, sinyal dan spektralnya setelah difilter. Selain itu dapat didengarkan suara sebelum difilter dan setelah difilter sehingga dapat dibandingkan antara keduanya.

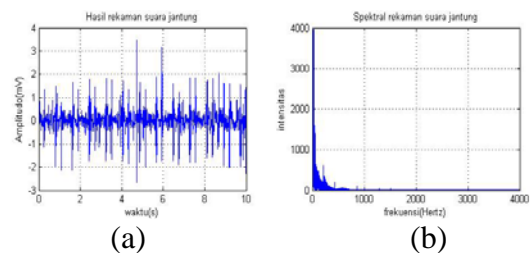
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Antarmuka dari perangkat lunak yang dibuat dapat dilihat pada gambar 4. Selain ditampilkan plot sinyal, ditampilkan juga spektral sinyal dan spektrogram sinyal.

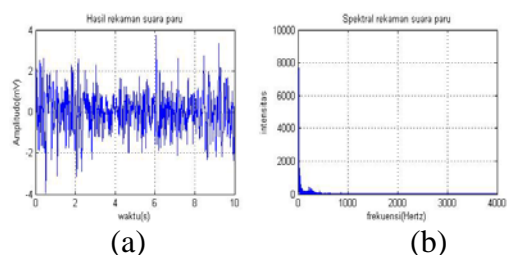


Gambar 4. Tampilan program

Hasil perekaman jantung dapat dilihat pada gambar 5. sedangkan hasil perekaman suara paru-paru dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 5. (a)plot sinyal suara jantung
(b)spektral suara jantung

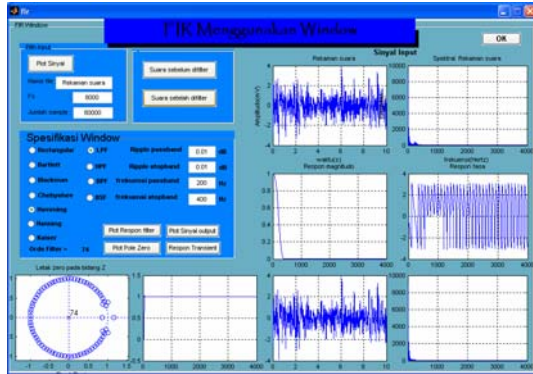


Gambar 6. (a)plot sinyal suara paru
(b)spektral suara paru

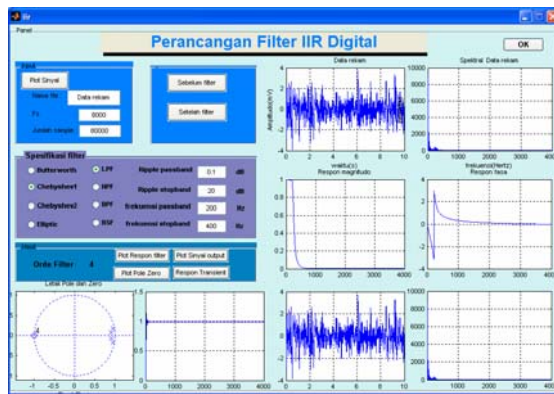
Hasil rekaman suara jantung dan paru yang didapat masih tercampur dengan noise yang timbul karena gesekan membran dengan kulit, noise lingkungan, atau noise dari PC sendiri. Untuk itu diperlukan proses filtering untuk menghilangkan noise. Pada perangkat lunak perekaman disediakan pilihan untuk memilih jenis filter yang digunakan, FIR atau IIR, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan proses selanjutnya.

Gambar 7 dan gambar 8 menunjukkan tampilan program pengolahan sinyal digital. Kedua program ini

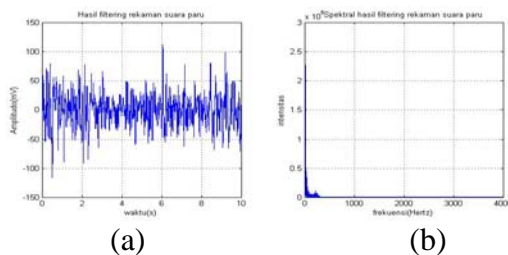
mempunyai membutuhkan input yang sama dari pengguna berupa spesifikasi filter seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Sedangkan keluaran dari program tersebut adalah respon filter, respon transient, sinyal output dan plot pole-zero.



Gambar 7. Tampilan program filter FIR



Gambar 8. Tampilan program filter IIR



Gambar 9. (a)plot sinyal suara paru setelah difilter
(b)spektral suara paru setelah difilter

Gambar 9 menunjukkan suara paru yang telah difilter menggunakan filter LPF chebshev1 orde 6 dengan ripple passband 0.1 db, ripple stopband 20 db, frekuensi passband 200Hz dan frekuensi stopband 400Hz. Secara visual tidak nampak perubahan yang berarti pada plot sinyal dan spektralnya, tetapi secara subyektif noise-noise yang semula terdengar mengganggu tidak terasa lagi.

Dalam proses harus filtering diperhatikan kandungan informasi dalam suara jantung atau suara paru. Diharapkan filtering yang dilakukan tidak sampai menghilangkan komponen suara paru-paru yang sebenarnya berguna. Suara paru-paru atau jantung biasanya menempati frekuensi dibawah 1000

Hz atau kadang lebih rendah lagi. Pada kasus tertentu misalnya murmur pada suara jantung atau grunting pada suara paru[2][3]. Hal-hal tersebut harus diperhatikan dalam proses filtering.

Sistem yang dibuat telah berfungsi dengan baik. Masalah yang sering timbul adalah terlalu sensitifnya mic kondensor yang dipakai sehingga setiap gesekan dan pergerakan yang terjadi selama proses peletakkan membran stetoskop akan dapat terekam. Selain itu apabila volume dari micropone pada PC di-set terlalu besar maka akan menimbulkan dengung yang akan menjadi noise yang cukup mengganggu. Masalah tersebut di atas bisa diatasi dengan filtering dengan perangkat lunak yang dibuat, tetapi penentuan frekuensi yang dihilangkan harus tepat .

5. KESIMPULAN

Telah dibangun suatu sistem stetoskop elektronik berbasis PC dengan perangkat lunak pendukung untuk pengolahan sinyal digital. Secara praktis perangkat ini dapat digunakan untuk kepentingan penelitian tentang suara jantung, suara paru atau suara fisiologis yang lain. Pada tahap ini sistem yang dibuat baru dapat merekam dan melakukan proses filtering pada data yang diakuisisi, pada tahap selanjutnya diharapkan dapat digabungkan dengan sistem pengenalan untuk diagnosis penyakit paru atau jantung berdasar auskultasi.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Kaelin, Mark, "Auscultation: Listening to Determine Dysfunction ". *Professionalization of Exercise Physiology online, An international electronic journal for exercise physiologists*. ISSN 1099-5862, Vol 4 No 8 August, 2001
- [2] <http://sprojects.mmi.mcgill.ca/mvs/mvsteth.htm>
- [3] Widodo, Th. Sri. "Analisis Spektral Isyarat Suara Jantung". *Seminar On Electrical Engineering (SEE2004)*. hal 109-114 , Agustus 2004, Universitas Achmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia
- [4] Ludeman, L C, " *Fundamental of Digital Signal Processing*", John Wiley and Sons, 1987
- [5] Pourazd, M T, Z.K Mousavi, Thomas, "Heart Sound Cancellation from Lung Sound Recording Using Adaptive Threshold and 2D Interpolation in Time-Frequency Domain", *Proc. IEEE Eng. Med. Biol Soci. (EMBS)*, pp 2586-89, Sept. 2003
- [6] Salivahanan,S., Vallavaraj, A., Gnanapriya, C., " *Digital Signal Processing, McGraw-Hill*", Singapore, 2001