

Teknik Audio Forensik Menggunakan Metode Analisis *Formant Bandwidth, Pitch* dan Analisis *Likelihood Ratio*

Bara Sura Deva¹, Is Mardianto²

Jurusan Teknik Informatika, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

bara06412020@std.trisakti.ac.id

mardianto@trisakti.ac.id

Diterima 23 Oktober 2018

Disetujui 21 Desember 2018

Abstract— Audio forensics is a branch of digital forensic science with a scientific method of data analysis process used to investigate and build facts in the trial. Voice subject can show the identity of someone through voice identification method with data comparison technique. If the result is identical with the voice of the perpetrator then the evidence of the sound recording can be used as a tool of law enforcement in court. Comparison of voice data, performed through statistical analysis of pitch, formant, bandwidth, spectrogram and likelihood ratio to obtain quantitative data and visual data from the investigated subject matter. Forensic audio in this research uses two main methods to analyse the authenticity of sound proof recordings, namely the method of formant bandwidth analysis and likelihood ratio analysis method. Formant bandwidth analysis using the Anova method. In addition to using the Anova method, an analysis using the likelihood ratio method was performed to determine the score of the sound recording. The use of this analysis is a method that can assist in determining whether or not a record of evidence is identical. So that can be a benchmark accuracy of formant bandwidth analysis that has a truth level of 95%.

Index term — Audio forensik, Voice Identification, Formant, Bandwidth

I. PENDAHULUAN

Penelitian bertujuan menguji teknik identifikasi suara dengan metode *formant bandwidth, pitch* dan *likelihood ratio* menghasilkan kecocokan suara yang signifikan. Metode identifikasi suara dapat menjadi referensi bahan penelitian yang masih terbatas. Audio forensik merupakan cabang ilmu digital forensik yang saat ini berkembang di Indonesia. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat mengembangkan audio forensik di Indonesia. Audio forensik dapat menjadi salah satu alat untuk membantu penegakan hukum, karena audio forensik dapat membantu mengidentifikasi subyek data suara sehingga dapat digunakan sebagai alat bukti di muka persidangan.

II. TEORI DASAR

A. Audio Forensik

Audio forensik dapat didefinisikan sebagai penggunaan audio dan penerapan ilmu pengetahuan yang terkait untuk menyelidiki dan membangun fakta – fakta di persidangan [6]. Bukti dari rekaman suara dapat menunjukkan identitas dari subyek dengan menggunakan *voice identification* [8].

Metode *voice identification* menggunakan analisis statistik *pitch, formant, bandwidth*, dan *spectrogram*[8]. Berikut merupakan aspek utama dalam audio forensik :

- Data authentication
- Data enhancement
- Data interpretation

B. Komponen Suara

A. B1. Pitch

Masing – masing individu memiliki *pitch* yang khas dan sangat dipengaruhi oleh aspek fisiologis laring manusia [10]. *Pitch* merupakan tinggi rendah nada dalam suatu bunyi. Pada suara manusia, *pitch* dihasilkan oleh frekuensi getar yang disebut frekuensi dasar yang memiliki notasi 0 [11].

Pada kondisi percakapan normal, tingkat khas *pitch* pada laki- laki adalah 50-250Hz sedangkan pada wanita sekitar 120-500Hz. Analisis *pitch* dilakukan dengan menganalisa *pitch* yaitu minimum *pitch*, rata – rata *pitch*, dan maksimum *pitch*. Tetapi analisis *pitch* ini tidak berpengaruh banyak ketika kondisi suara seseorang yang berbicara pada rekaman berbeda dengan kondisi pengambilan suara pembanding [9] [11].

B. B2. Formant

Formant adalah frekuensi – frekuensi resonansi dari filter, yaitu *vocal tract (articulator)* yang meneruskan dan menyaring bunyi periodik dari getarnya pita suara menjadi bunyi output kata – kata. *Formant* merupakan suatu energi frekuensi tertinggi pada suara [10]. Frekuensi formant bersifat tidak

terbatas, tetapi untuk mengidentifikasi suara seseorang terdapat empat formant yang dianalisa yaitu :

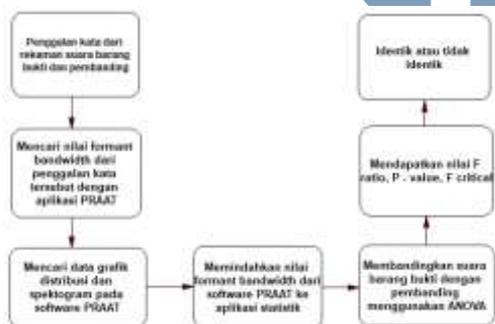
- Formant 1 (F1)
- Formant 2 (F2)
- Formant 3 (F3)
- Formant 4 (F4)[11]

C. B3. Spektrogram

Spektrogram adalah bentuk visualisasi dari masing-masing nilai formant yang dilengkapi dengan level energi yang bervariasi terhadap waktu. Istilah level energi ini disebut dengan Formant Bandwidth. Pada kasus pemalsuan suara pelaku akan mengubah suara dengan teknik *pitch shift*. Fungsi dari *formant bandwidth* inilah yang dapat mengidentifikasi suara aslinya [10]. Spektrogram juga dikenal dengan istilah *voice fingerprint* karena memiliki hal – hal yang bersifat detail di dalamnya. .

C. Metodologi

Audio forensik menggunakan dua metode analisa untuk menganalisa keaslian barang bukti rekaman suara yaitu analisa statistik *pitch*, statistik *formant bandwidth* dan metode analisa *likelihood ratio*. Pada data statistik *formant* dan *bandwidth* tersebut digunakan metode *one way* Anova untuk mendapatkan identik atau tidaknya suatu rekaman suara yang telah dipenggal per bagian kata..Berikut merupakan SOP diagram yang menggunakan metode statistik Anova.



Gambar 1. SOP diagram analisis *formant bandwidth*

D. E. Analisis Statistik Pitch

Analisis ini berdasarkan pada perhitungan statistik nilai *pitch* dari masing – masing suara barang bukti dan suara subyek perbandingan. Karakteristik *pitch* dari masing – masing suara dibandingkan melalui nilai minimum *pitch*, nilai *maximum pitch*, dan nilai *mean pitch*[14]. Jika karakteristik *pitch* dari masing – masing suara menunjukkan perbedaan yang besar, dapat disimpulkan bahwa *pitch* dari suara rekaman barang bukti dan suara perbandingan adalah berbeda[14].

Analisa Statistik	SuaraBarangBukti (Hz)	SuaraSubyek1 (Hz)
Pitch minimum	115.4152530251853 Hz	98.85551869539509
Pitch maximum	170.91868955661073 Hz	547.401023985919
Pitch quantile	151.7581539283354 Hz	111.12621906912594
Pitch mean	145.81597355408582 Hz	122.21609003576971
Pitch standard deviation	15.691835710766556 Hz	65.92459687770406

Gambar 2. Contoh statistik *pitch* [16]

Gambar 2 merupakan contoh gambar analisa statistik *pitch*. Pada tabel statistik tersebut terdapat nilai dari masing – masing suara hasil *analisa pitch*. *Pitch minimum* berarti menunjukkan nilai terkecil dari *pitch*, *pitch maximum* menunjukkan nilai terbesar dari *pitch*, *pitch quantile* untuk menunjukkan nilai tengah (*median*) dari *pitch*, *pitch mean* untuk menunjukkan nilai rata – rata *pitch*, dan *pitch standard deviation* untuk mencari nilai standar deviasi (*penyimpangan*) dari *pitch* tersebut[14].

Dalam metode analisis *pitch* ini, dapat menghasilkan kesimpulan bahwa suara barang bukti dan suara perbandingan berbeda walaupun berdasarkan subjek yang sama. Hal tersebut dikarenakan nilai *pitch* sangat bergantung pada tingkat intonasi suara yang diucapkan. Sehingga tingkat analisis statistik *pitch* kurang akurat dibandingkan analisis *formant* dan spektrogram dalam melakukan *voice identification*[14].

F. Metode Analisis ANOVA

Analysis of variances menghitung nilai – nilai formant 1, formant 2, formant 3, dan formant 4 berdasarkan statistik suara barang bukti dan suara subyek perbandingan [14]. Metode ANOVA merupakan bagian dari *spreadsheet tools* yang berguna untuk mencari nilai *probabillity* yang berasal dari dua atau lebih *sample* data yang terkategori atau dikelompokkan.

Tabel 1. Analisis Keseluruhan Formant dengan *One – Way ANOVA*

Jenis Formant	Ratio F	P value	F critical	Conclusion
Formant 1	0.98	0.55	3.98	Accepted
Formant 2	8.95	0	3.98	Rejected
Formant 3	1.39	0.24	3.98	Rejected
Formant 4	2.74	0.1	3.98	Rejected

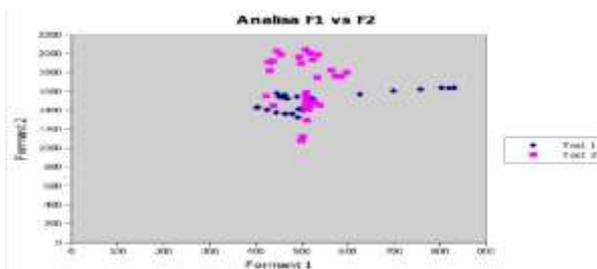
Metode Anova menunjukkan tingkat perbedaan nilai kelompok data dari masing – masing formant dari suara barang bukti dan suara subyek perbandingan yang ditandai dengan perbandingan *ratio F*, *F critical*, dan nilai probabilitas (*P – value*). Anova menggunakan tingkat signifikan 0.05 untuk nilai probabilitas yang mencapai keputusan yang benar pada setiap perbandingan tunggal adalah 0.95. Dengan demikian kesimpulan dari analisa metode ini memiliki tingkat akurasi pengenalan 95% [14][17][18].

G. Analisis Bandwidth

Analisis *bandwidth* menggunakan aplikasi *pitch shift* atau subyek berbicara dengan menggunakan intonasi suara dan aksan yang berbeda untuk suara subyek pembanding[14].

H. Analisis Graphical Distribution

Analisis ditujukan untuk menggambarkan bentuk grafis pola penyebaran atau distribusi masing – masing nilai formant guna melihat tingkat perbedaan distribusi nilai formant suara barang bukti dan suara pembanding. Jika terdapat nilai menyimpang dalam hasil analisa formant dan membuat hasil kesimpulan yang keliru maka analisis *graphical distribution* ini dapat mengoreksi kesimpulan analisa yang keliru[14].



Gambar 3. menunjukkan bahwa formant I dan formant 2 antara suara Test 1 dan Test 2 memiliki perbedaan pada tingkat penyebarannya

Pada contoh gambar analisis grafik distribusi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa nilai formant antara suara barang bukti dengan suara pembanding tidak identik dikarenakan grafis menyebar dengan lebar. Analisis ini menggunakan aplikasi *Gnumeric* untuk memetakan persebaran grafisnya.

I. Analisis Spektogram

Analisis ini menunjukkan pola umum yang khas pada kata yang diucapkan pada pola khusus yang khas pada masing – masing suku kata yang dianalisis. Spektogram memvisualisasikan suara untuk dapat di analisa. Pola pola khas tersebut termasuk dalam analisis tingkatan energi (*bandwidth*) masing – masing *formant*[14]. Jika pola – pola tersebut untuk pengucapan kata – kata tertentu dari suara barang bukti dan suara subyek pembanding tidak menunjukkan perbedaan, maka dapat disimpulkan kedua suara tersebut adalah identik.

E. K. Likelihood Ratio

Melakukan metode analisis dengan detail yang lebih dalam terhadap analisis statistik *formant* dan *bandwidth* yaitu dengan menggunakan metode analisis *likelihood ratio* (LR) atau rasio kemiripan[14]. Rumus *likelihood ratio* adalah sebagai berikut [13][15]

$$LR = \frac{p(E/H_p)}{p(E/H_d)} \quad (1)$$

$p(E/H_p)$ merupakan hipotesis tuntutan suara rekaman barang bukti dan suara subyek pembanding

dari orang yang sama. $p(E/H_d)$ merupakan hipotesis suara perlawanan yaitu suara barang bukti dan suara pembanding berasal dari orang yang berbeda. $p(E/H_p)$ berasal dari *p – value* anova, sedangkan $p(E/H_d) = 1 - p(E/H_p)$.

Tabel 2. Hasil Analisis *likelihood ratio* (LR) yang mendukung hipotesis $p(E/H_p)$

Formant Kata Saya	P – value = p(E/Hp)	p(E/Hd)	LR	Verbal statement
Formant 1	0.667888	0.332112	2.011029	VeryStrong evidence to support
Formant 2	0.000051	0.999949	0.000051	Moderately evidence to support
Formant 3	0.001159	0.998841	0.001160	Moderate evidence to support
Formant 4	0.068215	0.931785	0.073208	Strong Evidence to support
Formant 5	0.000000	1.000000	0.000000	Limited evidence to support

Jika $LR > 1$ maka mendukung $p(E/H_p)$, jika $LR < 1$ maka $p(E/H_d)$ yang didukung. Nilai $p(E/H_p) > 0.5$ untuk dapat menyimpulkan bahwa suara barang bukti dan suara pembanding identik. Analisis *likelihood ratio* ini dapat digunakan untuk memperkuat hasil analisis Anova yang diperoleh sebelumnya dikarenakan metode ini dapat menjelaskan tingkatan *likelihood ratio* yang mendukung proses penuntutan maupun hipotesis perlawanan [14][15].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas tentang cara percobaan dari analisa *sample* rekaman suara. Berikut merupakan diagram percobaannya.



Gambar 4. Diagram Percobaan

Diagram diatas menunjukkan langkah – langkah yang dilakukan untuk menganalisa suatu barang bukti rekaman suara berdasarkan penelitian penulis.

A. Analisis Formant Bandwidth

Pada metode ini, penyidik menganalisa komponen suara dari suatu rekaman barang bukti. Yang digunakan adalah mengolah nilai data dari *formant* & *bandwidth* dan dilakukan perbandingan statistik nilai *p – value* yang menggunakan *one way ANOVA*.

Kemudian menambahkan grafik terdistribusi sebagai penunjang identik atau tidaknya suatu rekaman barang bukti suara. Sebelum rekaman barang bukti dan pembandingan dianalisa, terlebih dahulu rekaman suara tersebut harus dipenggal menjadi beberapa kata. Jumlah kata yang dipenggal dari suatu rekaman suara minimal adalah 20 kata. Hal ini ditujukan untuk mencari kesamaan suara dari tiap – tiap kata.

Time (s)	Informants	F1 (Hz)	B1 (Hz)	F2 (Hz)	B2 (Hz)	F3 (Hz)	B3 (Hz)
0.125774	5	702.549	141.428	1182.822		1498.941	
0.032024	5	727.936	82.476	1028.450		1456.188	
0.036274	5	712.513	89.891	1183.595		404.006	9139.420
0.046524	5	742.242	84.659	1299.799		435.674	2668.739
0.050774	5	763.741	79.314	1181.062		4997.477	
0.057024	5	767.082	67.195	1375.727		304.722	1806.980
0.063274	5	764.834	86.901	1341.472		276.089	2031.078
0.069524	5	755.202	50.830	1346.711		229.248	2512.854
0.075774	5	743.438	88.762	1324.402		236.880	2653.847
0.082024	5	737.143	60.151	1322.789		338.490	2609.374
0.088274	5	728.746	67.469	1343.853		443.459	2775.447
0.094524	5	705.512	68.911	1355.838		342.256	2905.812
0.100774	5	702.292	67.207	1381.859		951.688	2917.641
0.107024	5	702.114	61.026	1517.909		1213.402	
0.113274	5	681.349	70.156	1818.846		1213.306	
0.119524	5	679.579	106.593	1637.604		3100.760	
0.125774	4	644.313	145.042	2149.154		321.595	3051.676
0.132024	5	578.194	148.227	2115.683		120.840	3041.238
0.138274	5	556.434	89.592	2119.630		73.007	3041.061
0.144524	5	537.766	86.432	2152.307		55.245	3190.136
0.150774	5	546.312	113.893	2193.941		86.983	2700.713
0.157024	5	521.746	113.065	2201.186		55.793	2786.039

Gambar 5. Tabulasi *formant* dan nilai – nilai *bandwidth*

Nilai – nilai *formant* ini berguna sebagai bahan analisa statistik dengan menggunakan teknik analisa *one way ANOVA*.

Time (s)	Informants	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)	F4 (Hz)	F5 (Hz)	F6 (Hz)	F7 (Hz)	F8 (Hz)
0.025774	4	701.444	141.418	1192.814	1498.941	239.676	703.817	3407.018	120.215
0.032024	4	727.936	82.476	1003.612	1498.941	1552.5	2342.960	3706.114	512.527
0.036274	5	711.811	89.891	1181.819	889.816	1131.62	2718.889	1989.818	996.268
0.046524	5	742.242	84.659	1299.799	425.674	2863.729	542.235	2522.412	415.286
0.050774	5	763.741	79.314	1181.062	1131.62	2718.889	1989.818	996.268	996.268
0.057024	5	767.082	67.195	1375.727	378.658	2011.875	1303.911	5378.703	331.172
0.063274	5	764.834	86.901	1341.472	229.248	2512.854	1988.281	3767.412	502.818
0.069524	5	755.202	50.830	1346.711	229.248	2512.854	1988.281	3767.412	502.818
0.075774	5	743.438	88.762	1324.402	236.880	2653.847	1988.281	3767.412	502.818
0.082024	5	737.143	60.151	1322.789	338.490	2609.374	1988.281	3767.412	502.818
0.088274	5	728.746	67.469	1343.853	443.459	2775.447	1988.281	3767.412	502.818
0.094524	5	705.512	68.911	1355.838	342.256	2905.812	1988.281	3767.412	502.818
0.100774	5	702.292	67.207	1381.859	951.688	2917.641	1988.281	3767.412	502.818
0.107024	5	702.114	61.026	1517.909	1213.402		1988.281	3767.412	502.818
0.113274	5	681.349	70.156	1818.846	1213.306		1988.281	3767.412	502.818
0.119524	5	679.579	106.593	1637.604	3100.760		1988.281	3767.412	502.818
0.125774	4	644.313	145.042	2149.154	321.595	3051.676	1988.281	3767.412	502.818
0.132024	5	578.194	148.227	2115.683	120.840	3041.238	1988.281	3767.412	502.818
0.138274	5	556.434	89.592	2119.630	73.007	3041.061	1988.281	3767.412	502.818
0.144524	5	537.766	86.432	2152.307	55.245	3190.136	1988.281	3767.412	502.818
0.150774	5	546.312	113.893	2193.941	86.983	2700.713	1988.281	3767.412	502.818
0.157024	5	521.746	113.065	2201.186	55.793	2786.039	1988.281	3767.412	502.818

Gambar 6. Nilai *formant* dan *bandwidth*

Nilai *formant* dan *bandwidth* yang dihasilkan tersebut terdiri dari nilai rekaman suara barang bukti dan pembandingan yang setelahnya dianalisa menggunakan teknik ANOVA. Setelah dilakukan analisa, akan muncul nilai *f*, *f critical*, dan *p – value*.

	S	O	P	Q	R	S	T
F1							
Anova: Single Factor							
SUMMARY							
Group	Count	Sum	Average	Variance			
Column 1	90	24279018	270.211	923212223	24515634874399		
Column 2	122	8782956	71984.8024590	583765891.4272			
ANOVA							
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F critical	F output
Between Groups	68748538128.795	1	68748538128.795	11.3281196838119	1.8799752116449E-095	3.89363998112119	
Within Groups	6247952797476.13	181	34519076257.467				
Total	6316498130604.93	181					
F2							
Anova: Single Factor							
SUMMARY							
Group	Count	Sum	Average	Variance			
Column 1	90	24289132	269.89133	1597618.7	22046325785.23		
Column 2	122	18636476	15273.4222951	129498427165.445			
ANOVA							
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F critical	F output
Between Groups	5381899888.7576	1	5381899888.7576	11.3281196838119	1.8799752116449E-095	3.89363998112119	
Within Groups	481900499543.011	181	2662433699.132				
Total	4872894984321.77	181					

Gambar 7. Hasil ANOVA nilai *F*, *F critical*, & *P – value*

Pada gambar 9 terlihat nilai ANOVA dari *F1(formant 1)* dan *F2(formant 2)*. Cara mengetahui apakah perbandingan rekaman suara tersebut identik atau tidak adalah cukup dengan melihat *p – value*. Nilai *p – value* yang dibutuhkan harus sama atau lebih dari 0.5. Cara lainnya juga dapat melihat dari perbandingan nilai *F* dan *F critical*. Jika nilai *F* lebih kecil dari *F critical* maka dapat menunjukkan kedua kelompok data yang dibandingkan dan dianalisa menggunakan teknik ANOVA memiliki kesamaan. Untuk menarik kesimpulan Analisis ANOVA *formant* cukup melihat pada nilai *F1* dan *F2*, karena pada 2 nilai frekuensi *formant* tersebut terdapat frekuensi suara pembicara yang lebih jelas. Untuk nilai *bandwidth* hanya digunakan sebagai penunjang jika subjek suara pembandingan memberikan suara intonasi yang berbeda.

F. Analisis Spektrogram

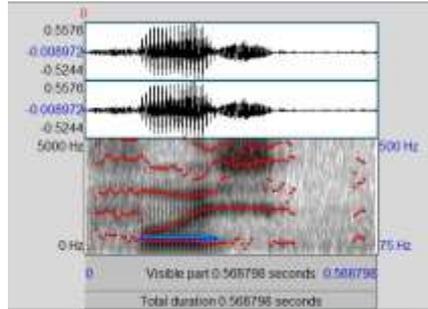
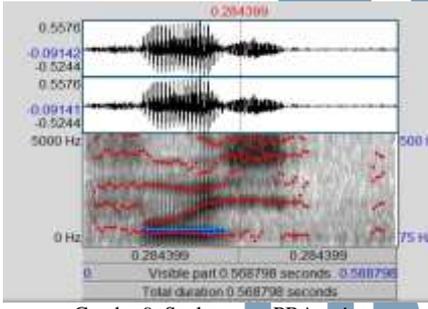
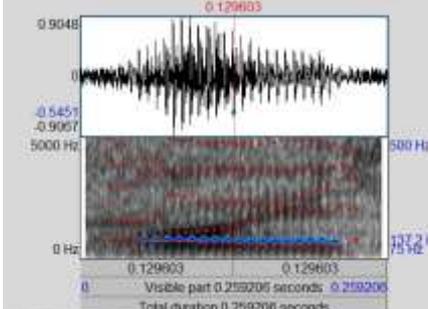
Dari hasil analisis ini akan kita lihat pola energi atau *formant bandwidth* suatu rekaman suara. Karena *formant bandwidth* dapat menentukan kejelasan suara, semakin kecil *bandwidth* – nya semakin jelas suaranya[10]. Kualitas *microphone* pada perekam suara dapat mempengaruhi nilai frekuensi suara. Semakin baik kualitasnya maka nilai frekuensi yang akan dianalisa akan semakin mudah. Pola energi suara atau *bandwidth* yang tercatat pada spektrogram juga akan semakin jelas[1].

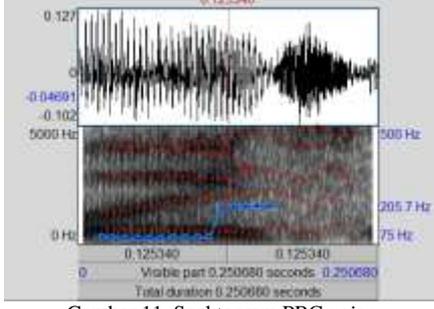
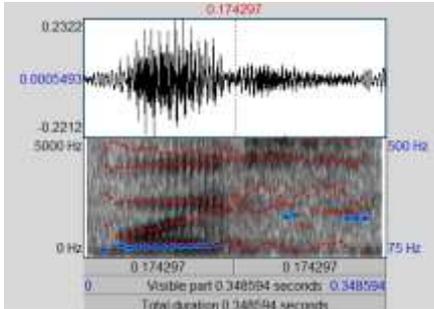
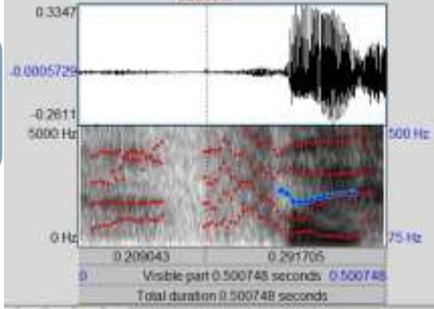
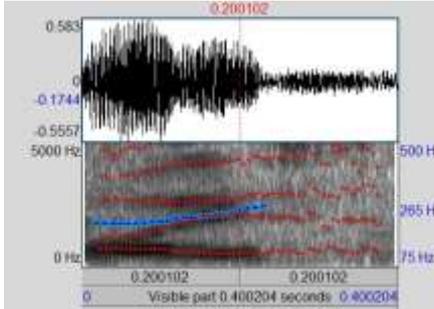
G. Hasil Analisis

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis rekaman suara menggunakan analisis *pitch* dan *formant bandwidth* menggunakan metode ANOVA. Pada tabel III, penggalan kata yang dianalisa adalah kata: *voice* yang memiliki nilai *F1* sebesar 0.9 dan *F2* 0.8. Penggalan kata tersebut diambil dari 6 *sample* suara. Pada spektrogram subyek pembandingan *voice A* dapat disimpulkan bahwa *sample* tersebut identik dengan spektrogram barang bukti karena memiliki pola energi yang relatif sama dibandingkan dengan spektrogram *sample* suara subyek pembandingan yang lain. Lalu pada

nilai statistik *pitch sample voice* A memiliki selisih yang sedikit antara nilai minimum, *maximum*, dan *mean pitch*. Kemudian ditunjang dengan data grafik distribusi dimana titik – titiknya saling berdekatan dan bertindihan sehingga berdasarkan analisis *formant bandwidth* kata tersebut dinyatakan identik.

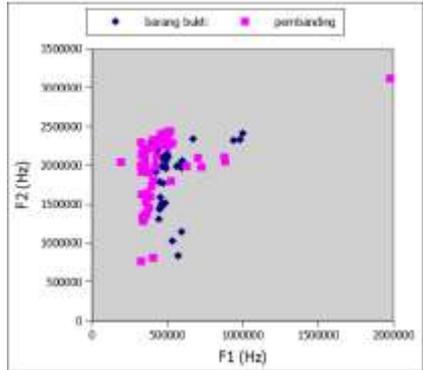
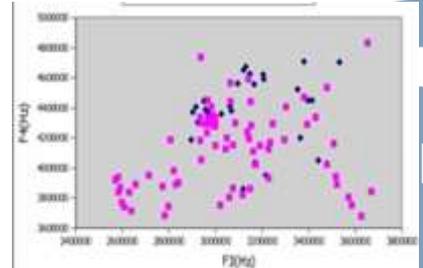
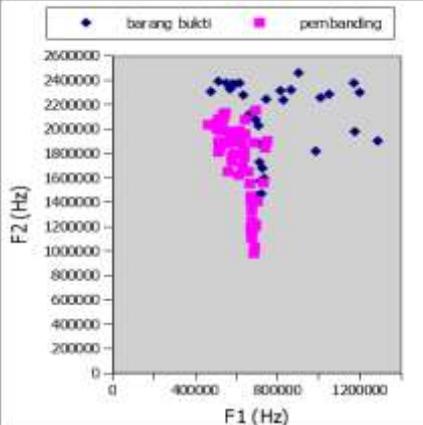
Tabel 3. Hasil analisis *spektrogram dan nilai pitch*

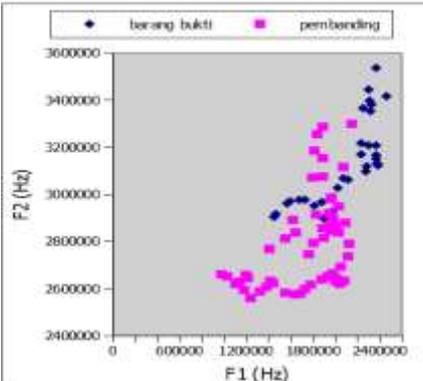
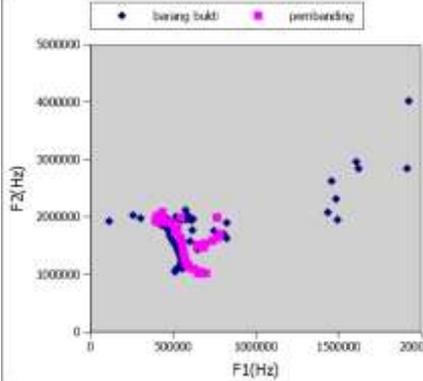
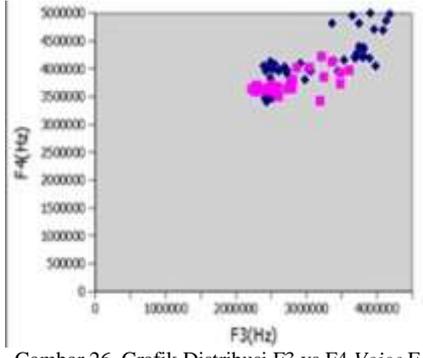
Nilai Statistik Pitch	A. Gambar Spektrogram
F0 BB Min : 112.38 Hz Max : 118.48 Hz Mean : 117.32 Hz	 <p>Gambar 8. Spektrogram BB voice</p>
F0 PBA Min : 129.14 Hz Max : 131.65 Hz Mean : 130 Hz	 <p>Gambar 9. Spektrogram PBA voice</p>
F0 PBB Min : 134.34 Hz Max : 142.10 Hz Mean : 138.41 Hz	 <p>Gambar 10. Spektrogram PBB voice</p>
F0 PBC Min : 96.9 Hz Max : 211.46 Hz Mean : 134.67 Hz	

Nilai Statistik Pitch	A. Gambar Spektrogram
F0 PBD Min : 96.9 Hz Max : 221.9 Hz Mean : 140.2 Hz	 <p>Gambar 11. Spektrogram PBD voice</p>
F0 PBE Min : 229.41 Hz Max : 270.5 Hz Mean : 249.8 Hz	 <p>Gambar 12. Spektrogram PBE voice</p>
F0 PBF Min : 221.19 Hz Max : 283.02 Hz Mean : 241.09 Hz	 <p>Gambar 13. Spektrogram PBF voice</p>
Nilai Formant Bandwidth ANOVA	 <p>Gambar 14. Spektrogram PBC voice</p>

Nilai Statistik Pitch	A. Gambar Spektrogram
	B. Gambar Grafik Terdistribusi
F1 : 0.9 F2 : 0.5	<p>Gambar 15. Grafik distribusi F1 VS F2 Kata Voice A</p>
F3 : 0.8 F4 : 0.7	<p>Gambar 16. Grafik distribusi F3 VS F4 Kata Voice A</p>
F1 : 1.4 F2 : 0	<p>Gambar 17. Grafik distribusi F1 vs F2 Kata Voice B</p>
F3 : - F4 : 0.2	

Nilai Statistik Pitch	A. Gambar Spektrogram
F1 : 0.1 F2 : 0.8	<p>Gambar 18. Grafik distribusi F3 vs F4 Kata Voice B</p>
F3 : - F4 : -	<p>Gambar 19. Grafik distribusi F1 vs F2 Kata Voice C</p>
F1 : 0 F2 : 7.8	<p>Gambar 20. Grafik distribusi F3 vs F4 Kata Voice C</p>
F3 : 0.2 F4 : -	

Nilai Statistik <i>Pitch</i>	A. Gambar Spektrogram
<p>F1 : 1.3 F2 : 8.6</p>	<p>"PERBANDINGAN F1 VS F2 Kata: Bandwidth</p>  <p>Gambar 21. Grafik distribusi F1 vs F2 Kata <i>Voice</i> D</p>
<p>F3 :- F4 :-</p>	 <p>Gambar 22. Grafik distribusi F3 vs F4 Kata <i>Voice</i> D</p>
<p>F1 : 0 F2 : 0 F3 :- F4 :-</p>	<p>"PERBANDINGAN F1 VS F2 Kata: <i>Voice</i></p>  <p>Gambar 23. Grafik Distribusi F1 vs F2 <i>Voice</i> E</p>

Nilai Statistik <i>Pitch</i>	A. Gambar Spektrogram
	<p>PERBANDINGAN F2 VS F3 Kata: <i>Voice</i></p>  <p>Gambar 24. Grafik Distribusi F3 vs F4 <i>Voice</i> E</p>
	<p>"PERBANDINGAN F1 VS F2 Kata: <i>Voice</i></p>  <p>Gambar 25. Grafik Distribusi F1 vs F2 <i>Voice</i> F</p>
	 <p>Gambar 26. Grafik Distribusi F3 vs F4 <i>Voice</i> F</p>

IV. SIMPULAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan 6 sample rekaman suara dengan 2 subyek suara laki – laki dan perempuan dan 1 rekaman suara yang identik dengan masing – masing gender. Variasi sample rekaman suara masih memiliki keterbatasan sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut. Analisis pengenalan suara yang digunakan untuk menentukan identik atau tidaknya *sample* barang bukti dalam audio forensik yang dilakukan penelitian ini menggunakan dua

metode utama, yaitu metode analisa *formant bandwidth* dan analisis *likelihood ratio*. Dibutuhkan penggalan kata yang banyak dari rekaman suara untuk mendapatkan nilai frekuensi komponen suara, karena semakin banyak kata yang dipenggal untuk dianalisa maka kemungkinan untuk mendapatkan nilai yang identik akan semakin besar. Tingkatan konfidensi dalam melakukan *sampling* adalah 90%, 95%, dan 99%. Secara *default* tingkat konfidensi yang digunakan pada metode Anova dan *likelihood ratio* adalah 95% dengan *error rate* sebesar 0.05 [17][18].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dittmann, Jana Universit, Otto-von-guericke Prof, Germany Katzenbeisser, Stefan Universit, Technische Prof, Germany Craver, Scott A States, United, "Statistical Patterns for Audio Forensics" Germany, 2013.
- [2] U. Analisa, S. Pada, and B. Bukti, "TEKNIK FORENSIKA AUDIO UNTUK ANALISA," March, 2017.
- [3] R. R. Huizen, N. Ketut, D. Ari, and D. P. Hostiadi, "Model Acquisisi Rekaman Suara Pebanding Di Audio Forensik," 2016.
- [4] A. Aligarh, C. Hidayanto, S. Si, and M. Kom, "Implementasi Metode Forensik dengan Menggunakan Pitch , Formant , dan Spectrogram untuk Analisis Kemiripan Suara Melalui Perekam Suara Telepon Genggam Pada Lingkungan yang Bervariasi," Jurnal Teknik ITS, vol. 5, no. 2, 2016.
- [5] "Audio Forensic History - Lets Share." [Online]. Available: <http://ilmuta.weebly.com/audio-forensic/audio-forensic-history>. [Accessed: 28-Mar-2017].
- [6] A. Rifa'i and S. Sukiswo Supeni Edi, "Unnes Physics Journal," Unnes Phys. J., vol. 2, no. 1, pp. 18–23, 2013.
- [7] "-Growing Smart With Information: Audio Forensik: Teori dan Metode Analisis." [Online]. Available: <http://hyperpost.blogspot.co.id/2016/10/audio-forensikteori-dan-metode-analisis.html>. [Accessed: 28-Mar-2017].
- [8] E. Primeau, "What is Audio Forensics?" [Online]. Available: <http://www.audioforensicexpert.com/what-is-audio-forensics/>. [Accessed: 28-Mar-2017].
- [9] E. Primeau, "Voice Identification Analysis Services." [Online]. Available: <http://www.audioforensicexpert.com/services/voice-identification-analysis-services/>. [Accessed: 28-Mar-2017].
- [10] Mehmet Mehdi Karakoc, "Visual and Auditory Analysis Methods for Speaker Recognition in Digital Forensic", 2017.
- [11] Primeau, "Audio Forensic Transcription Service." [Online]. Available: <http://www.audioforensicexpert.com/services/audio-forensic-transcription-services/>. [Accessed: 28-Mar-2017].
- [12] R. C. Maher, "Audio forensic examination," IEEE Signal Process. Mag., vol. 26, no. 2, pp. 84–94, 2009.
- [13] Mathur, Surbhi Sk, Choudhary Jm, Vyas, "Speaker Recognition System and its Forensic Implications" vol.2, 2013.
- [14] M. N. Al-Azhar, Digital Forensic : Panduan Praktis Investigasi Komputer, Digital Fo. Jakarta: Salemba Infotek, 2012.
- [15] P. S. Identification, "Speaker Identification system," pp. 1–7, 2012.
- [16] <http://docplayer.info/63560228-Perbandingan-media-rekam-suara-portable-dengan-berbagai-macam-sumber-suara-sebagai-barang-bukti-dalam-forensika-digital.html>
- [17] Montgomery, Douglas C, "Design and Analysis Eight Edition" 2013.
- [18] Murray Aitkin, Francis Brian, John Hindie, "Statistical Modelling in GLIM Second Edition" 2005.