

APLIKASI REDUKSI NOISE DALAM PERBAIKAN KUALITAS SUARA UNTUK DETEKSI GANGGUAN PITA SUARA PADA JARINGAN NIRKABEL MENGGUNAKAN ALGORITMA FASTICA

NOISE REDUCTION APPLICATION IN SPEECH ENHANCEMENT FOR VOCAL FOLD DISORDER DETECTION IN CELLULAR NETWORK USING FASTICA ALGORITHM

Imam Abdul Mahmudi ¹, Drs. Suwandi., M.Si. ², Hertiana Bethaningtyas D.K., M.T. ³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Bandung

¹imamabdulmahmudi@students.telkomuniversity.ac.id, ² suwandi@telkomuniversity.ac.id,

³hertiana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Suara serak/parau umumnya merupakan suatu gejala dalam penyakit yang berhubungan dengan kelainan pada pita suara. Keterlambatan diagnosa dapat mengakibatkan kerusakan pada pita suara hingga kematian. Saat ini diagnosis kelainan pada pita suara menggunakan metode invasif yang dapat mengganggu kenyamanan. Selain menggunakan metode invasif, ketersediaan dokter THT pada daerah-daerah terpencil belum tercukupi. Pada tugas akhir ini diusulkan metode diagnosa kelainan pada pita suara menggunakan jaringan telepon sehingga daerah terpencil dapat menggunakan fasilitas tersebut, asalkan terjangkau oleh jaringan selular. Namun, pengiriman informasi pada jaringan telepon terdapat gangguan sehingga mengakibatkan kesalahan dalam deteksi. Dalam tugas akhir ini menggunakan algoritma Independent Component Analysis untuk memisahkan gangguan (noise) pada jaringan telepon. Algoritma ICA yang digunakan adalah fastICA dikarenakan lebih cepat konvergen. Analisa menggunakan 500 data sekunder yang diunduh dari Saarbrücken Voice Database (SVD) terdiri dari 250 data suara normal dan 250 data suara yang mengalami kelainan pada pita suara. Selain menggunakan data sekunder, dilakukan 60 pengambilan data secara langsung dan telepon yang terdiri dari 50 data suara normal dan 10 data suara sakit. Secara langsung menggunakan microphone yang dihubungkan pada ADC dengan frekuensi sampling 44.1KHz. Untuk perekaman secara telepon menggunakan USB Recording yang dihubungkan pada FWT-PSTN Converter untuk menerima dan melakukan panggilan telepon. Operator telekomunikasi yang digunakan adalah XL. Data suara telepon selanjutnya akan dilakukan reduksi noise menggunakan algoritma fastICA kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan data suara langsung. Setelah dilakukan reduksi noise terjadi peningkatan akurasi dari 18% menjadi 88.75%

Kata Kunci : Pita Suara, Fast Fourier Transform (FFT), frekuensi dasar (F_0), jitter, shimmer, Harmonic-to-Noise Ratio (HNR)

Abstract

Husky voice / husky generally a symptom in diseases associated with abnormalities on the vocal cords. Diagnosa delay can result in damage to the vocal cords to death. Currently the diagnosis of abnormalities on the vocal cords using invasive methods that can interfere with comfort. Besides using invasive methods, availability of ENT doctors in remote areas have not been fulfilled. In this thesis proposed a method of diagnosis of abnormalities in the vocal cords using a telephone network so that remote areas can use the facility, as long as cellular network coverage. However, the transmission of information to the telephone network there is interference, resulting in a detection error. In this final task using Independent Component Analysis algorithm to separate interference (noise) to the telephone network. ICA algorithm used is due to the faster fastICA converging. Analysis using the 500 secondary data downloaded from Saarbrücken Voice Database (SVD) consisting of 250 normal voice data and voice data mengalami 250 abnormalities on the vocal cords. In addition to using secondary data, conducted 60 direct data retrieval and telephone voice data consisting of 50 normal and 10 sick voice data. Directly using a microphone connected to the ADC with a sampling frequency of 44.1kHz. For the recording using the phone that is connected to the USB Recording-PSTN FWT Converter to receive and make phone calls. Telecom operators used are XL. Telephone voice data will then be performed using a noise reduction algorithm fastICA then the results will be compared with voice data directly. After noise reduction increased accuracy from 18% to 88.75%.

Keywords : Vocal Cords, Fast Fourier Transform (FFT), fundamental frequency (F_0), jitter, shimmer, Harmonic-to-Noise Ratio (HNR)

1. Latar Belakang

Gangguan pada pita suara mengakibatkan susah dalam berbicara. Namun, sebagian besar gangguan pada pita suara dianggap kelainan yang sederhana sehingga banyak yang mengabaikannya. Kondisi tersebut mengakibatkan gangguan pada pita suara dapat berkembang menjadi penyakit yang parah hingga dapat menyebabkan kematian. Selain itu, ketersediaan alat dan dokter THT pada daerah daerah terpencil belum mencukupi.

Teknologi selular telah menjangkau hampir setiap daerah terpencil di Indonesia. Dengan adanya jaringan selular dapat mengirim data, baik berupa data suara. Dengan data suara tersebut dapat ditentukan kelainan pita suara manusia. Namun, ada kelemahan dalam mengirim data pada jaringan telepon yaitu adanya noise yang dapat merusak data suara tersebut sehingga dapat menurunkan tingkat akurasi dari sistem deteksi [1]. Noise pada jaringan telekomunikasi umumnya adalah *addictive white gaussian noise* (AWGN) [2].

Diperlukan suatu metode untuk mengurangi akibat noise pada jaringan selular. FastICA merupakan pengembangan algoritma ICA yang dapat digunakan dalam perbaikan kualitas suara *live recording*, VoIP, dan suara telepon [3]. ICA atau *Independent Component Analysis* merupakan proses memisahkan beberapa sumber suara independen.

2. Dasar Teori

2.1 Sinyal Suara

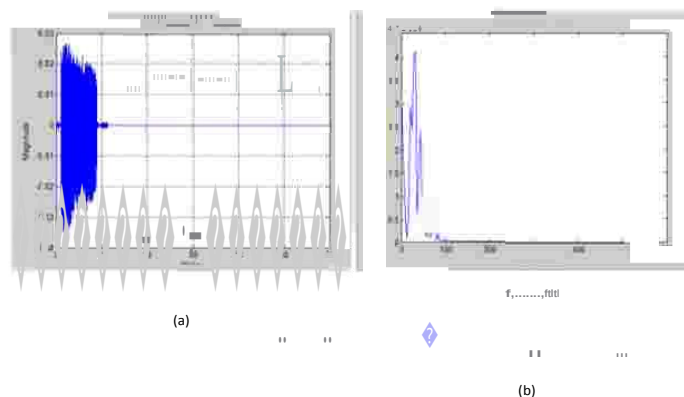
Sinyal didefinisikan sebagai sebuah kuantitas fisik yang membawa pesan atau informasi [4]. Sedangkan, suara merupakan bunyi yang dapat didengar oleh manusia yang memiliki frekuensi 20 – 20000 Hz. Sinyal suara dapat direpresentasikan dalam domain waktu ataupun frekuensi. Dalam domain frekuensi sinyal suara terdiri dari satu atau lebih sinyal sinusoidal dengan frekuensi dan intensitas yang berbeda Gambar 1 merepresentasikan gambar representasi sinyal suara dalam domain waktu dan frekuensi. Dalam domain frekuensi, sinyal suara menggambarkan intensitas dari komponen penyusunnya. Untuk mengubah sinyal suara dalam domain waktu ke dalam domain frekuensi dilakukan dengan transformasi *fourier*. Transformasi *fourier* bertujuan untuk mengubah domain waktu suatu sinyal ke dalam domain frekuensi. Dimana persamaan *Courier* tertulis pada persamaan 1.

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j2\pi ft} dt$$

$$e^{-j2\pi ft} = \cos(2\pi ft) - j\sin(2\pi ft)$$

Sedangkan untuk mengubah sinyal dari domain frekuensi ke dalam domain waktu dapat dilakukan dengan *inverse fourier transform* (IFT). Persamaan IFT itu sendiri adalah :

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \cdot e^{j2\pi ft} df$$

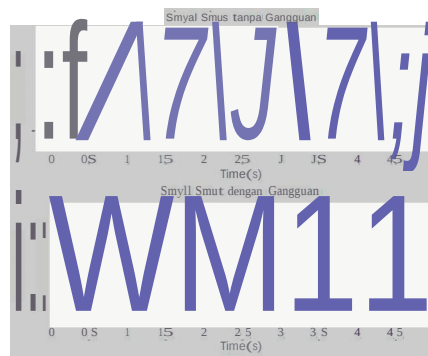


Gambar 1 Representasi Sinyal Suara dalam Domain Waktu dan Frekuensi

2.2 Noise

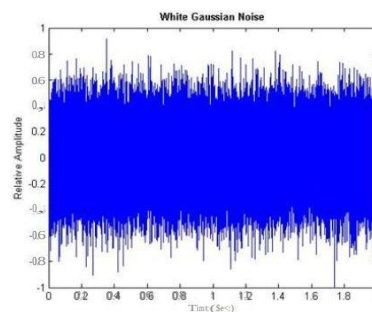
Gangguan yang diakibatkan oleh *noise* dapat merusak bahkan merubah sinyal informasi. Pada gambar 2 merupakan gambar sinyal sinus (atas) dan sinyal sinus dengan gangguan (bawah).

Terlihat *noise* dapat merubah bentuk gelombang asli. Sehingga penerima tidak dapat membedakan sinyal informasi sebenarnya dari gelombang sinus tersebut. *Noise* juga dapat merusak bentuk sinyal asli, menambah atau mengurangi amplitudo, mempercepat atau memperlambat waktu, dan bentuk perubahan lainnya.



Gambar 2 Sinyal Sinusoidal setelah Terkena *Noise*

Secara umum terdapat dua jenis sumber *noise*. Yang pertama *external noise* (derau yang berasal dari luar perangkat) dan *internal noise* (derau yang timbul dari perangkat). *White noise* (derau putih) merupakan suatu *noise* dengan kerapatan spektral daya yang merata pada seluruh komponen frekuensinya. Dikatakan *white noise* karena berpedoman pada kenyataan bahwa sebenarnya cahaya putih merupakan kumpulan dari berbagai warna yang dapat diuraikan secara merata melalui suatu spektrum. Demikian pula dengan *white noise* yang juga terdiri dari berbagai sumber derau, serta lebar daerah energi elektron dan molekul-molekul yang merupakan pembangkit derau tersebut.



Gambar 3 Spektrum Daya *Gaussian Noise*

2.3 Independent Component Analysis

Independent Component Analysis (ICA) adalah metode pemrosesan sinyal untuk menentukan komponen pembentuk sinyal campuran dan berasal dari sumber yang saling bebas statistik. Dikatakan bebas statistik apabila tidak berhubungan satu sama lain. Secara matematis dapat dinyatakan dengan fungsi peluang antar kejadian merupakan perkalian tiap kejadian, seperti pada persamaan di bawah :

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = P(x_1) \cdot P(x_2) \cdot \dots \cdot P(x_n)$$

Sinyal yang berasal dari sumber bebas statistik dan terukur oleh suatu sensor dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$x = a_1 s_1 + a_2 s_2 + \dots + a_n s_n$$

Dimana x menyatakan sinyal yang terukur oleh sensor, s menyatakan sumber, dan a merupakan matrik pencampuran yang tidak diketahui. Persamaan diatas merupakan ide dasar dalam analisis komponen *independent ICA*. Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi model ICA sebagai berikut :

$$x = a s$$

Bila proses pencampuran sinyal dari sumber berlangsung sesaat, persamaan enam dapat dituliskan dalam domain frekuensi sebagai berikut :

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{S}$$

Dengan menganggap $\mathbf{S}$ adalah sumber yang bebas statistik, komponen bebas merupakan variabel tersembunyi, yang berarti bahwa tidak dapat diamati secara langsung. Setelah mengestimasi matriks $\mathbf{A}$, dilakukan invers pada matriks $\mathbf{A}$ dan dinotasikan dengan $\mathbf{W}$ yang akan digunakan untuk mendapatkan komponen bebas [8]. Dengan $\mathbf{S}$ adalah bebas statistik, maka invers dari persamaan 6 dapat ditulis sebagai berikut :

$$\mathbf{S} = \mathbf{W} \mathbf{X}$$

Permasalahan pada model ICA adalah mencari filter pemisah $\mathbf{W}$. pemilihan filter $\mathbf{W}$ yang tepat dan optimal akan mempengaruhi kualitas sinyal estimasi. Ada beberapa algoritma ICA yang digunakan. Masing – masing algoritma memiliki kelebihan satu sama lain dan tahun ke tahun algoritma ini terus disempurnakan. Beberapa algoritma untuk optimasi ICA adalah *Infomax*, *Natural Gradient*, dan *FastICA*.

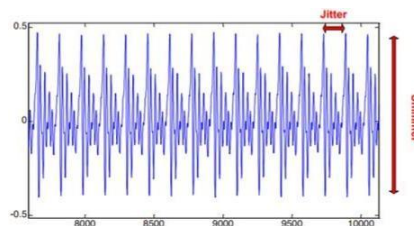
Algoritma *fastICA* memodelkan ICA dengan pendekatan *non-gaussianity* yang didasarkan pada *ngentropy* dengan iterasi titik tetap atau dengan iterasi *Newton* yang menghasilkan persamaan yang sama. Aturan pembobotan filter pemisah pada algoritma *fastICA* ditentukan oleh persamaan berikut :

$$\mathbf{W}^i = \mathbf{W} - \frac{E\{\mathbf{X} \mathbf{X}^T (\mathbf{W}^T \mathbf{X})^3\} - \beta \mathbf{W}}{E\{\mathbf{X} \mathbf{X}^T \mathbf{X} \mathbf{X}^T\} - E\{\mathbf{X} \mathbf{X}^T\} E\{\mathbf{X} \mathbf{X}^T\}}$$

Fungsi g merupakan turunan dari fungsi kontras. Algoritma *fastICA* merupakan teknik yang lebih cepat konvergen dibandingkan dengan algoritma sebelumnya.

2.4 Vocal Acoustic Parameter

Dalam sinyal suara kita dapat mengambil beberapa nilai yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas saran namun dalam penelitian ini hanya menggunakan 3 nilai dasar sinyal suara, diantaranya : *jitter*, *shimmer*, dan HNR. Pada Gambar menggambarkan parameter dari *jitter* dan *shimmer*.



Gambar 4 Representasi Jitter, Shimmer yang Terukur pada Sinyal Suara [6]

Jitter merupakan perbedaan waktu dari dua buah periode yang berurutan. *Jitter* menggambarkan rata-rata absolute dari perbedaan dua buah periode yang berurutan. Batas maksimal untuk nilai *jitter* normal adalah $83.2\mu s$ [6].

$$Jitter = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} |\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_{n-1}|$$

Jitter merupakan rata-rata absolute dari perbedaan dua buah periode yang berurutan dibagi dengan rata-rata periode. Batas maksimal untuk nilai *jitter* normal adalah 1.04% [6]

$$Jitter = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^{N-1} |\mathbf{x}_n - \mathbf{x}_{n-1}|}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \mathbf{x}_n} \times 100$$

Untuk menghitung nilai *shimmer* dari suatu sinyal suara, metode yang digunakan sama dengan *jitter* perbedaannya jika *jitter* berhubungan dengan periode, *shimmer* berhubungan dengan amplitudo sebuah sinyal. *Shimmer* (lokal) menggambarkan rata-rata *absolute* dari perbedaan amplitudo dengan periode berurutan dibagi dengan rata-rata amplitudo. Batas maksimal untuk suara normal adalah 3.81%.

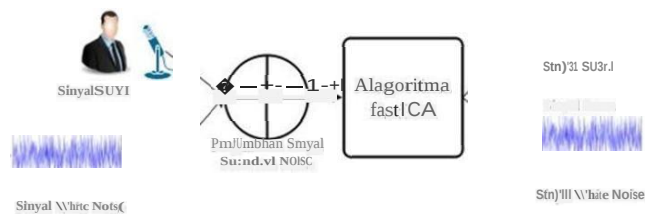
$$\text{Shimmer} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} |A[i] - A[i+1]|$$

Shimmer (lokal, dB) menggambarkan rata-rata *absolute* dari perbedaan amplitudo berurutan dalam bentuk logaritmik (ShdB). Batas maksimal ShdB untuk suara normal adalah 0.350 dB.

$$\text{Shimmer (dB)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} |20 * \log\left(\frac{A[i] - A[i+1]}{A[i] + A[i+1]}\right)|$$

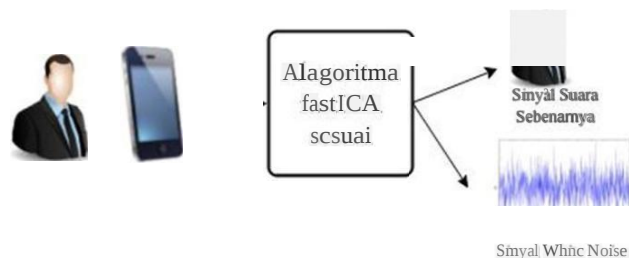
3. Perancangan Sistem

Sistem reduksi *noise* yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir adalah menggunakan algoritma *fastICA*. Algoritma yang digunakan dapat memisahkan dua buah sumber yang saling *Independent*. Algoritma *fastICA* dipilih karena telah dilakukan sebelumnya dengan judul “Aplikasi *Noise Reduction* untuk Perbaikan Kualitas Suara pada Data Audio Menggunakan Algoritma *FastICA*” []. Diagram sistem pemisahan *noise* ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penentuan Algoritma FastICA

Sebelum melakukan reduksi *noise* pada sinyal suara melalui perekaman telepon, dilakukan simulasi penggunaan algoritma *fastICA*. Simulasi dilakukan dengan menambahkan tiga daya *noise* yang berbeda pada sinyal suara perekaman langsung. Dilakukan pemisahan *noise* pada sinyal hasil pencampuran dengan algoritma *fastICA*. Dalam algoritma reduksi *noise* menggunakan metode *fastICA* perlu sebuah matriks pencampuran. Dalam penelitian tugas akhir dipilih matriks pencampuran secara acak dari program matlab. Untuk pengolahan data, akan dibandingkan suara normal yang direkam melalui mikrofon dengan jaringan telepon.



Gambar2 Diagram Alir Penggunaan Algoritma FastICA

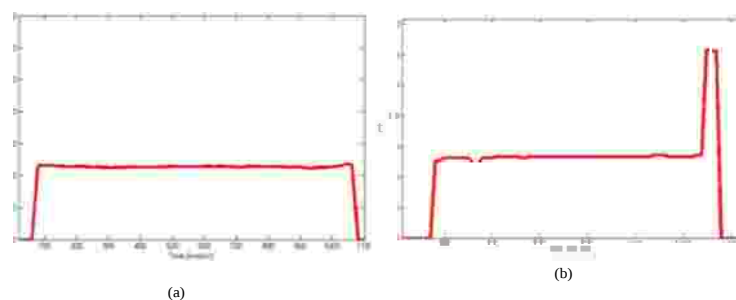
Gambar 6 merupakan proses pengambilan data melalui jaringan telepon secara langsung yang akan dilakukan proses reduksi *noise*. Algoritma yang digunakan merupakan hasil simulasi sebelumnya yaitu dengan mencampurkan *noise* pada data suara yang telah dilakukan perekaman melalui *microphone*. Setelah dilakukan proses reduksi akan didapatkan *speech enhancement signal* dan *noise*. *Speech enhancement* tersebut yang digunakan dalam proses identifikasi berikutnya.

Pengujian sistem dilakukan dengan tiga tahap :

1. Pengujian sistem pada suara normal
Pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan perekaman pada suara normal secara langsung dengan melalui jaringan selular. Sinyal suara pada jaringan seluler akan dilakukan pengurangan *noise* dengan menggunakan algoritma *fastICA*. Nilai yang akan dibandingkan adalah nilai *jitter*, *shimmer*, dan HNR. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kualitas sistem pengurangan *noise* yang telah dibuat.
2. Simulasi Reduksi Noise pada Perekaman Langsung
Proses pengujian dilakukan dengan menjumlahkan *noise* pada suara perekaman langsung. Daya *noise* yang digunakan dalam simulasi sebesar -40, -50, dan -60 watt. Setelah proses penjumlahan *noise* dilakukan proses reduksi *noise* dengan algoritma *fastICA* dan dilakukan proses penhitungan kualitas reduksi.
3. Pengujian sistem pada suara sakit
Pada pengujian data suara sakit dilakukan sama halnya dengan pengambilan data suara normal. Tujuan dari pengujian data sakit adalah untuk mengetahui bahwa kualitas perekaman secara langsung dengan perekaman melalui jaringan seluler memiliki kualitas yang sama, dan informasi pada suara sakit tidak hilang saat dilakukan pengurangan *noise*.

4. Analisis

Pada gambar 7 terlihat perbedaan frekuensi dasar perekaman suara secara langsung dan melalui jaringan telepon. Frekuensi dasar (F0) tidak berubah secara waktu karena merupakan frekuensi alami dari pita suara. Bila terdapat gangguan fisiologis maupun anatomis pada pita suara, berakibat pada perubahan frekuensi dasar. Pada gambar 4.6 tersebut terlihat bahwa frekuensi dasar pada perekaman melalui jaringan telepon mengalami distorsi berupa *pitch doubling*, yang dapat mencirikan bahwa suara tersebut mengalami kelainan pada pita suara.



Gambar 7 Grafik F0 pada Suara Perekaman Langsung dan telepon

Selain perubahan pada nilai frekuensi dasar, nilai *vocal parameter jitter*, *shimmer*, dan HNR juga mengalami perubahan saat dilakukan perekaman melalui jaringan telepon. Tabel 1 merupakan perbedaan nilai *vocal parameter* pada perekaman langsung dan melalui telepon.

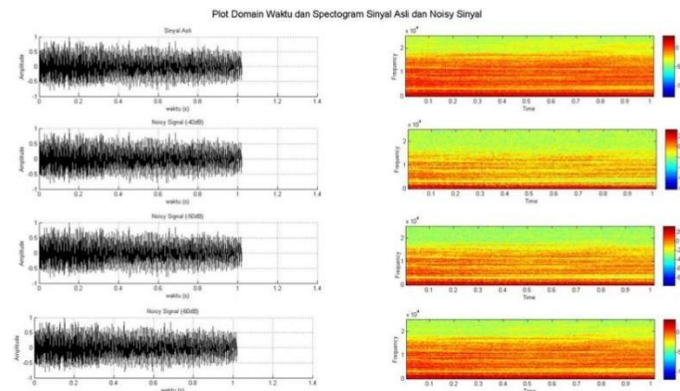
Tabel.1 Perbedaan Data Statistik Vocal Parameter pada Perekaman Langsung dan Melalui Jaringan Telepon pada Suara Normal

Parameter	Langsung			Telpon		
	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR
Rata-Rata	0,83858	0,78351	19,9896	0,82885	0,36136	12,8689
Min	0,43226	0,56149	15,2093	0,36136	0,87395	4,41016
Max	1,07783	1,27005	25,4567	1,08879	1,63216	21,6180

Telah dilakukan analisis terhadap 50 data normal dan 10 data sakit melalui perekaman langsung dan perekaman telepon. Tabel 4.3 merupakan nilai rata rata terhadap 50 data normal yang dilakukan pengolahan data. Nilai

statistik *jitter* pada perekaman langsung dan melalui telepon memiliki nilai relatif sama. Perbedaan nilai rata-rata *jitter* pada perekaman langsung dan telepon sebesar 0.009733. Sedangkan untuk parameter *shimmer* dan HNR perekaman melalui jaringan telepon mengalami penurunan kualitas. Nilai error rata-rata *shimmer* dan HNR pada perekaman langsung dan telepon adalah sebesar 0.4225 dan 7.120734. Terlihat bahwa perekaman melalui jaringan telepon mengalami penurunan kualitas *jitter*, *shimmer*, dan HNR. Dari 50 data normal perekaman langsung, 42 data terdeteksi secara benar oleh sistem deteksi.

Sebelum dilakukan sistem reduksi *noise* secara langsung pada data suara telepon dilakukan simulasi dengan menjumlahkan data suara normal dengan 3 buah daya *white gaussian noise* yang berbeda yaitu -40, -50, -60 watt. Spectrogram dari hasil penjumlahan noise terlihat pada gambar



Gambar 8 Simulasi Noise dengan Daya -40, -50 dan -60 watt

Dalam algoritma fastICA yang digunakan menggunakan *decorrelatopn approach symmetric* dan fungsi non-linieritas tanh. Untuk melihat kualitas pemisahan dilakukan proses perhitungan *Total Harmonic Distortion and Noise* (THD+N) menggunakan aplikasi spectraPlus. Nilai MSE THD+N pada sinyal hasil reduksi terlihat pada tabel 2.

Tabel 2 Nilai MSE pada Sinyal Sebelum dan Setelah Reduksi

	-40	-50	-60
Dengan Noise	509,699	84,8227	16,1145
Hasil Reduksi	0,72606	1,28495	0,4394

Tabel 4.5 merupakan nilai MSE THD+N pada suara dengan noise dengan suara hasil reduksi. Nilai MSE merupakan nilai perbandingan dengan suara asli. Semakin kecil nilai THD+N semakin bagus kualitas suara. Sinyal suara hasil perekaman melalui telepon (*noisy speech*) dilakukan transformasi wavelet dengan basis *dubechies* pada level 1. Hasil dari transformasi wavelet akan terbagi menjadi 2 buah sinyal yaitu *approximation* dan *detail*. Selanjutnya *detail* dan *approximation* dilakukan proses fastICA dengan koefisien *detail* sebagai referensi untuk noise, mengingat noise terdapat pada frekuensi tinggi. Proses fastICA ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari koefisien *approximation*. Untuk mengurangi gangguan pada frekuensi tinggi, dilakukan pengalihan konstanta sebesar 0.1 pada koefisien *detail*. Selanjutnya akan dilakukan proses rekonstruksi.

Kriteria fastICA yang digunakan berdasarkan kualitas terbaik dari hasil simulasi pada bab 4.2 yaitu dengan *decorrelation approach* "symm" dan fungsi nonlinieritas adalah tanh. Untuk lebih jelas kriteria fastICA yang digunakan terdapat pada lampiran. Sebagai data masukkan dalam proses *speech enhancement* menggunakan fastICA adalah koefisien *detail*, karena pada sinyal tersebut berisi informasi dari sinyal suara.

Tabel .3 Nilai Vocal Acoustic Parameter pada Suara Normal Setelah Mengalami Proses Reduksi Noise

	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR
Mean	0,82665	0,61244	18,96959
Min	0,36185	0,44801	11,62530
Max	1,02600	0,86591	26,63010

Pada tabel 3 merupakan data statistik dari 50 data suara melalui jaringan telepon yang dilakukan reduksi *noise* dengan algoritma fastICA. Tingkat akurasi sistem deteksi setelah dilakukan sistem reduksi *noise* sebesar 88,57%. Sistem reduksi *noise* yang telah dibuat dapat meningkatkan tingkat akurasi sistem deteksi yang sebelumnya hanya sebesar 18%. Untuk data lengkap analisis terdapat pada lampiran 10.

Tabel.4 Nilai Vocal Acoustic Parameter pada Suara Sakit Setelah Mengalami Proses Reduksi Noise

	Jitter (%)	Shimmer (dB)	HNR
Mean	1,336788	1,003100	13,205187
Min	0,482000	0,506000	7,819000
Max	4,875000	1,425000	19,531000

Tabel 4 merupakan data statistik nilai jitter, shimmer, dan HNR pada suara sakit. Pengujian sistem pada suara sakit tidak mempengaruhi tingkat akurasi sistem deteksi.

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan :

1. Data suara normal dan sakit memiliki perbedaan nilai *jitter*, *shimmer*, dan HNR. Nilai rata-rata jitter, shimmer, dan HNR pada suara normal adalah sebesar 0,3441%, 0,2514 dB, dan 22,990, sedangkan untuk suara sakit memiliki nilai 2,4 %, 1.306 dB, dan 13.019.
2. Perekaman melalui jaringan telepon dapat mempengaruhi kualitas suara sehingga dapat menurunkan akurasi deteksi dari 84% menjadi 18 %.
3. Perekaman melalui telepon mengakibatkan penurunan nilai HNR dari 19.9896 menjadi 12,8986 dan penurunan kualitas jitter.
4. Metode *wavelet* – fastICA dapat meningkatkan kualitas suara pada perekaman melalui telepon dengan naiknya nilai *jitter*, *shimmer* dan HNR serta peningkatan akurasi dalam sistem deteksi dari 18% menjadi 88.75 %

Saran

Adapun saran untuk mengembangkan tugas akhir ini adalah

1. Percobaan pada tugas akhir ini terbatas hanya pada white gaussian noise, untuk kedepannya dapat menggunakan colored noise dalam simulasi.
2. Penentuan metode ICA yang lain, seperti ICA – Refence (ICA-R) untuk melihat kualitas algoritma ICA dalam sistem reduksi noise.
3. Mencari parameter selain jitter, shimmer, dan HNR untuk meningkatkan akurasi pada sistem deteksi sehingga dapat dikembangkan untuk mendeteksi jenis kelainan pada pita suara.

Daftar Pustaka

1. Kusumaningrum, H. B. D., t.thn. Penerapan Metode Sinusoidal Modelling Ana Synthesis untuk Perbaikan Sinyal Suara pada Komunikasi Nirkabel, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh, November.
2. Setiawan, Indra Budi, Aplikasi Noise Reduction untuk Perbaikan Kualitas Suara pada Data Audio Menggunakan Algoritma FastICA, Jurnal Teknologi Informasi Vol.8 No.2, Agustus 2011.
3. Kurniawan Agus, Reduksi Noise pada Sinyal Suara Menggunakan Transformasi Wavelet, Mei 2002, Universitas Diponegoro, Semarang : Indonesia
4. Gunawan, D., 2012. Pengolahan Sinyal Digital dengan Pemrograman MATLAB. Pertama penyunt. Yogyakarta: Graha Ilmu.
5. Noor Maulida Masitha, Dr.Ir. Achmad Affandi, DEAIr. Djoko Suprajitno Rahardjo, MT. Rancang Bangun Reminder Kredit Perbankan Berbasis IVR pada VoIP Server. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Puspasari Ratih, Analisa dan Perancangan Aplikasi Bantu Perbaikan Signal to Noise Ratio (SNR) dengan Metode Flat-Top-Sampling, Desember, 2009
7. Hyvarinen, Aapo; Oja, Erkki. Independent Component Analysis Algorithms and Applications. Helsinki University of Technology, 2000. Finland
8. Teixeira, Joalo Paulo; Oliveira, Carla; Loper, Carla. Vocal Acoustic Analysis – Jitter, Shimmer and HNR Parameters. Proceeding of Procedia Technology ScienceDirect, 2013. Portugal
9. Syariff, Hidayatna Achmad., Zahra A., Pemisahan Sinyal Audio Tercampur Secara Offline dengan Algoritma Independent Component Analysis, Universitas Diponegoro.
10. https://www.terasens.com/ivr_system.aspx, diakses tanggal 1 November 20

