



ANALISIS REKAMAN SUARA MENGGUNAKAN TEKNIK AUDIO FORENSIK UNTUK KEPERLUAN BARANG BUKTI DIGITAL

V.R.C.Putri[✉] Sunarno

Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Mei 2014

Disetujui Mei 2014

Dipublikasikan Juni 2014

Keywords:

Statistical Analysis, Voice Recording, Audio Forensic

Abstrak

Dalam suatu persidangan, rekaman suara dapat digunakan sebagai barang bukti digital. Alat bukti rekaman suara yang ditemukan, dapat digunakan untuk mengungkap keidentikan antara suara pada rekaman barang bukti dengan suara yang diduga sebagai pemiliknya. Untuk menentukan keidentikan antara suara *suspect* dari rekaman *Handphone* dan suara pembanding, dalam penelitian ini dilakukan uji coba analisis rekaman suara menggunakan teknik audio forensik sehingga dapat digunakan untuk keperluan barang bukti digital. Potongan dari rekaman suara dianalisis melalui parameter *pitch*, *formant* dan *spectrogram* menggunakan Analisis Statistik *Pitch*, Analisis Statistik Anova dan *LR Formant Bandwidth*, Analisis Sebaran Grafis dan Analisis *Spectrogram* pada enam suara rekaman tanpa manipulasi objek suara. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa suara *suspect* identik dengan subjek1 baik laki-laki maupun perempuan, simpulan ini diambil dari kelima hasil yang digunakan menunjukkan keidentikan suara *suspect* dengan suara subjek1. Dapat disimpulkan bahwa teknik audio forensik dapat menunjukkan secara ilmiah kepemilikan suara pada rekaman, sehingga layak digunakan dalam menganalisis rekaman suara untuk menentukan kepemilikan suara sebagai barang bukti digital.

Abstract

In a court, a voice recording can be used as digital evidence. Evidence of voice recordings that founded, may be used to reveal the identical between voice evidence with voice by the alleged owner. To determine the identical between suspect voice from Handphone and voice recordings comparison, in this research conducted trials analysis voice recording using audio forensic techniques, so that can be used for digital evidence. Section of the voice recording parameters were analyzed by a pitch, formant and spectrogram using statistical analysis of pitch, ANOVA and LR Formant Bandwidth, analysis graphical distribution and analysis spectrogram on six voice recordings without sound object manipulation. The result showed that voice of subject1 identical to voice of suspect both men and women, the conclusions drawn from the five results that used indicate the identical between voice of subject1 and voice of suspect. It can be concluded that the forensic audio techniques can demonstrate ownership scientifically voice on tape, making it feasible to use in analyzing voice recordings to determine ownership of the voice as digital evidence.

PENDAHULUAN

Sejak tahun 2008, rekaman suara pembicaraan dapat diterima sebagai salah satu bukti hukum di pengadilan Indonesia (Sarwono *et al*, 2010). Dengan berkembangnya teknologi multimedia untuk menghasilkan rekaman suara, banyak ditemukan di Tempat Kejadian Perkara (TKP) barang bukti *audio recorder* (alat rekam suara) yang menghasilkan rekaman suara pembicaraan seseorang pada kasus pidana maupun perdata. Hal terpenting dalam rekaman suara sebagai barang bukti adalah mengungkap keidentikan antara suara pada rekaman barang bukti dengan suara yang diduga sebagai pemilik rekaman (Azhar, 2010).

Untuk menentukan keidentikan antara suara *suspect* dari rekaman *Handphone* dan suara pembanding, dalam penelitian ini dilakukan uji coba analisis rekaman suara menggunakan teknik audio forensik sehingga dapat digunakan untuk keperluan barang bukti digital. Teknik audio forensik sendiri sudah digunakan dan berkembang dalam kalangan praktisi forensik penegak hukum (Azhar, 2012), namun masih jarang ditemukan dalam penelitian bidang akademisi di Indonesia.

Pengantar Teori Suara

Waktu berbicara, manusia menggunakan diafragma (sekat rongga badan antara dada dan perut) untuk mengalirkan udara ke paru-paru. Kemudian, udara akan naik melalui saluran tenggorokan, lalu mengenai pita suara sehingga pita suara akan bergetar dan menghasilkan suara. Pita suara sendiri adalah jaringan otot mirip gendang yang robek separuh pada bagian tengahnya. Getaran yang diproduksi oleh pita suara akan menuju dua arah. Pertama akan mengalir melalui lubang tenggorokan kemudian keluar melalui lubang hidung, sedang yang kedua mengalir keluar dari Tenggorokan lewat mulut. Didalam mulut, gigi dan lidah menjadi filter sekaligus resonator (Rabiner dan Schafer, 1978).

Dari rekaman suara, orang-orang yang melakukan percakapan dapat diketahui identitasnya (Yudho *et al*, 2010), karena suara manusia mempunyai ciri khas tersendiri. Dalam bukunya "Digital Forensik", Azhar (2012) menyebutkan bahwa pada prinsipnya suara terdiri dari beberapa komponen yaitu, *pitch*, *Formant* dan *spectrogram*. Komponen ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik suara seseorang untuk kepentingan *voice recognition* dengan menggunakan potongan dari rekaman suara yang dianalisis melalui

parameter *pitch*, *formant* dan *spectrogram* untuk menunjukkan adanya keidentikan.

Masing-masing orang memiliki *pitch* yang khas (*habitual pitch*) yang sangat dipengaruhi oleh aspek fisiologis *larynx* manusia (Tolga *et al*, 2006). Pada kondisi pembicaraan normal, level *habitual pitch* berkisar pada 50 s/d 250 Hz untuk laki-laki dan 120 s/d 500 Hz untuk perempuan. *Formant* adalah frekuensi-frekuensi resonansi dari filter, yaitu *vocal tract* (*articulator*) yang meneruskan dan memfilter bunyi periodik dari getarnya pita suara (*vocal cord*) menjadi bunyi keluaran (*output*) berupa kata-kata yang memiliki makna. Secara umum, frekuensi-frekuensi *Formant* bersifat tidak terbatas, namun untuk identifikasi suara seseorang, paling tidak ada 3 (tiga) *Formant* yang dianalisa, yaitu *Formant* 1 (F1), *Formant* 2 (F2) dan *Formant* 3 (F3).

Spektrogram merupakan representasi spectral yang bervariasi terhadap waktu yang menunjukkan tingkat *density* (intensitas energi) spectral. Dengan kata lain *spectrogram* adalah bentuk visualisasi dari masing-masing nilai *Formant* yang dilengkapi dengan level energi yang bervariasi terhadap waktu. Level energy ini dikenal dengan istilah *Formant Bandwidth*. Nantinya pada kasus-kasus yang bersifat pemalsuan suara dengan teknik *pitch shift* atau si subyek berusaha untuk menghilangkan karakter suara aslinya, maka *Formant bandwidth* dapat digunakan untuk memetakan atau mengidentifikasi suara aslinya. Dikarenakan *spectrogram* memuat hal-hal yang bersifat detil, maka *Spectrogram* oleh beberapa ahli juga dikenal dengan istilah sidik jari suara (*voice fingerprint*). *Spectrogram* membentuk pola umum yang khas dalam pengucapan kata dan pola khusus masing-masing *Formant* dalam pengucapan suku kata, sehingga *spectrogram* juga digunakan untuk melakukan analisa identifikasi suara seseorang.

Audio Forensik

Forensik secara inti berhubungan dengan penyelamatan dan analisis barang bukti laten. Dalam hal ini, barang bukti laten dapat berbentuk banyak format, mulai dari sidik jari di jendela, DNA yang diperoleh dari noda darah sampai file-file di dalam hard disk komputer. Secara garis besar terdapat 4 tahap utama dalam Digital Forensik yaitu: pengumpulan, pengujian, analisis dan laporan. Audio merupakan bagian dari konten multimedia. Menurut Bohme (2009), berbeda dengan konsep umum dari Forensik digital, forensik pada konten multimedia berfokus pada upaya untuk analisis

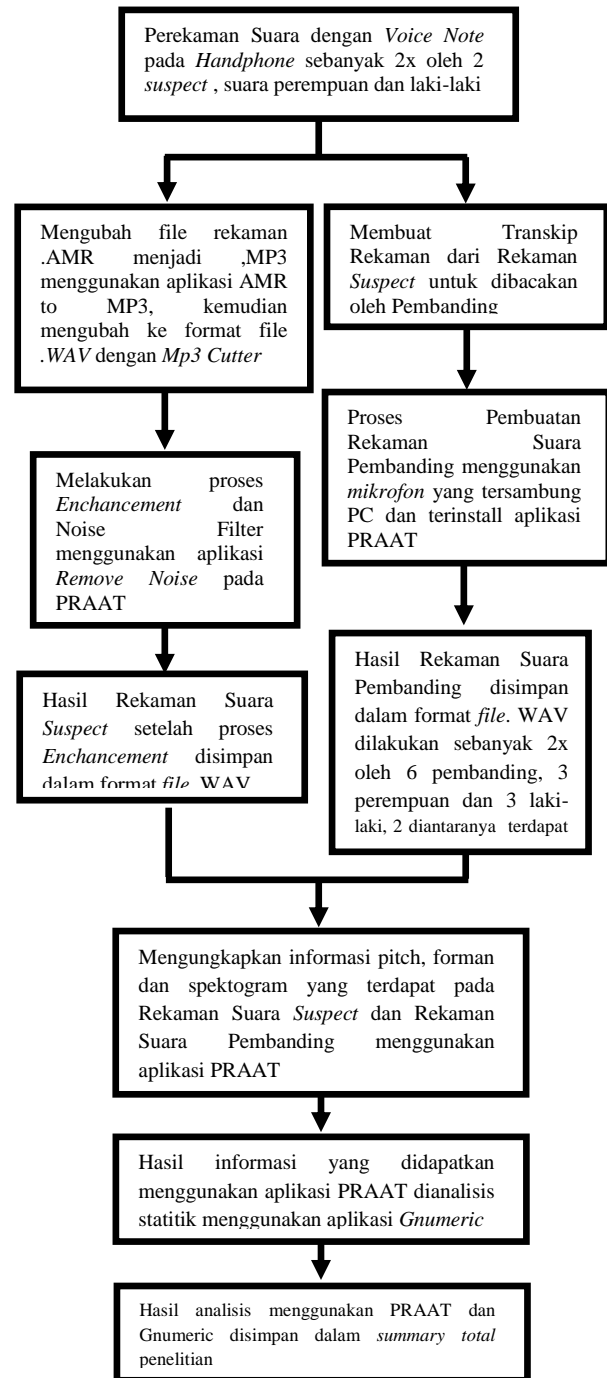
kesesuaian/keaslian dari materi konten multimedia tersebut dengan konten aslinya. Analisis Audio, Video, Image pada forensik umumnya tidak untuk menemukan barang bukti digital namun untuk menguji kesesuaian/keaslian konten pada barang bukti tersebut dengan konten aslinya.

Menurut Zabri (2006), Audio Forensik dapat didefinisikan sebagai “penggunaan audio dan penerapan ilmu pengetahuan yang terkait dengannya untuk menyelidiki dan membangun fakta-fakta di persidangan”. Pada Audio Forensik, digunakan potongan dari rekaman suara yang akan dianalisis melalui parameter *pitch*, *Formant* dan *spectrogram* untuk menunjukkan adanya kecocokan. Hasil dari pemeriksaan rekaman audio dapat digunakan sebagai barang bukti yang kuat setelah melalui beberapa proses hingga laporan siap dilampirkan untuk persidangan.

Terdapat empat langkah dasar untuk aktivitas audio forensic menurut Maher (2009), yaitu: (1) memastikan otentisitas barang bukti audio, (2) melakukan proses *enhancement* untuk meningkatkan kualitas barang bukti audio, (3) melakukan analisis dan interpretasi barang bukti (4) melengkapi dokumentasi dan prosedur agar output dapat diterima oleh penegak.

METODE PENELITIAN

Tahap perekaman suara dilakukan di Laboratorium Fisika Medik FMIPA Universitas Negeri Semarang (UNNES), sedangkan tahap analisis data rekaman suara dilakukan di Laboratorium Fisika Instrumentasi FMIPA Univesitas Negeri Semarang (UNNES). Dalam penelitian ini objek yang digunakan sebanyak 6 rekaman suara terdiri dari 3 suara perempuan, 3 suara laki-laki dan 2 diantaranya terdapat suara *suspect*.



Gambar 1. Skema Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan dua kategori alat, Perangkat Keras (*Hardware*) dan Perangkat Lunak (*Software*). Untuk perangkat keras yang digunakan adalah *Handphone* (HP) yang memiliki aplikasi perekam suara dan *Mikrofon* yang tersambung PC yang terinstall software pendukung. Sedangkan, untuk perangkat lunak yang digunakan antara lain: *Voice Note* pada *Handphone* (HP), *AMR to MP3 Converter*,

MP3 Cutter Editor, Praat 5.3.56. dan Gnumeric Spreadsheet. Secara umum skema diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Teknik audio forensik yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan *Voice Recognition*, yaitu melakukan analisis antara suara *suspect* dengan suara pembanding terhadap informasi *pitch*, *formant*, *bandwidth* dan *spectrogram* merujuk pada *Audio Forensik: Theory and Analysis* yang disusun oleh Muhammad Nur Al-Azhar (2010) dari Pusat Laboratorium Forensik Polri Bidang Fisika Dan Komputer Forensik.

Untuk menentukan apakah suara *suspect* identik dengan suara pembanding, disyaratkan menemukan minimal 20 kata yang memiliki kesamaan dari hasil analisis *pitch*, *formant*, *bandwidth* dan *spectrogram*. Ini merujuk pada "*Speaker Voice Identification: A Forensic Survey*" yang disusun oleh Koenig, B.E. dari *Federal Bureau of Investigation* (FBI) (Azhar, 2010).

Gambaran dari analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Analisis Statistik Pitch

Analisis ini dilakukan dengan melihat kalkulasi terhadap perbedaan dari nilai statistik *pitch* dari masing-masing suara *suspect* dan suara subjek. Karakter *pitch* dari masing-masing suara tersebut dibandingkan pada nilai minimum, maksimum, *mean* (rata-rata) serta standar deviasi yang dilengkapi grafik antara suara *suspect* dan suara subjek dari nilai-nilai *pitch*. Perbedaan dari nilai statistik *pitch*, serta pola sebaran yang ditunjukkan oleh grafik yang nantinya membantu dalam menentukan IDENTIK atau tidaknya rekaman jika *suspect* dan subjek (Sarwono, et al, 2010). Analisis *pitch* lebih lengkap menggunakan metode perhitungan statistik One-Way Anova sehingga perbandingan dua kelompok data *pitch* antara suara *suspect* dengan suara subjek lebih akurat (Azhar, 2012).

Analisis Statistik Formant dan Bandwidth

ANOVA (Analysis of Variance)

Analisa ini didasarkan pada analisa *One-way Anova* (*Analysis of Variances*) yang mengkalkulasi secara statistik nilai-nilai *Formant* 1, *Formant* 2, *Formant* 3, *Formant* 4 dan *Formant* 5 dari suara *Suspect* dan suara Subjek. Anova akan menunjukkan tingkat perbedaan antara 2 (dua) kelompok data pada masing-masing *formant* dari suara *suspect* dan subjek, yang ditandai dengan

perbandingan ratio F dan F *critical*, dan nilai *probability* P.

Jika nilai ratio F lebih kecil dari F *critical*, dan nilai *probability* P lebih besar dari 0.5 maka dapat disimpulkan bahwa kedua kelompok data dari nilai *formant* yang dianalisa dari suara *unknown* dan *known* tidak memiliki perbedaan (*accepted*) yang signifikan pada level 0.05. Kesimpulan ini memiliki tingkat konfidensi sebesar 95%.

Likelihood Ratio (LR)

Melalui analisis *Likelihood Ratio* (LR) dengan melihat Probabilitas P (*P- Value*) dalam menentukan nilai *formant* untuk dapat dijadikan hipotesis penuntut atau hipotesis perlawanan. Jika LR > 1, maka hal ini akan mendukung $p(E|H_p)$, sebaliknya jika LR < 1, maka $p(E|H_d)$ yang didukung. Untuk itu, haruslah nilai $p(E|H_p) > 0.5$ untuk menyimpulkan bahwa suara barang bukti (*unknown*) dan suara subjek (*known*) berasal dari orang yang sama (IDENTIK).

$$LR = \frac{p(E|H_p)}{p(E|H_d)}$$

$$p(E|H_p)$$

dengan:

adalah hipotesis tuntutan (prosecution), yaitu *known* dan *unknown* samples berasal dari orang

$$p(E|H_d)$$

yang sama

adalah hipotesis perlawanan (defense), yaitu *known* dan *unknown* samples

$$p(E|H_p)$$

berasal dari orang yang berbeda.

berasal dari p-value Anova, sedangkan

$$p(E|H_d) = 1 - p(E|H_p)$$

Besarnya nilai *ratio* LR diikuti dengan *verbal statement* untuk menjelaskan nilai LR tersebut.

Tabel 1 Verbal statement

<i>LR</i>	<i>LR (log)</i>	<i>Verbal Statement</i>	<i>Keterangan</i>
> 10,000	> 4	<i>Very strong evidence to support</i>	Mendukung
1,000 – 10,000	3 – 4	<i>Strong evidence to support</i>	
100 – 1,000	2 – 3	<i>Moderately strong evidence to support</i>	hipotesis tuntutan
10 – 100	1 – 2	<i>Moderate evidence to support</i>	$p(E H_p)$
1 – 10	0 – 1	<i>Limited evidence to support</i>	

Sumber: *Forensic Speaker Identification, Phill Rose, 2003*

<i>LR</i>	<i>LR (log)</i>	<i>Verbal Statement</i>	<i>Keterangan</i>
1 – 0.1	0 – -1	<i>Limited evidence against</i>	Mendukung
0.1 – 0.01	-1 – -2	<i>Moderate evidence against</i>	
0.01 – 0.001	-2 – -3	<i>Moderately strong evidence against</i>	hipotesis perlawanan
0.001 – 0.0001	-3 – -4	<i>Strong evidence against</i>	$p(E H_d)$
< 0.0001	> -4	<i>Very strong evidence against</i>	

Sumber: *Forensic Speaker Identification, Phill Rose, 2003*

Analisis Sebaran Grafis (*Graphical Distribution*)

Analisa ini digunakan untuk melihat dari gambaran bentuk grafis dari nilai *formant* yang menggambarkan pola distribusi yang menunjukkan sebaran terhadap nilai masing-masing *formant* yang dianalisis dengan mengoreksi dari perhitungan nilai statistik Anova berupa gambaran dalam bentuk pola-pola yang terdistribusi dalam menunjukkan ke-IDENTIKA-kan (Lucy, 2006).

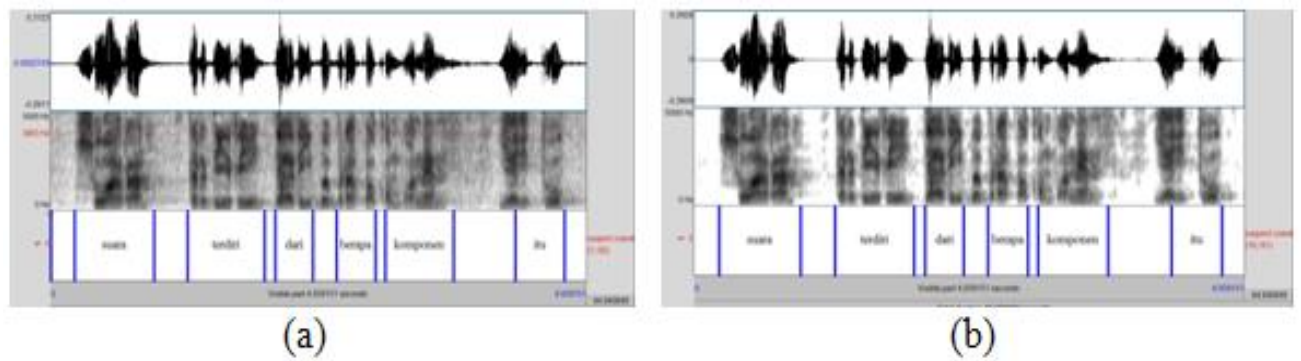
Analisis Spectrogram

Analisis ini digunakan untuk melihat pola umum yang khas diucapkan pada kata dan pola khusus yang khas pada masing-masing *formant* dan tingkatan energi suku kata yang dianalisis. Jika pola-pola khas tersebut untuk pengucapan kata-kata tertentu dari suara *suspect* dan suara subjek tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa kedua suara tersebut untuk pengucapan pada kata-kata tersebut adalah IDENTIK (memiliki kesamaan spectrogram) (Rose, 2003).

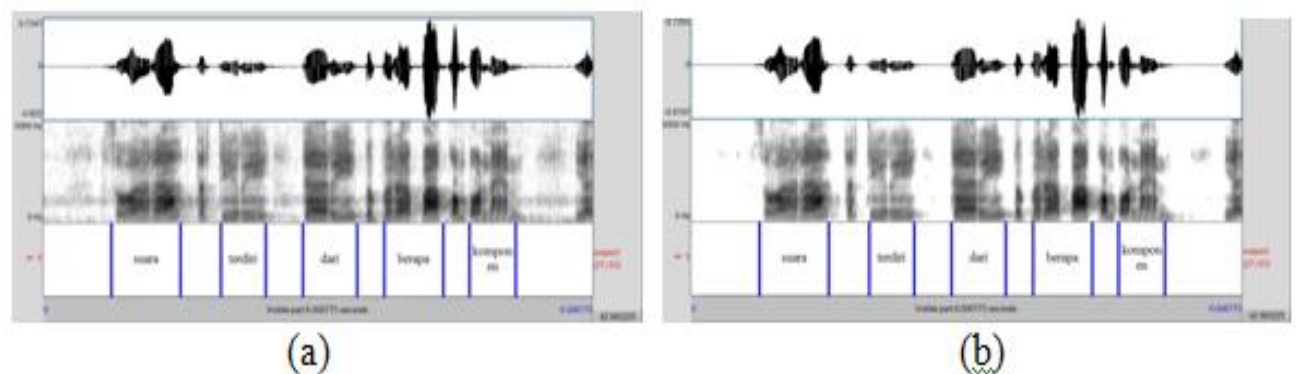
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencuplikan Suara

Identifikasi suara dengan menggunakan teknik audio forensik dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi PRAAT 5.3.56 dan pengolah data statistik *open source* Gnumeric Spreadsheet 1.10.16. Pada tahap awal, identifikasi dilakukan dengan melakukan perekaman menggunakan aplikasi *voice note* pada *Handphone* (HP). Kemudian dilanjutkan dengan menulis transkrip rekaman *suspect* yang berisi kalimat:



Gambar 1. Sinyal Suara Rekaman Suara Laki-Laki (a) Sinyal Suara Rekaman *Suspect* Sebelum diRemove Noise (b) Sinyal Suara Rekaman *Suspect* Setelah diRemove Noise



Gambar 2. Sinyal Suara Rekaman Suara Perempuan (a) Sinyal Suara Rekaman *Suspect* Sebelum diRemove Noise (b) Sinyal Suara Rekaman *Suspect* Setelah diRemove Noise

“Suara terdiri dari beberapa komponen, yaitu pitch, formant dan spektrogram. Komponen ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik suara seseorang untuk kepentingan pengenalan suara. Frekuensi getar dari pita suara sering disebut juga dengan istilah frekuensi fundamental dengan notasi F_{nol} .”

Selanjutnya, untuk menguji apakah suara dalam rekaman suara *suspect* IDENTIK atau TIDAK IDENTIK dengan suara pembandingan, dilakukan pengambilan (*sampling*) contoh suara pembandingan yang berasal dari suara *suspect* dan suara pembandingan lain dengan menggunakan fasilitas perekam pada aplikasi PRAAT. Rekaman suara pembandingan didapat setelah seseorang membaca transkrip rekaman yang telah dicatat kemudian merekamnya sebagai suara pembandingan. Dalam penelitian ini terdapat 4 file audio, yaitu *Suspect*, Subjek1, Subjek2 dan Subjek3.

Penggunaan kata *suspect* merupakan gambaran dari suara seseorang di *handphone* (HP) yang tidak diketahui identitasnya (*unknown sample*), sedangkan kata *subjek* tidak lain adalah suara pembandingan yang telah diketahui identitasnya (*known sample*).

Proses perekaman *suspect* dengan *handphone* (HP) yang dilakukan di ruang kurang kedap suara menyebabkan munculnya *noise* dalam rekaman. Agar hasil analisis yang didapat dalam proses *voice recognition* akurat, maka perlu dilakukan penghilangan *noise* dengan memanfaatkan menu *Filter “Remove Noise”* pada aplikasi PRAAT. Proses ini, juga dilakukan pada rekaman suara *subjek 1*, *subjek 2*, *subjek 3*.

Dari Gambar 1 dan 2 terlihat bahwa ada perbedaan rekaman suara sebelum dan sesudah dilakukan *remove noise*. Untuk rekaman yang telah dilakukan penghilangan *noise*, ditandai dengan perubahan warna putih sedangkan yang belum, ditandai dengan warna abu-abu yang terlihat dominan.

Analisis Data

Selanjutnya berdasarkan data-data yang telah dianalisis maka didapat rangkuman hasil analisis sebagai pada pada Tabel 2. Hasil Analisis Data Statistik.

Tabel 2 Hasil Analisis Data Statistik

(a) Suara Laki-Laki				
Metode	Input (kata)	Output (kata) suara laki-laki		
		Subjek 1	Subjek 2	Subjek 3
Analisis Statistik Pitch	27	25	12	16
Analisis Anova	27	14	11	11
Analisis <i>Likelihood Ratio</i> (LR)	27	14	11	11
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	27	24	4	10
Analisis <i>Spektrogram</i>	27	26	22	13

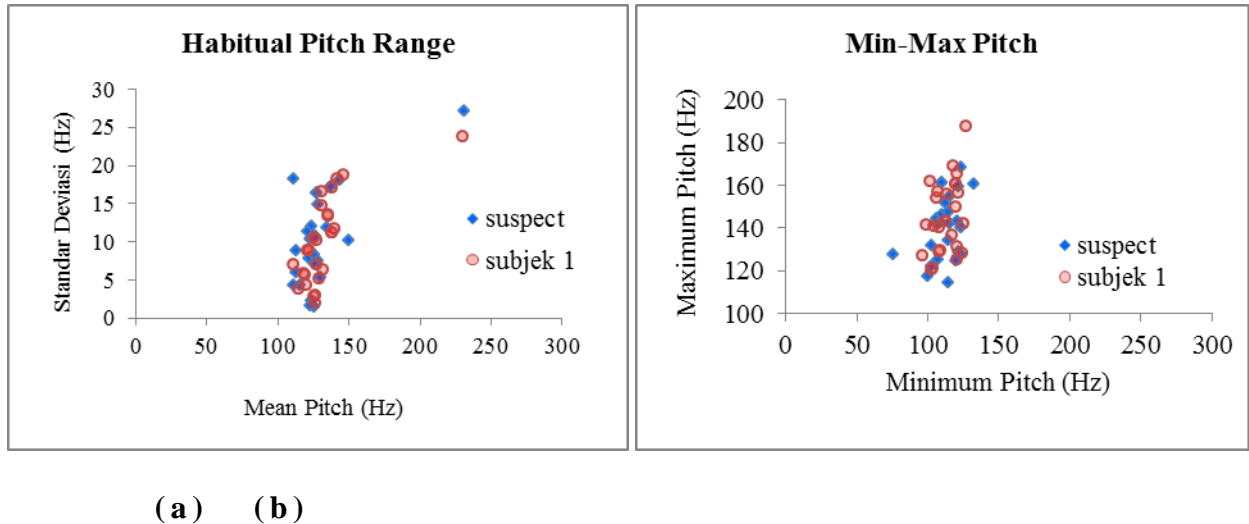
(b) Suara Perempuan				
Metode	Input (kata)	Output (kata) suara perempuan		
		Subjek 1	Subjek 2	Subjek 3
Analisis Statistik Pitch	27	25	17	8
Analisis Anova	27	13	9	6
Analisis <i>Likelihood Ratio</i> (LR)	27	13	8	7
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	27	23	23	14
Analisis <i>Spektrogram</i>	27	26	20	9

Dari hasil analisis statistik nilai *pitch* perkata untuk suara *suspect* dan subjek 1 baik laki-laki maupun perempuan, ditemukan bahwa jumlah kata yang identik lebih dari 20 kata dari 27 kata yang dianalisis, sesuai dengan yang disusun oleh *Koenig, B.E* dari *Federal Bureau of Investigation* (FBI) yang mensyaratkan minimal 20 kata memiliki kesamaan antara suara *suspect* dan suara subjek, Berdasarkan data kesamaan pola *habitual pitch* range, kesamaan pola nilai minimum dengan nilai maximum, dan pengujian nilai-nilai data *pitch* dengan analisis statistik anova, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa suara *Suspect* IDENTIK dengan suara Subjek1 untuk suara laki-laki dan suara perempuan.

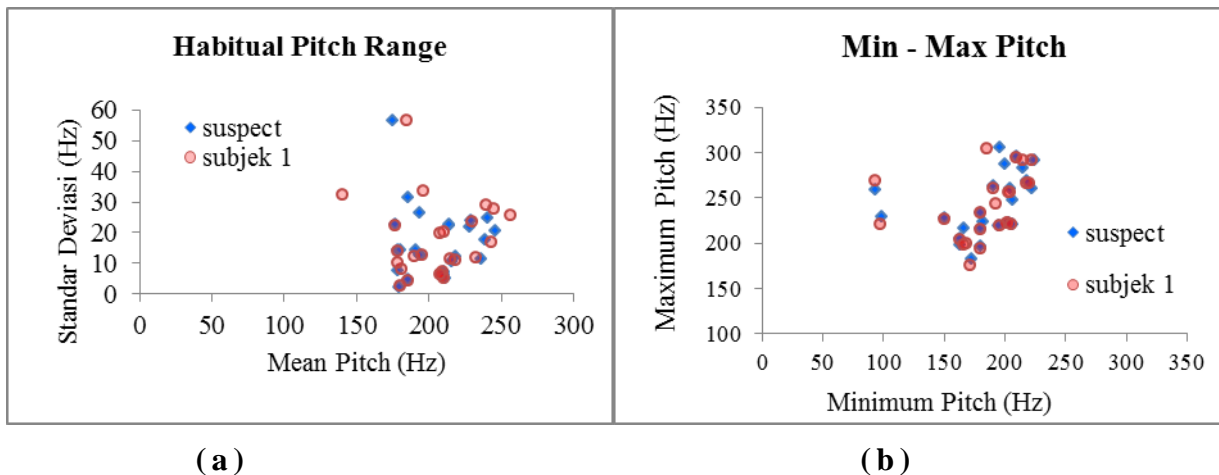
Walaupun, diantara suara subjek perempuan, dua diantaranya terdapat hubungan kekerabatan namun hal ini tidak

menunjukkan keidentikan suara berdasarkan analisis statistik *pitch*, ini karena masing-masing orang memiliki *pitch* yang khas yang sangat dipengaruhi oleh aspek fisiologis laring manusia (*Tolga et al.* 2006).

Berdasarkan grafik sebaran nilai minimum dan maximum pada Gambar 3 didapatkan nilai tingkat *habitual pitch* pada laki-laki berkisar antara 100-200 Hz dan pada Gambar 4 didapatkan nilai tingkat *habitual pitch* pada perempuan berkisar antara 150-350Hz, ini sesuai standar *habitual pitch* untuk laki-laki dan perempuan yang berkisar antara 50-250 Hz dan 120-500 Hz (*Laver, 2002*).



Gambar 3. Grafik Sebaran (a) Habitual Pitch Range (b) Minimum-Maximum Pitch untuk suara laki-laki



Nilai *pitch* sangat bergantung pada tingkat intonasi dari suara yang diucapkan, semakin rendah intonasi subjek mengucapkan suatu kata, maka semakin rendah pula nilai *pitch* dari kata yang diucapkan. Sebaliknya, semakin tinggi intonasinya, maka akan semakin tinggi pula nilai *pitch*-nya. Sering kali kondisi percakapan yang ada direkam *suspect* berbeda dengan kondisi pengambilan suara subjek. Misalnya pada rekaman *suspect* berbicara penuh semangat diatas panggung dihadapan banyak orang, namun ketika diambil sampel untuk suara pembandingan, *suspect* berbicara sangat datar dengan kondisi psikologi yang berbeda meskipun dalam melakukan rekaman bersifat pro justisia (demi hukum), walaupun begitu rekaman suara *suspect* telah ditingkatkan intensitas suaranya melalui *audio enchancement* (Bageshree *et al.*, 2012).

Dalam menarik kesimpulan Analisis Anova dibutuhkan paling tidak formant 1, 2, dan 3 menunjukkan *accapeted*, maka hal tersebut adalah cukup untuk menarik kesimpulan IDENTIK (Azhar, 2012).

Berdasarkan Tabel 2 Hasil Analisis Data Statistik, pada analisis anova menunjukkan bahwa antara suara *suspect* dengan suara subjek1 ditemukan 14 kata dari 27 kata yang dianalisis. Ini belum menunjukkan adanya keidentikan, namun berdasarkan penelitian Malik (2013) yang juga menggunakan analisis Anova untuk *Formant Bandwidth* menemukan lebih dari setengah jumlah kata yang identik dari jumlah kata yang dianalisis antara suara *suspect* dan suara pembandingan, dan disimpulkan bahwa suara *suspect* identik dengan suara pembandingan.

Pada Tabel 2 menunjukkan jumlah kata yang ditemukan antara suspect dengan subjek 1 memenuhi

setengah dari jumlah kata yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa antara suara *suspect* IDENTIK dengan subjek 1. Jumlah kata yang ditemukan pada analisis antara suara *suspect* dengan suara subjek 1 jauh lebih banyak dari hasil analisis antara suara *suspect* dengan subjek 2 dan suara *suspect* dengan suara subjek 3, dapat disimpulkan pula antara suara *suspect* TIDAK IDENTIK dengan suara subjek 2 dan suara subjek 3, karena jumlah kata yang ditemukan kurang dari setengah jumlah kata yang dianalisis.

Analisis Sebaran Grafis (*Graphical Distribution*) ini menggambarkan bentuk grafis pola penyebaran masing-masing nilai *Formant* per kata guna melihat tingkat perbedaan distribusi nilai *Formant* dari suara *suspect* dan suara subjek. Analisis ini dibuat dalam bentuk perbandingan F1 vs F2 dan F2 vs F3. Pola-pola khas menunjukkan 23 dan 24 kata yang memiliki sebaran berada pada kelompok yang sama IDENTIK untuk subjek 1 dengan suara *suspect*.

Analisis spektrogram menunjukkan pola umum yang khas pada kata yang diucapkan dan pola khusus yang khas pada masing-masing *Formant* suku kata yang dianalisis. Karena spektrogram mampu menampilkan pola-pola yang khas dari formant dan *Bandwidth* pada pengucapan kata yang mana pola-pola tidak terpengaruh dengan tinggi rendahnya frekuensi resonansi tiap formant ketika pengucapan kata-kata, maka sebagian ahli menyatakan bahwa spektrogram merupakan sidik jari suara (*voice fingerprint*). Meski demikian ada juga ahli yang tidak sependapat dengan pernyataan tersebut. Mereka beragustmentasi bahwa spektrogram untuk pengucapan kata yang sama namun berasal dari dua orang yang berbeda akan menghasilkan pola khas spektrogram yang sama. Untuk itu, spektrogram bukanlah satu-satunya komponen suara yang dianalisis. Harus juga ada analisis terhadap komponen suara yang lain terhadap *pitch* dan *Formant* berbasis Anova dan Likelihood Ratio (LR) (Azhar, 2010).

Summary Total

Hasil analisis statistik suara laki-laki pada Tabel 2a menunjukkan bahwa dari kelima metode analisis yang diterapkan, antara suara *suspect* dengan suara subjek1 semua metode menunjukkan hasil identik, antara suara *suspect* dengan suara subjek2 hanya identik pada analisis spektrogram, dan antara suara *suspect* dengan suara subjek3 tidak ada metode yang menunjukkan hasil identik. Dari hasil analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa suara *suspect* IDENTIK dengan suara subjek1 dan TIDAK IDENTIK dengan suara subjek2 atau suara subjek3.

Hasil analisis statistik suara perempuan pada Tabel 2b menunjukkan bahwa dari kelima metode analisis yang diterapkan, antara suara *suspect* dengan suara subjek1 semua metode menunjukkan hasil identik, dari hasil analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa suara *suspect* IDENTIK dengan suara subjek1

KESIMPULAN

Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa suara subjek1 IDENTIK dengan suara *suspect*, sedangkan untuk suara subjek2 dan subjek3 dinyatakan TIDAK IDENTIK dengan suara *suspect* baik pada uji coba suara laki-laki dan suara perempuan. Hal ini berdasarkan pada hasil analisis yang digunakan baik Analisis *Pitch*, Analisis Anova *Formant* dan *Bandwidth*, Analisis LR *Formant* dan *Bandwidth*, Analisis *Graphical Distribution*, dan Analisis *Spectrogram*, yang menunjukkan keidentikan suara *suspect* dengan subjek1. Analisis rekaman suara menggunakan teknik audio forensik dalam penelitian ini dapat menunjukkan secara ilmiah kepemilikan suara pada rekaman, sehingga teknik audio forensik layak untuk digunakan dalam menganalisis rekaman suara untuk menentukan kepemilikan suara sebagai barang bukti digital.

Saran

1. Untuk lebih melihat keakuratan dari teknik audio forensik, dapat ditambah sebanyak-banyaknya *sample* yang dianalisis.
2. Selain itu penelitian juga dapat difokuskan pada pendalaman teknik audio forensik pada kasus manipulasi objek suara.
3. Salah satu tantangan lain adalah menerapkan konsep *blind detection* pada teknik audio forensik.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, M.N. 2010. *Audio Forensic: Theory and Analysis*. Pusat Laboratorium Forensik Polri Bidang Fisika Dan Komputer Forensik.
- Azhar, M.N. 2012. *Digital Forensic "Panduan Praktis Investigasi Komputer:Audio Forensic"*. Jakarta: Salemba Infotek.
- Bageshree V., P. Sathe & R. Panat. 2012. Extraction of Pith and *Formants* and its Analysis to indetify 3 different emotional states of a

- person. *IJCSI International Journal of Computer Science*. Vol. 9, Issue 4, No. 1, July
- Bohme, R., F.C. Freiling & T. Gloe. 2009. Multimedia Forensic is not Computer Forensic. *Netherlands: International Workshop on Computational Forensic (IWCF) 3rd*.
- Koenig, B. E. (1986). *Spectrographic Voice Identification: A Forensic Survey*. Federal Bureau of Investigation.
- Laver, J. 2002. *Principle of Phonetics*. United Kingdom: University Press, Cambridge.
- Lucy, D. 2006. *Introduction to Statistics for Forensic Scientists*. British: Wiley.
- Maher R. C. 2009. Audio Forensic Examination : Authenticity, Enhancement, And Interpretation. *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 84.
- Rabiner, L.R. & W.S. Schafer. 1978. *Digital Processing of Speech Signal*. New Jersey: Pentice-Hall.
- Rose, P. 2003. *Forensic Speaker Identification*. Taylor & Francis Forensic Science Series.
- Sarwono, J., M.I. Mandasari, & Suprijanto. 2010. Forensic Speaker Identification: an experience in Indonesians court. *Proceedings of 20th International Congres on Acoustics, ICA*. 23-27 August. Sydney, Australia.
- Tolga K., C. Burcu, T. Taskin & O. Ziya. 2006. Effects Of Tonsillectomy On Acoustic Parameters. *The Internet Journal of Otorhinolaryngology*. Volume 6 Number 2.
- Yudho, T.D., A. Hidayanto & R. Isnanto. 2010. *Aplikasi Pencirian Dengan Transformasi Wavelet Untuk Pengenalan Pengucap Tak Bebas Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan*. Skripsi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Zabri, M.A. 2006. Introduction to Audio Forensics. *Presented at the 8th Mycert Sig*. 24 Juny.