

ANALISA MANUAL STATISTIK UNTUK IDENTIFIKASI SUARA PADA AUDIO FORENSIK

Andi Irawan¹, Yudi Prayudi² dan Bambang Sugiantoro³

^{1,2}Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang, Km 14 Sleman Yogyakarta

³Teknik informatika, UIN, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Jl, Laksana Adisucipto, Catur Tunggal, Kec. Depok, KAb Sleman, Yogyakarta

Email: andi.irawan1994@@email.com¹ prayudi.uui.ac.id², bambang.sugiantoro@uin-suka.ac.id³

Abstrak

Teknologi sering digunakan dalam kasus kriminal, hal ini dibuktikan dengan ditemukannya bukti elektronik dalam kasus kriminal seperti korupsi, penipuan, pencurian, dan lainnya. Bukti yang biasa ditemukan dalam bukti digital biasanya berupa file dalam bentuk dokumen, gambar, audio, video, dan lainnya. Untuk mendapatkan bukti-bukti ini, perlu memiliki proses analisis yang berbeda di setiap karakteristik bukti digital yang ditemukan, misalnya penemuan bukti digital dalam bentuk audio harus melalui prosedur yang sesuai dengan standart operational procedur (SOP) untuk penanganan audio forensik. Bukti yang diajukan memiliki sifat yang valid, lengkap dan jelas darimana asal usulnya sehingga dapat diterima dimuka persidangan, karena diketahui bahwa kepentingan persidangan melibatkan bukti digital memerlukan saksi ahli yang kompeten dengan bidang ilmiah. Bukti digital yang ditemukan berfungsi untuk mendukung persidangan dengan menyajikan analisis bukti yang relevan secara menyeluruh dan otentik. Proses secara umum untuk menganalisis audio forensic, diperlukan sejumlah pendekatan analisis statistik yang digunakan, diantaranya analisis statistik Pitch, formant bandwidth, likelihood Ratio (LR), Analisis Statistic Anova, Analisis Graphical Distribution, dan analisis Spectrogram.

Kata Kunci: Forensic, audio, pitch, Formant, Spectrogram

Abstract

Technology is often used in criminal cases, this is evidenced by the discovery of electronic evidence in criminal cases such as corruption, fraud, theft, and others. Evidence commonly found in digital evidence is usually in the form of files in the form of documents, images, audio, video, and others. To obtain this evidence, it is necessary to have a different analysis process in each of the characteristics of digital evidence found, for example the discovery of digital evidence in audio form must go through procedures in accordance with standard operational procedures (SOP) for handling audio forensics. The evidence presented has a valid, complete and clear nature of its origin so that it can be accepted in advance of the trial, because it is known that the interests of the trial involving digital evidence require expert witnesses who are competent with the scientific field. The digital evidence found serves to support the trial by presenting a thorough and authentic analysis of relevant evidence. The general process for analyzing audio forensics, a number of statistical analysis approaches are used, including Pitch statistical analysis, formant bandwidth, likelihood Ratio (LR), Anova Statistical Analysis, Graphical Distribution Analysis, and Spectrogram analysis.

KeyWords : Forensic, audio, pitch, Formant, Spectrogram

I. PENDAHULUAN

Penggunaan media informasi dan seiring perkembangan teknologi yang semakin canggih, baru-baru ini sering terjadi kasus tindakan kriminal yang menggunakan teknologi, sehingga ditemukan sebuah barang elektronik atau digital yang diduga didalamnya terdapat bukti atau petunjuk yang bisa membantu tim investigasi dalam proses penyelidikan. Bukti yang biasa ditemukan dalam sebuah barang bukti digital biasanya berupa file yang berbentuk dokumen, gambar, audio, video, dan lain-lain [1]. Untuk mendapatkan bukti-bukti tersebut, perlu adanya proses analisa yang berbeda-beda disetiap karakteristik bukti digital yang ditemukan, contohnya seperti bukti digital yang berbentuk audio [2].

Barang bukti digital yang ditemukan diharapkan membantu tim invesigasi untuk mengungkap tindakan kriminal. Sehingga barang bukti digital yang berupa rekaman suara menjadi barang bukti yang sah digunakan dalam persidangan berdasarkan Undang-Undang Informasi Transaksi Elektronik (UU-ITE) No 19 tahun 2016 ygn terdapat pada pasal 1 yang berbunyi “Informasi elektronik adlaj salah satu sekumpulan data elektronik, termasuk tetapi tidak terbatas pada tulisan, suara, gambar, peta, rancangan, foro, elektronik data interchange (EDI), surat elektronik (Elektronik Mail), telegram, teleks telecopy atau sejenisnya, huruf, tanda, kode, akses, symbol, atau perforasi yang telah diolah yang memiliki arti atau dapat dipahami oleh orang yang mampu memahaminya” [3], [4].

Agar barang bukti yang diajukan memiliki sifat yang valid dan dapat diterima di depan persidangan maka barang bukti tersebut harus otentik lengkap dan jelas asal usul nya, karena diketahui bahwa kepentingan persidangan yang melibatkan barang bukti digital maka perlu seorang saksi ahli yang yang kompeten dengan bidang keilmuan yang sesuai dengan barang bukti digital yang ditemukan berfungsi untuk mendukung persidangan dengan memaparkan analisis terhadap barang bukti yang relevan menyeluruh dan otentik. Semakin banyak dan seringnya proses persidangan menggunakan barang bukti digital tidak lepas dari perkembangan ilmu forensik dalam menangani barang bukti digital secara benar dan sesuai dengan prosedur, sehingga barang bukti digital tersebut dapat diterima dan memenuhi persyaratan di dalam persidangan. Para saksi ahli, dalam

hal ini pakar bidang forensik audio digital memiliki kewajiban untuk menyajikan bukti ke depan persidangan secara akurat dan objektif dari apa yang telah dilakukan [5], sehingga sebagai seorang saksi ahli harus menganalisa barang bukti digital untuk selalu mengikuti standat operasional prosedur dan metode forensik audio digital yang sesuai dengan keilmuannya.

Audio forensik dapat digunakan untuk meningkatkan kejelasan berbicara dan mengurangi kebisingan sehingga bisa membantu atau memberikan petunjuk informasi Investigasi yang penting. metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik statistik analisis yang melibatkan algoritma diantaranya Anova Sehingga bisa dimodelkan dan bisa memperkirakan jumlah gema dan kebisingan latar belakang varians dalam rekaman audio [3].

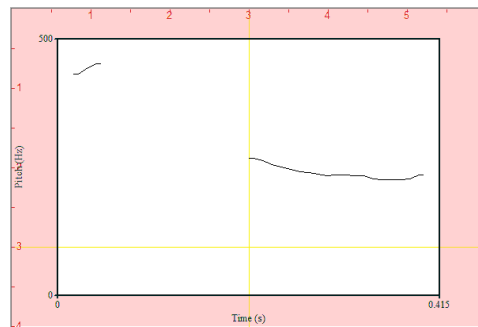
menurut wicaksono, dimasa yang akan datang, barang bukti digital berupa rekaman akan semakin meningkat, baik dari sisi jumlah maupun variasinya. Untuk itu, teknik forensika audio akan menjadi semakin penting untuk dikuasai oleh penegak hukum [6]. Sayangnya Dalam proses analisa pada audio forensic perlu adanya tahapan khusus dalam penanganan barang bukti audio, secara umum melakukan beberapa metode pendekatan analisis statistik diantaranya menggunakan parameter Analisis statistik *pitch*, *LR forman bandwith*, *Anova Statistic Analisis*, Analisa Sebaran Grafis, dan analisis *Spectrogram* [7], [8].

II. METODE

Rekaman suara dimungkinkan mengandung noise. Dalam pengertian umum, *noise* adalah suatu gangguan yang “didengar” orang lain, namun dalam istilah telekomunikasi kata *noise* juga dipakai untuk istilah gangguan yang menimbulkan kebisingan yang dapat didengar suatu sistem. *Noise* dapat terjadi dengan berbagai macam cara, misalnya rekaman suara barang bukti terdapat bocoran yang terjadi karena pada saat rekaman diperoleh tersangka berada pada lokasi dimana terdapat suara-suara yang saling bercampur. Pada prinsipnya, noise jenis ini tidak dapat dihilangkan tetapi dapat dikurangi keberadaan pada sumbernya (rekaman suara barang bukti) [2], [9]. pada prinsipnya suara terdiri dari 3 bagian diantaranya *pitch*, *formant* dan *spectrogram* yang akan digunakan untuk mengidentifikasi pola dan karakteristik suara seseorang dengan tujuan untuk kepentingan proses invesigasi. Penjelasan dari masing-masing komponen tersebut adalah sbb :

A. Pitch

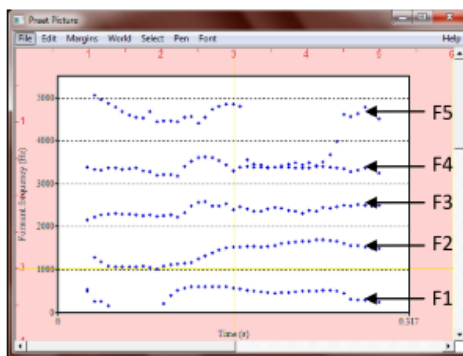
Frekuensi adalah getaran yang berasal dari pita suara dan biasa disebut dengan istilah frekuensi dasar dengan pola notasi F0. Setiap orang memiliki *pitch* atau frekuensi suara yang unik atau memiliki pola khas (*habitual pitch*) yang sangat dipengaruhi oleh pola suara manusia itu sendiri. Pada kondisi pembicaraan secara normal, Tingkatan *habitual pitch* dengan kisaran nilai 50 s/d 250 Hz untuk pria sedangkan 120 s/d 500 Hz untuk wanita. Frekuensi F0 ini selalu berubah secara konstan dan selalu memberikan informasi linguistik seseorang seperti pembeda antara intonasi dan emosi [10]. Visualisasi pitch terhadap waktu pada rekaman dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1: visualisasi pitch terhadap waktu pada rekaman suara

B. Formant dan Bandwith

Formant adalah frekuensi-frekuensi resonansi dari filter, yaitu *vocal tract* yang meneruskan dan memfilter bunyi keluaran berupa kata-kata yang memiliki makna. Secara umum, frekuensi-frekuensi formant bersifat tidak terbatas namun, untuk mengidentifikasi seseorang paling tidak ada 3 (tiga) format yang dianalisa yaitu, Formant 1 (F1), Formant 2 dan Formant 3 (F3) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: visualisasi pitch terhadap waktu pada rekaman suara

Setelah mendapatkan nilai *formant* dan *bandwidth* proses untuk memperkuat analisa adalah dengan menggunakan *Likelihood Ratio* (LR) yang dalam merupakan lanjutan dari Analisa *Anova*. Formula LR adalah sebagai berikut [10]:

$$LR = \frac{\rho(E | H_p)}{\rho(E | H_d)} \quad (1)$$

dimana :

$\rho(E | H_p)$ adalah hipotesis tuntutan (prosecution), yaitu known dan unknown samples berasal dari orang yang sama.

$\rho(E | H_d)$ adalah hipotesis perlawanan (defense), yaitu known dan unknown samples berasal dari orang yang berbeda.

$\rho(E | H_p)$ berasal dari *p-value Anova*, sedangkan $\rho(E | H_d) = 1 - \rho(E | H_p)$

Jika $LR \geq 1$, maka hal ini mendukung $\rho(E | H_p)$, sebaliknya jika $LR < 1$, maka $\rho(E | H_d)$ yang didukung. Untuk itu, haruslah nilai $\rho(E | H_p) > 0.5$ untuk dapat menyimpulkan bahwa suara barang bukti (*unknown*) dan suara pembanding (*known*) berasal dari orang yang sama (IDENTIK) [5], [10].

Besarnya ratio LR diikuti dengan *verbal statement* untuk menjelaskan nilai LR tersebut, seperti pada Tabel I dan II berikut:

Tabel I: Nilai Rasio LR $\rho(E | H_p)$

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

Tabel II: Nilai Rasio LR $\rho(E | H_d)$

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

Dari Tabel I dan II di atas, diketahui bahwa untuk mendapatkan dukungan terhadap hipotesis penuntutan (suara pembanding dan suara rekaman barang bukti berasal dari objek atau orang yang sama) haruslah $LR > 1$, di mana semakin besar nilai LR akan semakin baik dan kuat untuk *verbal statement*-nya [10].

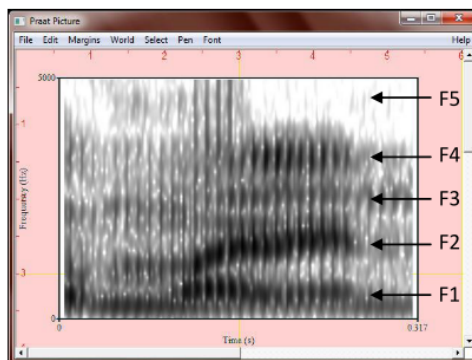
C. Graphical distribution

Graphical distribution digunakan untuk memvisualisasi suara dalam bentuk grafis tingkat penyebaran distribusi masing-masing *formant* untuk melihat tingkat perbedaan sebaran nilai formant dari subjek rekaman BB dengan rekaman suara pembanding. Analisa ini yang biasa digunakan adalah bentuk perbandingan F1 vs F2 dan F2 vs F3 dapat dikatakan tidak dalam rentang nilai kelompok yang sama [10].

D. Spectrogram

Spectrogram merupakan representasi *spectral* yang bervariasi terhadap waktu yang menunjukkan tingkat intensitas energi spectral dan membentuk pola umum yang unik atau memiliki pola yang khas dalam pengucapan kata dan pola khusus

masing-masing *formant* dalam pengucapan suku kata. Hal ini *spectrogram* juga dipergunakan untuk melakukan analisa suara seseorang dengan tujuan mengindetifikasi kemiripan suara. *Spectrogram* merupakan bentuk visualisasi dari setiap nilai *formant* yang dilengkapi dengan tingkatan energi yang bervariasi terhadap waktu. Tingkatan energi ini dikenal dengan istilah *formant bandwidth*. Nantinya pada kasus-kasus yang bersifat pemalsuan suara dengan teknik *pitch shift* atau pelaku berusaha untuk menghilangkan karakter suara aslinya, maka *formant* dan *bandwidth* dapat digunakan untuk memetakan atau mengidentifikasi suara aslinya. Jika durasi suara terlalu panjang, analisa spectrogram juga bisa digunakan untuk memilih kata yang diucapkan untuk proses analisa dan yang terpenting adalah jumlah kata yang digunakan harus berjumlah minimal 20 kata untuk proses identifikasi suara barang bukti dan suara pembanding [10].



Gambar 3: visualisasi Spectrogram dalam rekaman suara

III. HASIL

Kebutuhan data yang dibutuhkan adalah beberapa sampel rekaman suara , diantraya rekaman asli yang digunakan sebagai barang bukti dan sampel rekaman suara pembanding, dan agar bisa dipakai dalam laporan persidangan sampel rekaman harus memiliki minimal 20 kata yang identik antara rekaman suara asli atau rekaman barang bukti dan sampel rekaman suara pembanding. Sebagai contoh kata yang dianalisa pitch, formant dan spectrogram ,adalah kata “ingat ya” yang diambil dari pemotongan rekaman suara barang bukti dan rekaman suara pembanding.

Tabel III: Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic pitch subjek rekaman BB R1

<i>Subjek Rekaman Suara</i>	<i>Jumlah Kata</i>	<i>Identik</i>	<i>Tidak Identik</i>
Subjek 1	30	10	20
Subjek 2	30	25	5
Subjek 3	30	16	14
Subjek 4	30	17	13
Subjek 5	30	7	23
Subjek 6	30	15	15

Tabel IV: Hasil keseluruhan perbandingan analisis Formant subjek rekaman BB R1

<i>Subjek Rekaman Suara</i>	<i>Jumlah Kata</i>	<i>Identik</i>	<i>Tidak Identik</i>
Subjek 1	30	6	24
Subjek 2	30	28	2
Subjek 3	30	12	18
Subjek 4	30	10	20
Subjek 5	30	7	23
Subjek 6	30	15	15

Dari keseluruhan hasil analisa rekaman audio BB R1 dan rekaman suara subjek atau pembanding menggunakan pendekatan *Pitch*, *Formant*, dan *Spectrogram* dapat ditarik kesimpulan bahwa sampel rekaman yang identik atau sesuai dengan rekaman barang bukti adalah sampel rekaman subjek 2 yaitu memiliki lebih dari 20 sampel kata yang identik dengan rekaman barang bukti, sehingga subjek 2 bisa diajukan ke dalam persidangan karena mendukung hipotesis tuntutan, sedangkan subjek yang lain mendukung hipotesis perlawanan.

Tabel V: Hasil keseluruhan perbandingan analisis Graphical Distribution subjek rekaman BB R1

<i>Subjek Rekaman Suara</i>	<i>Jumlah Kata</i>	<i>Identik</i>	<i>Tidak Identik</i>
Subjek 1	30	6	24
Subjek 2	30	26	4
Subjek 3	30	10	20
Subjek 4	30	11	29
Subjek 5	30	7	23
Subjek 6	30	13	17

Tabel VI: Hasil keseluruhan perbandingan analisis Spectrogram subjek rekaman BB R1

<i>Subjek Rekaman Suara</i>	<i>Jumlah Kata</i>	<i>Identik</i>	<i>Tidak Identik</i>
Subjek 1	30	7	23
Subjek 2	30	27	3
Subjek 3	30	15	15
Subjek 4	30	10	20
Subjek 5	30	7	23
Subjek 6	30	9	21

IV. PEMBAHASAN

Proses analisa suara menggunakan kombinasi antara analisis *Pitch*, *formant* dan *spectrogram* bertujuan untuk meningkatkan akurasi dalam proses identifikasi suara. misalnya analisis *pitch* belum memperkuat proses identifikasi, maka dilakukan proses selanjutnya menggunakan analisis formant dan spectrogram. Sebagai contoh, berikut adalah nilai haril dari proses analisa *pitch*, *formant* dan *spectrogram* dari rekaman barang bukti dan rekaman suara pembanding pada kata “ingat ya”.

Tabel VII: Hasil ekstrasi nilai pitch dari rekaman barang bukti dan rekaman suara pembanding

<i>Subjek Rekaman Suara</i>	<i>Pitch Minimum</i>	<i>Pitch Maksimum</i>	<i>Pitch Quantile</i>	<i>Pitch Mean</i>	<i>Pitch Standart Deviasi</i>
Subjek Rekaman BB R1	196,3859263346	282,2422030575	217,6916655786	235,2579691653	32,6220789199
Subjek 1	202,5061044083	305,5311619623	276,4529947697	276,4529947697	39,4379046905
Subjek 2	203,1838040062	286,8124768347	273,3478564764	250,5219100793	34,8834789243
Subjek 3	176,4457942884	281,2481557980	218,2256799476	226,1996451082	39,8061637792
Subjek 4	97,1376002757	305,0958424746	230,6260713002	235,5952949935	63,7450506950
Subjek 5	130,7364507342	404,6411703580	353,2477640222	312,8663544602	75,6578227146
Subjek 6	195,5259311940	287,0249655757	255,3352284438	238,8817828067	36,3514418334

Pada Tabel VII dapat dilihat bahwa disetiap objek memiliki masing-masing jarak nilai statistik pitch yang berbeda-beda, Jika dilihat secara keseluruhan, nilai statistik yang memiliki terdekat rekaman subjek BB R1 adalah rekaman suara subjek 2, hal ini bisa disimpulkan bahwa pada kata “ingat ya” memiliki tingkat kemungkinan besar IDENTIK dengan rekaman subjek 2.

Tabel VIII: Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 1 pada kata “ingat ya”.

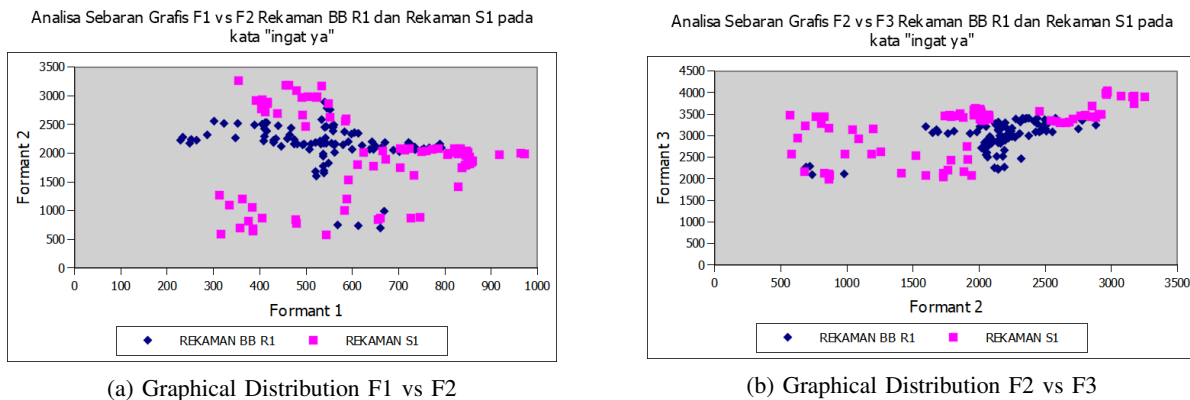
<i>Analisa Statistik Pitch</i>	<i>RI dan SI</i>			
	<i>Ratio F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F Critical</i>	<i>Conclution</i>
Formant 1	12,261401781193	0,000583119035	3,893639881120	REJECTED
Formant 2	6,462303186544	0,011861573469	3,893639881120	REJECTED
Formant 3	10,615138058263	0,001340834768	3,893639881120	REJECTED
Formant 4	38,300681833664	0,000000004024	3,893934335228	REJECTED
Formant 5	42,274622671994	0,000000017577	4,001191376755	REJECTED
Bandwith 1	3,497620974486	0,063080584127	3,893639881120	REJECTED
Bandwith 2	2,679733492584	0,103379858918	3,893639881120	REJECTED
Bandwith 3	781,519458302399	0,000000000000	3,893639881120	REJECTED
Bandwith 4	5,693021425182	0,018081880998	3,894232131290	REJECTED
Bandwith 5	31,174116875873	0,000000602405	4,001191376755	REJECTED

Pada Tabel VIII dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil analisis anova untuk formant 1,2,3,4,5 dan bandwith 1,2,3,4,5 adalah “TIDAK IDENTIK” karena pada tabel diatas semua nilai *formant* dan *bandwith* memiliki nilai *rejected*.

Tabel IX: Hasil analisis Likelihood ratio (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S1 pada kata “Ingat ya”

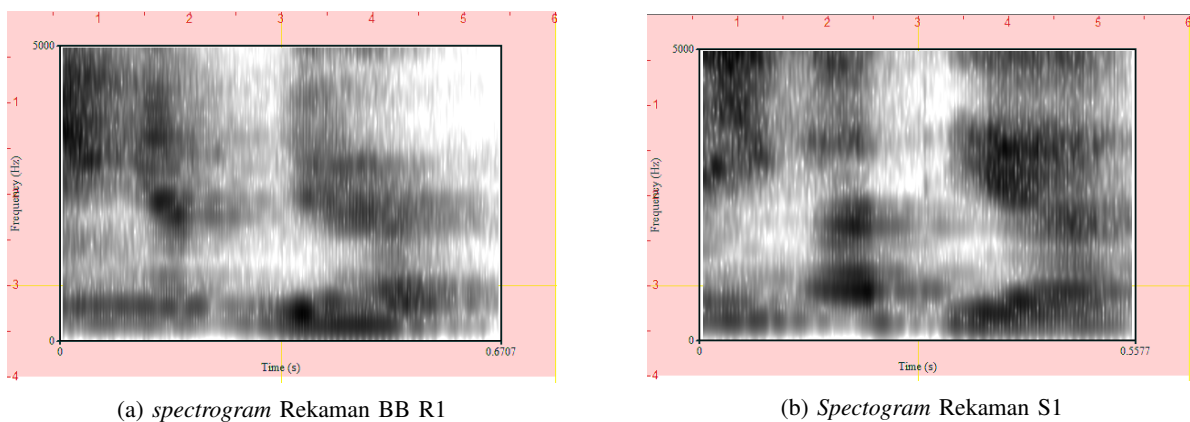
	Likelihood Ratio (LR)			Variabel Statement
	$P - Value = p(E Hp)$	$p(E Hd)$	LR	
F1	0,0005831190	0,9994168810	0,0005834593	Strong evidence against
F2	0,0118615735	0,9881384265	0,0120039593	Moderate evidence against
F3	0,0013408348	0,9986591652	0,0013426350	Moderately strong evidence against
F4	0,0000000040	0,9999999960	0,0000000040	Very strong evidence against
F5	0,0000000176	0,9999999824	0,0000000176	Very strong evidence against
B1	0,0630805841	0,9369194159	0,0673276517	Moderate evidence against
B2	0,1033798589	0,8966201411	0,1152995055	Limited evidence against
B3	0,0000000000	1,0000000000	0,0000000000	Very strong evidence against
B4	0,0180818810	0,9819181190	0,0184148562	Moderate evidence against
B5	0,0000006024	0,9999993976	0,0000006024	Very strong evidence against

Pada Tabel IX, nilai LR pada semua formant dan bandwith memiliki nilai LR₁ yang berarti bisa disimpulkan bahwa rekaman suara BB R1 dan Rekaman S1 mendukung hipotesis tuntutan.



Gambar 4: Diagram pitch terhadap jarak kelompok F1, F2, dan F3.

Pada Gambar 5a dan 5b, Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S1 pada kata “ingat ya”. Terlihat bahwa terdapat nilai formant yang keluar dari kelompoknya. sehingga sebaran grafis antara F1 vs F2 dan F2 vs F3 dapat dikatakan tidak dalam rentang nilai kelompok yang sama. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil analisis nilai formant F1, F2, dan F3 dari rekaman BB R1 dan Rekaman S1 pada kata “ingat ya” adalah “TIDAK IDENTIK”.



Gambar 5: Analisa Spectrogram Rekaman BB R1 dan Rekaman S1 pada kata “Ingat ya”

Gambar 5 di atas, terlihat bahwa suara dengan kata “ingat ya” memiliki pola yang unik terhadap nilai Formant 1, 2, 3 dan 4. Pola atau memiliki pola yang khas ini memiliki perbedaan terhadap rekaman BB R1 dan rekaman S1, sehingga hal ini dapat menyimpulkan bahwa *spectrogram* rekaman BB R1 dengan rekaman S1 untuk pengucapan suara dengan kata “ingat ya”

adalah TIDAK IDENTIK. Hasil dari keseluruhan analisis *pitch*, *formant*, dan *spectrogram* rekaman barang bukti dan rekaman suara pembanding pada kata “ingat ya”.dapat disimpulkan bahwa rekaman subjek 1 TIDAK IDENTIK dengan rekaman barang bukti.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa dalam proses identifikasi rekaman suara menggunakan analisis statistik untuk menunjang kinerja audio forensik, perlu dilakukan beberapa analisa diantaranya adalah analisis *pitch*, *formant*, dan *spectrogram*. Hal ini bertujuan agar mendapatkan akurasi yang baik dalam proses identifikasi. Hasil yang berbeda bias didapatkan dari kasus yang lain, misalnya rekaman suara yang dianalisa memiliki kualitas yang buruk atau terdapat banyak noise didalam rekaman audio tersebut. Sehingga perlu adanya prosedur lain sebelum proses analisa suara tersebut.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya bisa dilakukan prosedur untuk proses perbaikan kualitas suara sebelum melakukan analisa suara.

PUSTAKA

- [1] S. B. Practices and F. Audio, “Scientific Working Group on Digital Evidence SWGDE Best Practices for Forensic Audio SWGDE Best Practices for Forensic Audio,” vol. 2, pp. 1–28, 2016.
- [2] V. A. H. Firdaus, “Forensik audio pada rekaman suara,” Sch. Electr. Eng. Informatics Inst. Technol. Bandung Bandung, Indones., 2016.
- [3] H. Malik, “Acoustic environment identification and its applications to audio forensics,” IEEE Trans. Inf. Forensics Secur., vol. 8, no. 11, pp. 1827–1837, 2014.
- [4] M. Mansyur and R. A. P. Manurung, “ALAT BUKTI REKAMAN SUARA DALAM PEMBUKTIAN PERKARA TINDAK PIDANA KORUPSI,” J. Komun. Huk., vol. 3, no. 1, p. 105, 2017.
- [5] Fathirma’ruf, “Peran Penyidik Ahli Dan Bukti Digital Di Persidangan,” Univ. Islam Indones. Yogyakarta, 2014.
- [6] G. Wicaksono and Y. Prayudi, “Teknik Forensika Audio Untuk Analisa Suara Pada Barang Bukti Digital,” Semnas Unjani, no. June, 2013.
- [7] S. V.R.C.Putri, “Analisis Rekaman Suara Menggunakan Teknik Audio Forensik Untuk Keperluan Barang Bukti Digital,” Unnes Phys. J., vol. 2, no. 1, pp. 18–23, 2014.
- [8] R. C. Maher, “Audio forensic examination,” IEEE Signal Process. Mag., vol. 26, no. 2, pp. 84–94, 2009.
- [9] B. sugiantoro Rahmat inggi, yudi prayudi, “Penerapan System Development Life Cycle (Sdlc) Dalam pengembangan Framework Audio Forensic,” semanTIK, vol. 4, no. December, pp. 193–200, 2018.
- [10] Muhammad Nuh Al-Azhar, “Audio Forensic: Theory and Analysis,” pp. 1–38, 2011.