

Pengenalan Suara Paru-Paru Normal Menggunakan LPC dan Jaringan Syaraf Tiruan Back-Propagation

Achmad Rizal³, Lisa Anggraeni², Vera Suryani³

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

³ Jurusan Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom
Jl. Telekomunikasi no 1 Dayeuh Kolot, Bandung 40257

Telp/fax. 022-7565931/7565933

arz@stttelkom.ac.id¹, eesa@plasa.com², vra@stttelkom.ac.id³

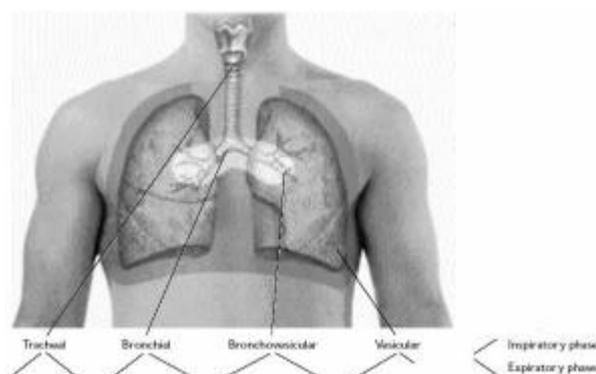
Abstract—Salah satu cara yang digunakan dokter untuk mendiagnosa penyakit paru-paru adalah dengan mendengarkan suara paru-paru dengan menggunakan stetoskop. Teknik ini dikenal dengan teknik auskultasi. Suara paru-paru yang dihasilkan pada beberapa kasus penyakit parumunjukkan adanya pola tertentu yang bisa dikenali. Pola suara ini dapat diambil sebagai bahan untuk mengambil diagnosa. Masalah yang timbul adalah suara jantung menempati frekuensi yang cukup rendah sekira 20 – 400 Hz, amplitudo yang rendah, masalah kebisingan lingkungan, kepekaan telinga dan pola suara yang mirip antara jenis suara jantung yang satu dengan yang lain. Karena faktor-faktor tersebut di atas kesalahan diagnosis bisa terjadi apabila prosedur auskultasi tidak dilakukan dengan benar. Pada penelitian ini dilakukan pengenalan suara paru-paru normal menggunakan metode LPC dan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* (JST BP). Suara paru-paru dianggap sebagai *speech* dan dihitung koefisien LPC-nya. Dari koefisien LPC didapat parameter *cepstral*-nya, untuk selanjutnya dikenali dengan jaringan syaraf tiruan *back-propagation*. Dengan pemilihan parameter JST BP yang tepat didapat akurasi 100 %.

I. PENDAHULUAN

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 dimanamana 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 bronchial, jika terdengar di manamana 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.

II. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 2.



2.2.2 FRAME BLOCKING

Frame blocking dilakukan pada program ini untuk tiap 30 milidetik dengan jarak antar *frame* 10 milidetik. Jadi dengan kecepatan cuplik sebesar 8000 Hz maka tiap *frame* akan berisi 240 byte data dengan jarak antar *frame* 80 byte data dengan suara lain overlap yang terbentuk sebesar 160 byte data.



Gambar 4. Proses Frame Blocking

2.2.3 WINDOWING

Proses *windowing* ini dilakukan dengan menggunakan *Hamming Window* yang mempunyai persamaan:

$$w(n) = 0,54 - 0,46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (3)$$

Sedangkan hasil dari proses *windowing* tersebut adalah sinyal :

$$\tilde{x}_i(n) = x_i(n)w(n) \quad , \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (4)$$

Jadi pada masing-masing *frame* yang didapat dari *frame blocking* dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan di atas.

2.2.4 ANALISIS AUTOKORELASI

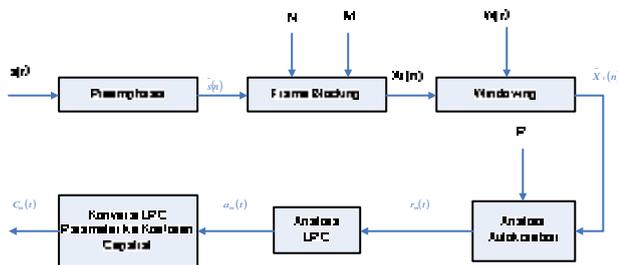
Analisis autokorelasi ini dilakukan untuk mendapatkan elemen-elemen autokorelasi berdasarkan perumusan berikut :

$$r_i(m) = \sum_{n=0}^{N-i-m} s_i(n) \cdot s_i(n+m), \quad m = 0, 1, \dots, p \quad (5)$$

2.2.5 ANALISIS LPC

Langkah selanjutnya ialah melakukan analisis LPC pada nilai-nilai yang telah didapat dari analisis autokorelasi. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan sejumlah koefisien LPC. Analisis LPC ini dilakukan dengan menggunakan algoritma Levinson-Durbin dimana akan didapatkan $p+1$ data. Nilai p di sini akan menentukan orde LPC. Koefisien LPC yang didapat sebanyak jumlah *frame* yang dikalikan dengan orde LPC.

Sedangkan langkah yang terakhir dari proses LPC ini ialah mengubah koefisien LPC yang didapat dari analisis LPC menjadi sejumlah koefisien cepstral. Perhitungan koefisien cepstral ini akan menghasilkan 12 buah koefisien cepstral pada tiap *frame*. Koefisien cepstral ini kemudian dimasukkan ke dalam FFT.



Gambar 3. Diagram Alir Proses LPC[5]

2.2.1 PREEMPHASIS

Proses preemphasis dilakukan terhadap sinyal inputan untuk memperkecil daerah perubahan sinyal. Sinyal suara paru dilewatkan pada suatu filter digital yang berfungsi untuk meratakan spektral sinyal. Filter digital yang sering dipakai adalah :

$$H(z) = 1 - \tilde{a}z^{-1} \quad , \quad 0,9 \leq \tilde{a} \leq 1 \quad (1)$$

Keluaran preemphasis dapat didefinisikan sebagai :

$$\tilde{s}(n) = s(n) - \tilde{a}s(n-1) \quad (2)$$

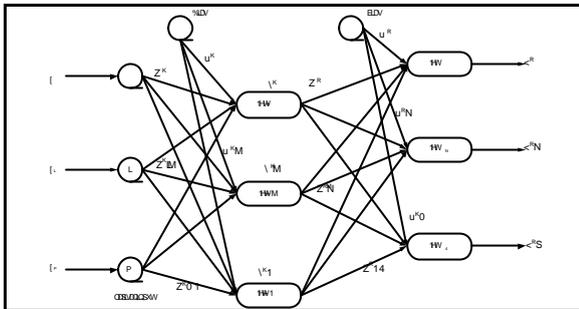
Hasil output dari proses *preemphasis* ini kemudian dibentuk menjadi beberapa *frame* pada proses *frame blocking*.

2.3 FAST FOURIER TRANSFORM (FFT)

FFT ini dilakukan untuk meningkatkan unjuk kerja sistem, karena dengan adanya FFT maka perbedaan antara pola suara paru dengan pola suara paru yang lain makin terlihat jelas[6].

2.4 JST BACKPROPAGATION

Arsitektur JST-BP diilustrasikan oleh Gambar



Gambar 5. JST Propagasi Balik[7]

JST-BP memiliki beberapa layer dimana masing-masing layer terhubung secara keseluruhan terhadap layer-layer di bawah dan di atasnya. Saat jaringan akan memberikan masukan, maka saat itu juga akan diaktifkan nilai forward yang berasal dari input layer pada unit-unit yang terproses. Kemudian masing-masing layer internal, diberikan kepada layer keluaran yang terproses oleh unit-unit keluaran. Unit-unit dari keluaran akan memberikan respons terhadap jaringan. Bilamana jaringan terdapat koreksi-koreksi pada parameter didalamnya, mekanisme perbaikan akan memulai dari output unit dan *Back Error Propagation* kemudian akan kembali ke masing-masing unit internal untuk dipakai pada input layer.

Algoritma pelatihan JST-BP adalah sebagai berikut[7][8][9]:

1. Definisi masalah, misalkan matriks masukan (P) dan matriks target (T).
2. Inisialisasi, menentukan bentuk jaringan dan menetapkan nilai-nilai bobot sinaptik W1 dan W2, dan learning rate (lr).
3. Pelatihan Jaringan :

- a. Perhitungan maju

Keluaran untuk *Hidden Layer* :

$$A_1 = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=1}^m P_i * W_{1i}}}$$

Hasil keluaran dari *Hidden Layer* dipakai untuk mendapatkan keluaran *Output Layer* :

$$A_2 = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=1}^n A_{1j} * W_{2j}}}$$

Galat (E) merupakan selisih antara nilai keluaran yang diinginkan (T) dengan keluaran yang sesungguhnya (A₂), sebagai berikut :

$$E = T - A_2$$

Sum Square Error (SSE) yang dinyatakan oleh persamaan berikut :

$$SSE = \sum E^2$$

- b. Perhitungan Balik

$$D_2 = A_2 * (1 - A_2) * E$$

$$dW_2 = dW_2 + (lr * D_2 * A_1)$$

$$D_1 = A_1 * (1 - A_1) * (W_2 * D_2)$$

$$dW_1 = dW_1 + (lr * D_1 * P)$$

- c. Perbaikan Bobot Jaringan

$$TW_2 = W_2 + dW_2$$

$$TW_1 = W_1 + dW_1$$

$$W_2 = TW_2$$

$$W_1 = TW_1$$

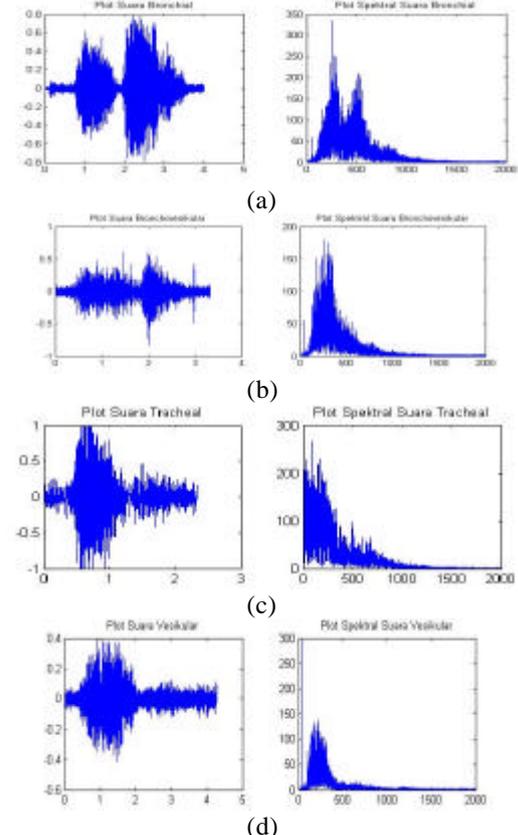
4. Langkah-langkah di atas adalah untuk satu kali siklus pelatihan (satu *epoch*), sehingga harus diulang-ulang sampai jumlah *epoch* yang ditentukan atau telah tercapai *SSE (Sum Square Error)* yang diinginkan.
5. Hasil akhir pelatihan jaringan adalah didapatkannya bobot W1 dan W2 yang kemudian disimpan untuk pengujian jaringan.

Bobot-bobot interkoneksi masing-masing *layer* keluaran dari hasil pelatihan tersebut yang nantinya digunakan dalam proses pengujian data uji.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 PLOT SINYAL DAN SPEKTRAL SINYAL

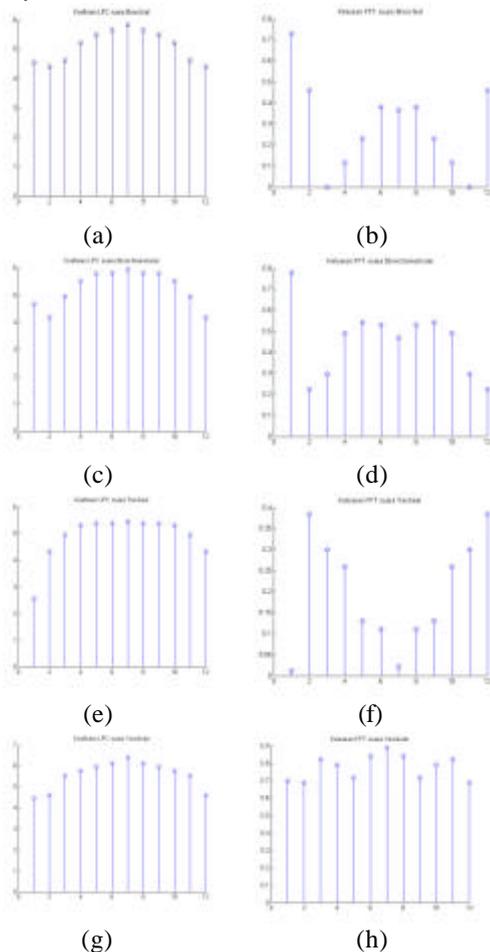
Apabila didengarkan secara manual, keempat jenis data tidak dapat dibedakan dengan mudah apabila tidak dilakukan oleh ahlinya, untuk itu dibuat plot sinyal dan diamati spektrum frekuensinya.



Gambar 6. (a) Bronchial, (b) Broncovesikular (c) Tracheal, (d) Vesikular

3.2 HASIL PREPROCESSING

Hasil preprocessing yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 7. Terlihat bahwa dengan FFT, fitu yang didapat dari tiap jenis data menjadi semakin terlihat perbedaannya. Ini akan membuat pengenalan oleh JST BP pada tahap selanjutnya akan semakin mudah.



Gambar 7. hasil preprocessing sinyal dan keluaran FFT
 (a) (b) koefisien cepstral dan FFT Suara Bronchial
 (c) (d) koefisien cepstral dan FFT Suara Bronchovesikular
 (e) (f) koefisien cepstral dan FFT Suara Tracheal
 (g) (h) koefisien cepstral dan FFT Suara Vesikular

3.3 HASIL PENGENALAN JST BP

Dari keseluruhan data yang ada, digunakan 6 data sebagai data latih sedangkan sisanya digunakan sebagai data uji. Berikut hasil pelatihan yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil pelatihan jaringan dengan jumlah neuron berbeda

Hneuron	50	80	100	200	250
LR	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Momentum	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
MSE	0.0015	0.001	0.001	0.01	0.001
Epoch	3500	240	1857	820	859
Time(s)	1082.4	735.718	8.3E+02	6.9E+02	8.6E+02
Akurasi(%)	100	95.833	100	95.83	95.833

Tabel 3. Hasil pelatihan jaringan dengan *learning rate* berbeda

Hneuron	100	100	100	100	100
LR	0.04	0.06	0.08	0.09	0.2
Momentum	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
MSE	0.0013	0.001	0.001	0.001	0.001
Epoch	3500	2703	1763	1857	1987
Time(s)	1.6E+03	1.2E+03	7.4E+02	8.3E+02	8.7E+02
Akurasi(%)	100	100	100	100	100

Hasil pelatihan memberikan akurasi 100 % untuk nilai *hidden neuron* 50 dan 100 pada *learning rate* 0.09. hasil yang sama juga ditunjukkan pada *hidden neuron* 100 untuk semua nilai *learning rate* yang diujikan. Ini berarti kondisi terbaik didapat pada jumlah *hidden neuron* 100.

Sedangkan pada pengujian semua data uji dapat dikenali kecuali 1 data suara tracheal. Ini dikarenakan data tersebut mempunyai pola suara yang jauh berbeda dengan data suara tracheal lainnya. Dari 60 data uji dan data latih, hanya terdapat 1 kali kesalahan pengenalan. Dengan demikian akurasi pengenalan yang dilakukan mencapai 98.33%.

Koefisien LPC yang digunakan orde 10 sedangkan koefisien cepstralnya sebanyak 12. nilai-nilai ini menyesuaikan dengan nilai-nilai yang biasa digunakan dalam *speech processing*. Koefisien cepstral yang telah didapat perlu di-FFT agar pola tiap data menjadi lebih berbeda. Untuk hasil seperti didapat perlu dilakukan perlakuan terhadap data sebelum diproses, antara lain: frekuensi sampling yang sama (dalam penelitian ini 8000 Hz), resolusi data yang sama (8bit) dan rekaman hanya 1 siklus pernafasan. Masalah yang timbul untuk melakukan pemotongan hasil rekaman adalah penentuan awal fase inspirasi dan penentuan akhir fase ekspirasi. Kesalahan dalam penentuan keduanya akan menyebabkan data masukan berubah, dan panjang data yang berbeda. Masalah tersebut dapat diatasi dengan proses resampling terhadap data rekaman agar menjadi 8000 sampel, tetapi otomatis akan merubah lama rekaman, karena satu siklus respirasi akan dianggap 1 detik.

Kelemahan dari LPC adalah sifatnya yang *time variant*, sehingga penentuan awal dan akhir data rekaman harus tepat. Dengan tidak mengesampingkan masalah dan kelemahan yang timbul dari metode ini, secara umum preprocessing menggunakan LPC memberikan hasil yang cukup baik untuk pengenalan suara paru-paru normal. Untuk selanjutnya akan dicoba penggunaan metode ini untuk pengenalan suara paru patologis, misalnya *wheezing*, *stridor*, *crackle* dan lain-lain.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan metode LPC untuk pengenalan suara paru-paru normal menunjukkan hasil yang cukup baik dengan akurasi mencapai 98.33%. Hal ini dimungkinkan karena rekaman dan pemotongan datanya cukup baik sehingga tidak terlalu berbeda dalam tiap kelas data, mengingat sifat LPC yang time variant. Untuk selanjutnya akan diujicoba penggunaan metode ini untuk pengenalan suara paru-paru patologis.

DAFTAR PUSTAKA

- [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] <http://www.acoustics.org/press/132nd/2aea4.html>
- [4] http://www.uinet.or.jp/~ishiyasu/index_en.html
- [5] Pali, Raymondus Batara, "Speech Recognition using Back Propagation of Artificial Neural Network and Linear Predictive Coding Method". STT Telkom Bandung, 2001.
- [6] Taufiq, Hasan. "Penerapan JST Propagasi Balik dan LPC untuk Memngkonversi Sinyal Suara ke String Ucapan Suku Suara Bahasa Indonesia dengan Bantuan Pengolahan Awal RM" S. STT Telkom Bandung, 2001
- [7] Kusumadewi, Sri. "Membangun Jaringan Saraf Tiruan menggunakan Matlab dan EXCEL LINK" Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004
- [8] Wardhani, P N, Achmad Rizal, Rita M, "Implementation of Backpropagation Neural Network Methodes in Diagnostics of Coronary Heart Disease through Complaints dan Patients ECG Pattern Recognition". *Seminar On Electrical Engineering (SEE2004)*. Agustus 2004, Universitas Achmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia
- [9] Hudson, Donna L, and Cohen, Maurice E, "Neural Networks and Artificial Intelligence for Biomedical Engineering", IEEE Press, 1999