

## Deteksi Kelainan Parenkim Paru Berdasarkan Power Spectra Density Suara Paru Dengan Metode Welch

Kemalasari, Ardik Wijayanto, Pramitra Joko R  
Research Group on Biomedical Engineering  
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111  
kemala@eepis-its.edu, ardik@eepis-its.edu

### Abstrak

*Teknik auskultasi adalah salah satu cara yang digunakan dokter untuk mendiagnosa paru-paru dengan cara mendengar suara paru dengan menggunakan stetoskop. Pada beberapa kasus penyakit paru, suara paru yang dihasilkan menunjukkan adanya pola tertentu yang dapat dikenal. Berdasarkan pitch, intensitas, lokasi, rasio inspirasi, dan ekspirasi, suara paru dibagi menjadi 3 katagori yaitu suara normal, suara abnormal, dan suara tambahan. Pada makalah ini akan dideteksi kelainan parenkim paru berdasarkan power spectrum density suara paru dengan metode Welch. Suara paru yang didengar dengan menggunakan stetoskop dan microphone piezo electric akan dikuatkan dan dilewatkan rangkaian low pass filter dengan frekuensi cutoff 5 KHz. Kemudian dengan menggunakan metode Welch, sinyal suara paru dibagi menjadi 3 segmen. Setiap segmen diwindowing, ditransformasi ke domain frekuensi dengan metode FFT (Fast Fourier Transform) dan dihitung power spektrumnya untuk diidentifikasi sehingga hasilnya dapat digunakan untuk mendeteksi kelainan parenkim paru. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa suara paru normal memiliki frekuensi 750 Hz dengan power spectrum sinyal sebesar 30 dB/Hz sampai 42 dB/Hz. Sedangkan suara paru yang memiliki kelainan parenkim paru memiliki frekuensi antara 300 sampai 340 Hz dengan power spectrum sinyal antara 20 dB/Hz sampai 26 dB/Hz.*

*Kata Kunci: Suara Paru, Kelainan Parenkim Paru, Power Spectrum Density, Metode Welch*

### 1. Pendahuluan.

Salah satu cara yang digunakan dokter untuk mendiagnosa paru-paru adalah dengan teknik auskultasi yaitu mendengar suara paru dengan menggunakan stetoskop. Suara paru terjadi karena adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan. Masalah yang timbul adalah suara paru mempunyai frekuensi sekitar 200 – 750 Hz, amplitude yang rendah,

masalah kebisingan, kepekaan telinga, dan suara paru yang mirip dengan suara jantung. Hal ini menyebabkan timbul salah pendengaran antara suara jantung dan suara paru. Selain itu, suara paru normal dengan suara paru abnormal hampir sama [1].

Karena suara paru membentuk suatu sinyal dengan pola tertentu, maka untuk mengenal paru-paru normal atau abnormal, perlu dipelajari dan dikenali ciri-ciri dari sinyal suara paru tersebut. Salah satu komponen yang dapat diambil dari sinyal suara paru adalah spectrum dan frekuensi, dengan cara mentrasformasi sinyal suara paru dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi sehingga akan diperoleh sekumpulan informasi tentang frekuensi yang terkandung dalam sinyal tersebut [3].

Perangkat keras yang digunakan pada teknik auskultasi meliputi stetoskop, selang/tubing, mic kondensor, dan jack penghubung ke soundcard. Stetoskop biasa dipotong pada ear piece, kemudian dipasang mic kondensor sebagai transduser untuk mengubah suara menjadi sinyal listrik, dan dipasang jack yang sesuai dengan soundcard supaya suara dapat didengar dan ditampilkan ke PC [2].

Untuk ekstraksi ciri suara paru, digunakan power spectrum density dengan metode Welch. Karena power spectrum dan frekuensi merupakan salah satu komponen yang dapat diidentifikasi dengan metode Transformasi Fourier. Pada metode ini, setiap segmen data dimodifikasi dengan mengalikan pada suatu fungsi jendela (windowing) dan kemudian dilakukan perhitungan periodogram untuk mengestimasi spectrum daya [4,5].

Tujuan penelitian pada makalah ini adalah untuk deteksi kelainan parenkim paru dengan cara identifikasi suara paru normal dan suara paru abnormal dengan menggunakan stetoskop yang telah dimodifikasi dan difilter secara analog. Hasilnya akan diolah di PC sehingga kelainan parenkim paru dapat dideteksi.

Identifikasi sinyal suara paru dengan metode Welch, setiap segmen akan di windowing, di transformasi ke domain frekuensi dengan metode FFT (Fast Fourier Transform), dan dihitung PSD (Power Spectrum Density), sehingga sinyal suara paru dapat digolongkan ke dalam kelompok sinyal

suara paru normal, dan sinyal suara paru abnormal (kelainan parenkim paru).

## 2. Suara Paru dan Kelainan Parenkim Paru

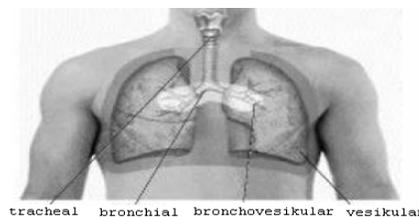
Paru-paru adalah salah satu organ pada sistem pernapasan yang berfungsi sebagai tempat bertukarnya oksigen dari udara dengan karbondioksida yang ada didalam darah. Pada saat bernafas, udara yang mengandung  $O_2$  akan masuk ke pembuluh darah paru-paru, sedangkan  $CO_2$  yang ada dipembuluh darah paru-paru akan keluar dari dalam tubuh. Masuk keluarnya udara dalam paru-paru dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara dalam rongga dada dengan tekanan udara di luar tubuh. Jika tekanan di luar rongga dada lebih besar maka udara akan masuk. Sebaliknya, apabila tekanan dalam rongga dada lebih besar maka udara akan keluar.

Pada saat inspirasi (udara masuk ke paru-paru), otot antar tulang rusuk berkontraksi dan terangkat sehingga volume rongga dada bertambah besar, sedangkan tekanan rongga dada menjadi lebih kecil dari tekanan udara paru-paru. Akibatnya udara mengalir dari luar ke dalam paru-paru sehingga paru-paru akan mengembang, volumenya menjadi lebih besar sedangkan tekanannya menjadi lebih kecil dari tekanan udara bebas.

Sebaliknya pada saat ekspirasi (udara keluar dari paru-paru), otot antar tulang rusuk akan kembali keposisi semula (relaksasi), sehingga tulang rusuk akan tertarik ke posisi semula dan volume rongga dada akan mengecil sedangkan tekanannya membesar. Tekanan ini akan mendesak dinding paru-paru, sehingga rongga paru-paru ikut mengecil dan tekanan udara dalam rongga paru-paru meningkat. Keadaan inilah yang menyebabkan udara dalam rongga paru-paru terdorong ke luar [6].

Suara paru terjadi karena adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan [3]. 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.

Berdasarkan pitch, intensitas, lokasi, rasio inspirasi dan ekspirasi, suara paru dibagi menjadi 3 kategori yaitu suara normal, suara abnormal dan suara tambahan. Suara paru normal terbagi atas 4 kelompok, tracheal, bronchial, bronchovesikular dan vesikular. Letak suara paru normal dapat dilihat pada gambar 1 [3].



**Gambar 1.** Letak Suara Paru Normal [3].

Suara paru tracheal dapat didengar diatas trakea. Suaranya sangat nyaring dan pitchnya relative tinggi. Panjang fase inspirasi dan ekspirasi relatif sama, tetapi suara ini agak jarang didengar pada pemeriksaan rutin. Suara paru bronchial adalah suara pada saat udara melewati bronkus, dan dapat didengar diatas manubrium. Suaranya sangat nyaring, pitch tinggi, dan terdengar dekat dengan stetoskop. Pada suara ini, terdapat gap antara fase inspirasi dan ekspirasi, dimana suara ekspirasi terdengar lebih lama dibanding suara inspirasi. Jika suara ini terdengar di semua bagian paru kecuali di manubrium, hal ini biasanya mengindikasikan adanya daerah konsolidasi dimana alveolus yang biasanya berisi udara, sekarang berisi air.

Suara paru bronchovesikular adalah suara yang dihasilkan pada saat udara melewati bronkiolus. Suara ini terdengar jelas pada anterior (daerah percabangan bronkus, atau bronkiolus). Suara ini lebih rendah daripada suara bronchial dan lebih keras dari suara vasikuler, dimana tingkat instensitas dan pitch-nya sedang dengan fase Inspirasi dan ekspirasi yang sama panjang. Jika suara ini terdengar di semua bagian paru selain di bronkus utama, biasanya mengindikasikan daerah konsolidasi.

Suara pernafasan vesikular merupakan suara pernafasan normal yang paling umum dan terdengar hampir di semua permukaan paru-paru. Suaranya lembut dengan pitch rendah. Suara inspirasi lebih panjang dibanding suara ekspirasi. Suara vesikular bisa terdengar lebih keras 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, dan gemuk.

Suara paru abnormal terjadi akibat adanya kelainan parenkim paru. Parenkim Paru tersusun dari satuan fungsional paru yang disebut asinus. Asinus adalah bagian paru yang terletak distal dari bronkus terminalis, bronkiolus dan aveolus lengkap dengan struktur peyangganya.

Kelainan parenkim paru diantaranya :

1. Konsolidasi, yaitu Alveoli terisi cairan atau sel.
2. Emfisema, yaitu Parenkim paru yang mengandung udara yang lebih banyak dari udara yang seharusnya.

3. Kavitas, yaitu kerusakan jaringan paru sehingga terbentuk suatu rongga udara.
4. Atektasis kompresi, yaitu Jaringan paru tertekan dari luar oleh massa (tumor), cairan, atau udara.

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

Suara paru normal memiliki kekuatan sinyal sebesar 30 sampai 42 dB dengan frekuensi 750 Hz. Sinyal suara pada kelainan parenkim paru memiliki kekuatan sinyal pada 20 sampai 28 dB dengan frekuensi antara 200 sampai 400 Hz. Sedangkan suara wheezing (suara khas pada orang asma) mempunyai kekuatan sinyal lebih dari 42 dB dengan frekuensi yang tinggi yaitu 1800 Hz [7].

**3. Power Spectrum Density Metode Welch**

Salah satu komponen yang dapat diambil dari sinyal suara paru adalah spectrum frekuensi dengan cara mentransformasi sinyal dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi sehingga akan diperoleh informasi tentang frekuensi yang terkandung pada sinyal tersebut. Metode untuk mendapatkan spectrum frekuensi suatu sinyal suara berdasarkan perhitungan estimasi spectrum daya adalah metode Welch.

Pada metode ini, sinyal masukan dibagi menjadi segmen-segmen yang pendek dan perhitungan periodogram dilakukan berdasarkan perhitungan nilai imajiner Fast Fourier Transform, sehingga mencari estimasi spektrum daya dapat dilakukan dengan lebih efisien. Setiap segmen data dimodifikasi dengan mengalikan pada suatu fungsi jendela (window), sebelum dilakukan perhitungan periodogram. Selanjutnya periodogram yang telah dimodifikasi dirata-ratakan untuk menghasilkan estimasi spektrum yang lebih baik [4].

Algoritma Power Spectra Density (PSD) untuk identifikasi sinyal suara paru dengan menggunakan metode Welch adalah sebagai berikut:

1. Sinyal suara paru dibagi menjadi segmen-segmen (x(n), K segmen)
2. Setiap segmen data dikalikan dengan suatu fungsi Hamming Window dengan persamaan:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad (1)$$

dimana:

- w(n) = Koefisien window ke- n
- $\pi = 3.145219$
- n = 0,1,2,3, .....N
- N = Banyak data

3. Menggunakan nilai imajiner dari Fast Fourier Transform (FFT) untuk menghitung nilai power spectrum dengan persamaan:

$$S(e^{j\omega}) = \frac{\frac{1}{n} \left| \sum_{i=1}^n w_i x_i e^{-j\omega i} \right|^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |w_i|^2} \quad (2)$$

dimana:

- $S(e^{j\omega})$  = nilai spektrum sinyal tiap segmen
- i = 0,1,2,3,.....N
- w<sub>i</sub> = Hasil koefisien Hamming window
- x<sub>i</sub> = Nilai sinyal ke - i
- n = banyak data

4. Nilai rata-rata PSD diperoleh dengan persamaan:

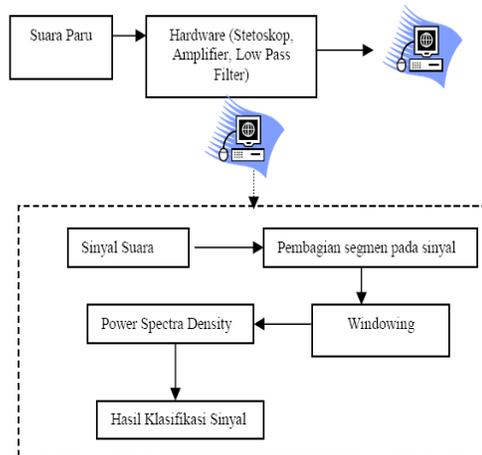
$$P_{xx}(\omega) = \frac{\sum_{k=1}^K S(e^{j\omega})}{K} \quad (3)$$

dimana:

- $P_{xx}(\omega)$  = Nilai rata-rata koefisien sinyal
- K = banyak segmen

**4. Perencanaan dan Pembuatan Sistem**

Perencanaan dan pembuatan sistem deteksi kelainan parenkim paru terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian hardware dan software. Blok diagram sistem seperti pada gambar 2.



**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem.

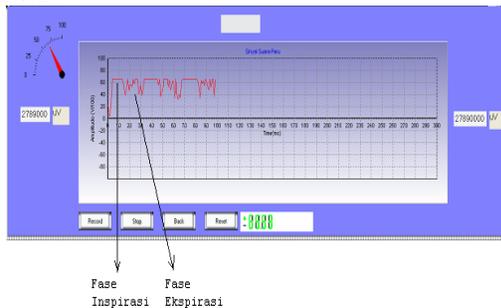
Bagian hardware sebagai deteksi suara paru terdiri dari stetoskop yang telah dimodifikasi dengan penambahan microphone kondensor, rangkaian low pass filter dan memasukkan data suara paru hasil pengukuran ke PC melalui jack sound card. Bagian software menggunakan pemrograman visual basic 6 untuk mengolah sinyal suara paru dan mencari ciri dari sinyal suara paru berdasarkan power spectra density dengan metode Welch.

Pada penelitian ini terdapat 15 subject dengan range usia sekitar 19 sampai 58 tahun. Sebelum pengukuran atau pengambilan data suara paru, subject terlebih dahulu diperiksa oleh dokter spesialis paru untuk menentukan kondisi subject, sehingga suara paru yang akan diukur dapat diketahui normal atau abnormal (kelainan parenkim paru). Data tersebut kemudian akan digunakan sebagai database untuk pembelajaran sistem. Selama pengukuran, subject harus dikondisikan sebagai berikut:

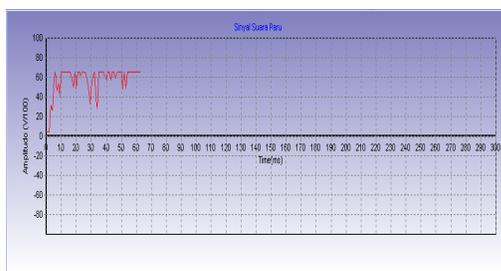
1. Subject duduk santai dan rilex (tidak dalam keadaan setelah ber-olahraga atau beraktifitas berat).
2. Selama pengukuran, subject diminta menarik nafas yang dalam dan menghembuskannya.
3. Untuk pasien yang sakit, diminta untuk nafas biasa.

### 5. Analisa dan Hasil Pengukuran

Hasil sinyal suara paru normal yang terdengar oleh microphone yang dimasukkan pada selang stetoskop yang ditampilkan di PC dapat dilihat pada gambar 3. Sedangkan hasil sinyal suara paru abnormal (kelainan parenkim paru) dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 3.** Sinyal Suara Paru Normal pada Kondisi Rilex.



**Gambar 4.** Sinyal Suara Kelainan Parenkim Paru Pada Kondisi Rilex.

Pada sinyal suara paru normal dalam kondisi rilex, fase inspirasi memiliki amplitudu yang tetap (perubahan amplitudu sangat kecil), sedangkan pada fase ekspirasi memiliki perubahan amplitudu yang

besar. Sedangkan waktu yang diperlukan dalam satu periode fase inspirasi dan ekspirasi adalah sekitar 3 detik. Menurut teori [6], seseorang dengan paru normal akan melakukan 15 – 20 kali bernafas tiap menitnya atau 3 sampai 4 detik setiap kali bernafas (fase inspirasi dan ekspirasi). Karena pada kondisi rilex, orang normal mempunyai gerakan nafas yang teratur. Pada paru-paru normal, data waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus pernafasan (fase inspirasi dan fase ekspirasi) dapat dilihat pada tabel 1. Sedangkan pada kelainan parenkim paru, data waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus pernafasan dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 1.** Waktu Satu Siklus Pernafasan Pada Sinyal Suara Paru Normal

Subj	Umur (thn)	Jenis Kelamin (L/P)	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (cm)	Waktu (detik)
1	23	L	58	171	4
2	19	P	50	158	3
3	22	L	54	160	3.5
4	22	L	73	167	3.8
5	22	L	80	165	4
6	26	L	48	165	4
7	19	P	49	158	3
8	19	P	51	163	4
9	19	P	51	163	3.8
10	20	P	49	160	4

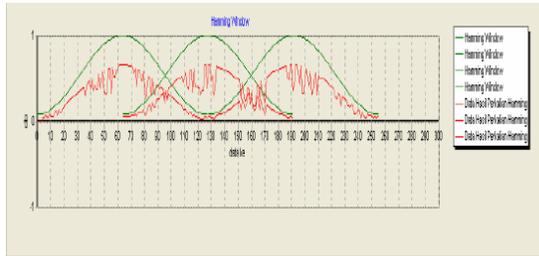
**Tabel 2.** Waktu Satu Siklus Pernafasan Pada Sinyal Suara Kelainan Parenkim Paru.

Subj	Umur (thn)	Jenis Kelamin (L/P)	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (cm)	Waktu (detik)
1	50	P	47	165	2
2	35	L	48	169	1.8
3	58	L	50	165	1
4	45	L	57	167	1.2
5	40	L	45	168	2

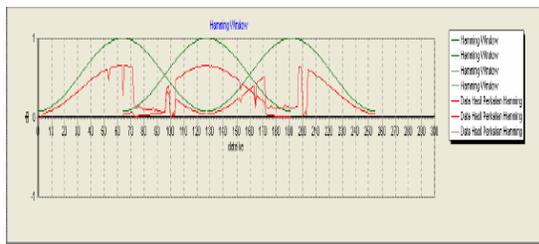
Pada Tabel 1 terlihat bahwa waktu satu siklus pernafasan pada sinyal suara paru normal memiliki range 3 – 4 detik. Data tersebut sesuai dengan data pada teori [6]. Sedangkan pengukuran waktu satu siklus pernafasan pada sinyal suara kelainan parenkim paru (tabel 2) memperlihatkan bahwa waktu satu siklus pernafasan pada kelainan parenkim paru memiliki range 1 – 2 detik sehingga orang dengan kelainan parenkim paru lebih banyak

membutuhkan oksigen dalam beraktifitas, sehingga paru-paru akan bekerja ekstra untuk mendapatkan pasokan oksigen.

Pada penelitian ini, pengolahan sinyal suara paru dengan metode Welch dibagi menjadi 3 segmen, dimana setiap segmen akan di windowing dengan metode Hamming, FFT dan PSD untuk mencari ciri dari sinyal suara paru. Hasil pengolahan hamming windowing sinyal suara paru normal dan sinyal suara paru abnormal dapat dilihat pada gambar 5, dan gambar 6.

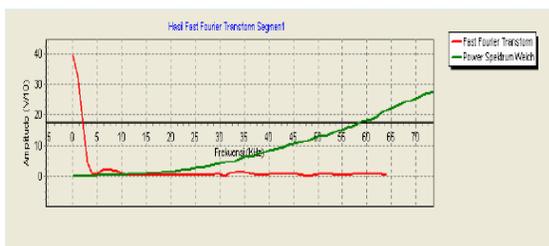


**Gambar 5.** Hasil Proses Hamming Windowing Sinyal Suara Paru Normal.

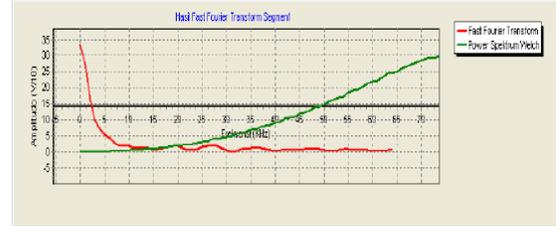


**Gambar 6.** Hasil Proses Hamming Windowing Sinyal Suara Paru Abnormal.

Hasil proses perhitungan power spectrum untuk sinyal suara paru normal dapat dilihat pada gambar 7. Gambar ini memperlihatkan bahwa amplitude tertinggi untuk sinyal suara paru normal mempunyai frekuensi dibawah 2 Khz. Ini sesuai dengan teori [6] bahwa frekuensi suara paru normal berada dibawah 2 Khz.



**Gambar 7.** Power Spectrum Density Sinyal Suara Paru Normal



**Gambar 8.** Power Spectrum Sinyal Suara Paru Abnormal.

Gambar 8 memperlihatkan hasil proses perhitungan power spectrum density untuk sinyal suara paru abnormal, dimana frekuensi dan amplitude sinyal suara paru abnormal lebih kecil daripada frekuensi dan amplitude sinyal suara paru normal. Hasil perhitungan koefisien rata-rata PSD untuk sinyal suara paru normal terdapat pada table 3. Sedangkan table 4 memperlihatkan nilai rata-rata PSD untuk sinyal suara paru abnormal.

**Tabel 3.** Nilai Rata-rata Koefisien PSD pada Sinyal Suara Paru Normal.

Suara Paru Normal						
Subj	Umur (thn)	Jenis Kelamin (L/P)	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (Cm)	Frek (Hz)	Koefien Mean PSD (dB/Hz)
1	22	L	73	167	750	41.677
2	22	P	51	163	750	36.6546
3	23	L	58	171	750	41.294
4	19	P	51	165	750	39.792
5	22	L	85	167	550	26.549

**Tabel 4.** Nilai Rata-rata Koefisien PSD pada Sinyal Suara Paru Abnormal (Kelainan parenkim Paru).

Suara Paru Abnormal						
Subj	Umur (thn)	Jenis Kelamin (L/P)	Berat Badan (Kg)	Tinggi Badan (Cm)	Frek (Hz)	Koefien Mean PSD (dB/Hz)
1	50	P	47	165	320	22.8769
2	35	L	48	169	340	25.2698
3	58	L	50	165	320	21.0679
4	45	L	57	167	340	26.0639
5	40	L	45	168	300	20.5634

Tabel 3 dan 4 memperlihatkan bahwa sinyal suara paru normal mempunyai koefisien rata-rata PSD sekitar 30 db/Hz sampai 42 db/Hz dengan frekuensi tetap sebesar 750 Hz. Sedangkan kelainan parenkim paru (sinyal suara paru abnormal) mempunyai koefisien rata-rata PSD dibawah 30

db/Hz. Karena pada saat bernafas, paru-paru orang normal akan mengembang dan mengempis dengan mudah tanpa ada halangan apapun sehingga suara paru dapat terdengar dengan jelas (amplitudo lebih besar) dibandingkan suara kelainan parenkim paru. Sedangkan subject 5 (table 3) yang memiliki nilai koefien rata-rata PSD 26.549 db/Hz (dibawah 30 db/Hz) dan termasuk katagori paru-paru normal, karena pada saat pengukuran terjadi kesalahan peletakan stetoskop pada dada. Selain itu, subject mengalami obesitas sehingga suara paru tertutup oleh lemak pada dada yang menyebabkan suara parunya menyerupai suara paru kelainan parenkim paru.

Sedangkan pada orang yang mempunyai kelainan parenkim paru (suara paru abnormal), koefisien rata-rata PSD dibawah 30 db/Hz karena suara paru terhalang oleh cairan yang ada didalam paru-paru sehingga suara paru tidak terdengar jelas (amplitude lebih kecil) dibandingkan suara paru normal.

## 6. Kesimpulan

Kelainan parenkim paru dapat dideteksi dengan cara identifikasi sinyal suara paru berdasarkan power spectra density metode Welch. Hasilnya menunjukkan bahwa suara paru normal memiliki frekuensi 750 Hz dengan power spectrum sinyal sebesar 30 dB/Hz sampai 42 dB/Hz. Sedangkan suara paru yang memiliki kelainan parenkim paru memiliki frekuensi antara 300 sampai 340 Hz dengan power spectrum sinyal antara 20 dB/Hz sampai 26 dB/Hz.

## Daftar Pustaka

- [1] Charbonneau G, Racineux JL, Tuchais E, "An accurate recording system and its use in breath sounds spectral Analysis", Journal Application Physiology 55, pp.1120, 1982.
- [2] Achmad Rizal, dkk, "Stetoskop Elektronik Sederhana Berbasis PC dengan Fasilitas Pengolahan Sinyal Digital untuk Auskultasi Jantung dan Paru", Bandung, 2005.
- [3] Achmad Rizal, Tati L R Mengko, Andriyan B S, "Lung Sound Recognition Using Wavelet Packet Decomposition and ART2 (Adaptive Resonance Theory 2) Neural Network", Proceedings BME Days 2006, hal. 168 – 172, ITB, 13 – 15 November 2006.
- [4] Yul Antonisfia, Romi Wiryadinata, "Ekstraksi Ciri Pada Isyarat Suara Jantung Menggunakan Power Spectral Density Berbasis Metode Welch", Media Informatika, Vol.6. No.1, hal. 71 – 84, June 2008.
- [5] Pramitra Joko R, Kemalasari, Ardik W, "Identifikasi Sinyal Suara Paru Berdasarkan Power Spectral Density Metode Welch untuk Deteksi Kelainan Parenkim Paru", Tugas Akhir

PENS ITS, Agustus 2010.

- [6] [www.scribd.com/doc/33696870/Respirasi-1](http://www.scribd.com/doc/33696870/Respirasi-1), diakses juli 2010.
- [7] <http://www.rale.ca/LungSounds.htm>, -diakses Juni 2010.