

Analisis Rekaman Suara Voice Changer dan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Audio Forensik

Ahmad Subki¹⁾, Bambang Sugiantoro²⁾, Yudi Prayudi³⁾

Magister Teknik Informatika, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta^{1), 3)}

Teknik Informatika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta²⁾

email : 15917102@students.uin.ac.id¹⁾, bambang.sugiantoro@uin-suka.ac.id²⁾, prayudi@uii.ac.id³⁾

Abstrak – Audio forensik merupakan penerapan ilmu pengetahuan dan metode ilmiah dalam penanganan barang bukti berupa audio demi mendukung pengungkapan berbagai kasus tindak kriminal dan mengungkap berbagai informasi yang diperlukan dalam proses persidangan. Namun, rekaman suara sangat rentan dan mudah untuk dirubah/dimanipulasi baik untuk kepentingan pribadi ataupun kelompok. Misalnya menggunakan fasilitas aplikasi perubah suara/*voice changer* yang banyak tersedia pada *google play store*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terkait tingkat kemiripan antara rekaman suara *voice changer* dengan rekaman suara asli menggunakan metode audio forensik dengan pendekatan *pitch*, *formant*, *graphical distribution* dan *spectrogram*. Dalam penelitian ini dihasilkan bahwa rekaman suara pada kasus *voice changer* dengan rekaman suara asli hanya bisa di analisis dengan pendekatan *formant*, *graphical distribution* dan *spectrogram*. Sedangkan untuk analisis *pitch* tidak dapat digunakan.

Kata kunci: *Audio forensik, Voice Changer, Rekaman Suara*

Abstrak – Audio forensik merupakan penerapan ilmu pengetahuan dan metode ilmiah dalam penanganan barang bukti berupa audio demi mendukung pengungkapan berbagai kasus tindak kriminal dan mengungkap berbagai informasi yang diperlukan dalam proses persidangan. Namun, rekaman suara sangat rentan dan mudah untuk dirubah/dimanipulasi baik untuk kepentingan pribadi ataupun kelompok. Misalnya menggunakan fasilitas aplikasi perubah suara/*voice changer* yang banyak tersedia pada *google play store*. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terkait tingkat kemiripan antara rekaman suara *voice changer* dengan rekaman suara asli menggunakan metode audio forensik dengan pendekatan *pitch*, *formant*, *graphical distribution* dan *spectrogram*. Dalam penelitian ini dihasilkan bahwa rekaman suara pada kasus *voice changer* dengan rekaman suara asli hanya bisa di analisis dengan pendekatan *formant*, *graphical distribution* dan *spectrogram*. Sedangkan untuk analisis *pitch* tidak dapat digunakan.

Kata kunci: *Audio forensik, Voice Changer, Rekaman Suara*

1. Latar Belakang

Dalam berbagai kasus yang terjadi belakangan ini, adanya barang bukti digital dapat membantu petugas dalam mengungkap suatu kasus tindak pidana. Salah satu barang bukti digital yang dapat diajukan untuk membuktikan dan membantu dalam mengungkap suatu kasus pidana adalah rekaman suara. Sehingga, dalam dunia digital forensik, rekaman suara (*audio*) bisa digunakan sebagai salah satu alat bukti, sebagaimana yang tertera dalam UU ITE No.11 tahun 2008 pada Pasal 1 mengatakan bahwa:

“Informasi Elektronik adalah satu atau sekumpulan data elektronik, termasuk tetapi tidak terbatas pada tulisan, suara, gambar, peta, rancangan, foto, *electronic data interchange* (EDI), surat elektronik (*electronic mail*), telegram, teleks, *telecopy* atau sejenisnya, huruf, tanda, angka, kode akses, simbol, atau perforasi yang telah diolah yang

memiliki arti atau dapat dipahami oleh orang yang mampu memahaminya”.

Karena itu tidak mengherankan lagi bahwa dalam beberapa kasus penegak hukum menggunakan rekaman suara (*audio*) sebagai alat bukti untuk mengungkap suatu tindak kejahatan.

Akan tetapi seperti halnya dengan barang bukti digital lainnya, rekaman suara juga sangat rentan dan mudah untuk dirubah/dimanipulasi baik untuk kepentingan pribadi ataupun kelompok. Misalnya menggunakan fasilitas aplikasi perubah suara/*voice changer* yang banyak tersedia pada *google play store*.

Voice changer merupakan proses modifikasi/merubah suara laki-laki (*male*) dengan teknik tertentu sehingga terdengar seperti suara perempuan (*female*) dan begitu juga sebaliknya Lawlor, dkk (1999). Pada praktiknya kemampuan merubah suara menjadi berbagai macam juga bisa dilakukan oleh seorang *dubber*. Kemampuan *dubber* ini adalah kemampuan alami tanpa

melibatkan suatu aplikasi perubah suara. Seiring dengan perkembangan teknologi multimedia dikenal sebuah teknik *pitch shifting* yang digunakan untuk mengubah suara manusia di bagian *timbre* dan *pitch*. Input suara manusia diolah dan dikomputasi dengan metode *pitch shifting* yaitu dengan melakukan perubahan input suara manusia (frekuensi suara) dengan memanfaatkan pergeseran *pitch* suara, sehingga *output* yang dihasilkan adalah suara manusia (frekuensi suara) yang berbeda tanpa mengubah kata yang diucapkan Anandha, (2014).

Pada penelitian sebelumnya, belum ada yang secara khusus membahas terkait rekaman suara *voice changer*/perubah suara. Maka dari itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai pedoman invetigasi audio forensik yang melibatkan rekaman suara yang telah dirubah dengan *voice changer*. Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada analisis *audio forensics* terkait kasus rekaman suara *voice changer*, sehingga dapat membantu penegak hukum dalam memecahkan kasus kejahatan yang melibatkan rekaman suara.

2. Kajian Pustaka

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya menjadi acuan dalam penelitian ini, diantaranya yaitu Analisis Rekaman Suara Menggunakan Teknik Audio Forensik Untuk Keperluan Barang Bukti Digital, Rifa'i (2013). Dalam penelitian ini teknik analisis yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu analisis statistik *pitch*, analisis statistik anova dan *likelihood ratio*, *formant bandwidth*, analisis sebaran grafis dan analisis *spectrogram* pada enam suara rekaman tanpa manipulasi objek suara. Hasil dari penelitian yang dilakukan yaitu Subjek1 IDENTIK dengan suara *suspect*, sedangkan untuk suara subjek2 dan subjek3 dinyatakan TIDAK IDENTIK. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa teknik *audio forensics* layak untuk digunakan dalam menganalisis rekaman suara untuk menentukan kepemilikan suara sebagai barang bukti digital.

Wicaksono (2013), melakukan penelitian terkait upaya proses pembuktian untuk mendukung orisinalitas audio atau kesamaan (kecocokan) sumber audio barang bukti dengan *suspect* dengan melalui pendekatan konsep *pitch*, analisis statistik *formant* dan *bandwidth*, *graphical distribution* dan *spectrogram*.

Pada penelitian yang lain dilakukan Aligarh (2016), uji forensik terhadap barang bukti suara dilakukan dengan menggunakan nilai *pitch*, *formant*, dan *spectrogram* kemudian

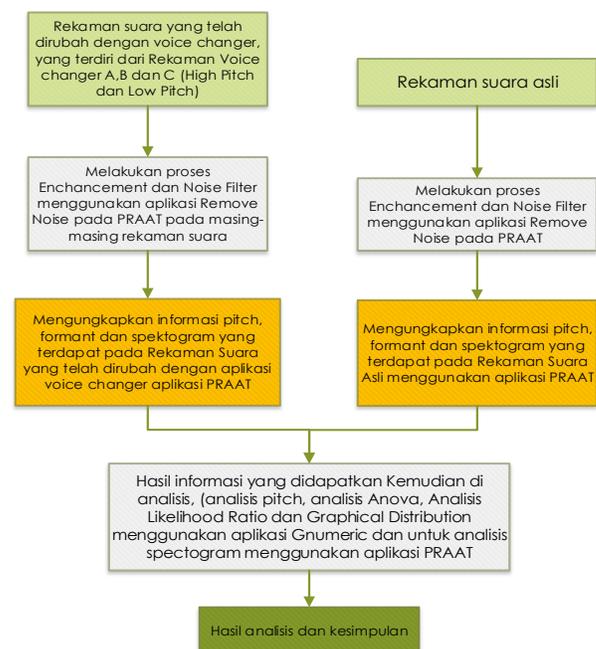
membandingkan suara barang bukti (*unknown samples*) dengan suara yang direkam sebagai pembandingan (*known samples*). Berdasarkan hasil dari analisis *codec* maka kondisi sepi dan semi-sepi yang dapat dikatakan mirip dengan pelaku. Sementara lingkungan ramai sulit sekali untuk didapatkan kemiripannya, sehingga peluang kejahatan dapat dengan mudah dilakukan pada lingkungan ini.

Huizen, dkk (2016), melakukan penelitian tentang pengaruh *sampling rate* terhadap fitur pada rekaman suara, dengan menerapkan. Hasil pengujian perekaman langsung maupun rekaman melalui telepon didapatkan bahwa karekteristik fitur untuk *sampling rate* 8 KHz, 16 KHz, dan 32 KHz jika dibandingkan 16 KHz dengan 32 KHz mempunyai fitur yang sama, sedangkan 8 KHz mempunyai fitur yang berbeda.

Dari bebarapa kajian pustaka di atas, belum pernah ada yang melakukan analisis terkait dengan rekaman suara *voice changer* menggunakan metode audio forensik. Sehingga penelitian ini diharapkan mampu menjadi pedoman dalam analisis rekaman suara khususnya yang berkaitan dengan rekaman suara *voice changer*.

3. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian Analisis Rekaman Suara *Voice Changer* Dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Audio Forensik ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Adapun penjelasan terkait dengan metode penelitian ini yaitu sebagai berikut:

3.a Rekaman Suara

Pada awal penelitian ini, terdapat 2 (dua) jenis rekaman yaitu rekaman suara asli, rekaman suara yang telah dirubah dengan *voice changer A, B* dan *C* dengan metode meninggikan dan merendahkan *pitch*. Adapun *voice changer* yang digunakan untuk merubah rekaman suara asli yaitu:

- *Voice changer A: Best voice changer version 1.3.80* dari *MeiHillMan*
- *Voice changer B: Voice changer versi 1.1.4* dari *9xgeneration*
- *Voice changer C: Voice changer version 1.0.73* dari *AndroidRock*

Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak (*software*) yaitu:

- Praat* aplikasi ini digunakan dalam pencarian informasi dari perbandingan antara rekaman suara yang telah dirubah dengan aplikasi *voice changer* dan rekaman suara asli.
- Gnumeric Spreadsheet* yang akan digunakan untuk menghitung nilai *formant* pada setiap kata yang diucapkan. Nilai tersebut akan dimasukkan kedalam *Gnumeric* untuk dihitung nilai *Anova*, *Likelihood Ratio*, dan sebaran nilai *formant*.

3.b Proses Enhancement

Pada tahapan ini dilakukan proses *enhancement* dan *noise filter* yaitu proses memperbaiki kualitas dari masing-masing rekaman suara dan membersihkan suara dari *noise* agar mendapatkan suara yang bersih sebelum melakukan analisis, hal ini bertujuan agar rekaman suara memiliki kualitas yang baik dan bersih dari *noise* yang dapat mempengaruhi hasil analisis kedepannya.

3.c Ekstrak Informasi Pitch, Formant dan Spectrogram

Sebelum melakukan tahap analisis, pada rekaman suara masing-masing suara terlebih dahulu diekstrak menjadi suku kata, sehingga pada setiap suku kata didapatkan nilai masing-masing *pitch*, *formant* dan *spectrogram*. dan nilai inilah yang kemudian dianalisis pada tahap selanjutnya.

3.d Analisis

Adapun gambaran analisis yang dilakukan dalam penelitian ini merujuk pada *Audio forensics: Theory and Analysis* yaitu Analisis Statistik *Pitch*, Analisis Statistik *Formant* dan *Bandwidth*, Analisis

Graphical Disatribution dan Analisis *Spectrogram* Al-Azhar Nuh, (2011).

1. Analisis Statistik Pitch

Analisis *pitch* dilakukan dengan cara melihat kalkulasi terhadap perbedaan nilai *pitch* dari masing-masing rekaman suara *voice changer* dan rekaman suara asli. Karakter *pitch* dari masing-masing suara dibandingkan pada nilai *pitch* minimum, nilai *pitch* maksimum dan nilai *pitch mean* (rata-rata). Dari perbedaan nilai statistik *pitch* inilah yang nantinya dapat membantu menilai tingkat kemiripan dari rekaman suara.

2. Analisis Statistik Formant dan Bandwidth

Pada tahapan analisis statistik *formant* dan *bandwidth* perlu dilakukan 2 jenis analisis, yaitu:

a. Analisis Anova

Analisis ini didasarkan pada Analisa *One-way Anova (analysis of variances)* dimana pada analisis ini mengkalkulasi nilai antara *formant 1*, *formant 2*, *formant 3* dan *formant 4* dari suara yang telah dirubah dengan *voice changer* dan suara asli. Hasil dari Analisa anova ini akan menunjukkan perbedaan antara 2 (dua) kelompok data pada masing masing formant, yang ditandai dengan perbandingan perbandingan *ratio F* dan *F critical*, dan nilai *probability P (P-Value)*. Jika nilai *F* lebih kecil dari *F critical*, dan nilai *probability P* lebih besar dai 0,5 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kedua kelompok kata yang dianalisa antara suara yang telah dirubah dengan *voice changer* dengan suara asli memiliki kemiripan (*accepted*), kesimpulan ini memiliki tingkat kofidensi sebesar 95% Al-Azhar Nuh, (2011).

b. Analisis Likelihood Ratio

Penelaahan lebih detail terhadap analisa statistik terhadap *formant* dan *bandwidth* dapat dilakukan dengan analisis *Likelihood Ratio (LR)* yaitu dengan melihat *Probability 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 yang telah dirubah dengan *voice changer* dan suara asli memiliki kemiripan (identik), Al-Azhar Nuh, (2011). Formula perhitungan *Likelihood Ratio* dapat dilihat pada gambar 2.

$$LR = \frac{p(E|Hp)}{p(E|Hd)}$$

Sumber: *Paper Audio Forensic: Theory and Analysis*

Dimana :

- LR merupakan *likelihood ratio*
- $p(E|Hp)$ adalah hipotesis tuntutan (*prosecution*), yaitu *known* dan *unknown samples* berasal dari orang yang sama.
- $p(E|Hd)$ adalah hipotesis perlawanan (*defense*), yaitu *known* dan *unknown samples* berasal dari orang yang berbeda.

Besarnya ratio LR diikuti dengan *verbal statement* untuk menjelaskan nilai LR tersebut, seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. *Verbal statement* mendukung hipotesis tuntutan

LR	Verbal Statement	Keterangan
>10.000	<i>Very strong evidence to support</i>	Mendukung hipotesis tuntutan $p(E Hp)$
1.000-10.000	<i>Strong evidence to support</i>	
100-1.000	<i>Moderately strong evidence to support</i>	
10-100	<i>Moderate evidence to support</i>	
1-10	<i>Limited evidence to support</i>	

Sumber: *Forensic Speaker Identification* (Rose, 2002)

Tabel 2. *Verbal Statement* mendukung hipotesis perlawanan

LR	Verbal Statement	Keterangan
1-0.1	<i>Limited evidence against</i>	Mendukung hipotesis perlawanan $p(E Hd)$
0.1-0.01	<i>Moderate evidence against</i>	
0.01-0.001	<i>Moderately strong evidence against</i>	
0.001-0.0001	<i>Strong evidence against</i>	
<0.0001	<i>Very strong evidence against</i>	

Sumber: *Forensic Speaker Identification* (Rose, 2002)

Dari kedua tabel di atas, diketahui bahwa untuk mendapatkan dukungan terhadap hipotesis penuntutan (rekaman suara yang telah dirubah dengan *voice changer* dan suara asli berasal dari orang yang sama) haruslah $LR > 1$, di mana semakin besar nilai LR akan semakin baik dan kuat untuk *verbal statement*-nya Al-Azhar Nuh, (2011).

3e. Analisis Graphical Distribution

Tujuan dari analisis *Graphical Distribution* ini adalah untuk menggambarkan dalam bentuk grafis tingkat penyebaran (distribusi) masing masing nilai *formant*. Sehingga dapat dilihat tingkat perbedaan distribusi nilai *formant* dari suara yang telah dirubah dengan *voice changer* dan suara asli. Biasanya dalam bentuk perbandingan antara F1 vs F2 dan F2 vs F3 Al-Azhar Nuh, (2011).

3f. Analisis Spectogram

Analisis *spectogram* dilakukan untuk melihat pola umum yang khas diucapkan dan pola khusus yang khas pada masing-masing *formant* setiap kata yang dianalisis. Pada analisis *spectogram* akan terlihat tingkat energi masing masing *formant*. Apabila pada pengucapan suku kata tertentu dari suara yang telah dirubah dengan *voice changer* dan suara asli tidak menunjukkan suatu perbedaan yang signifikan maka dapat disimpulkan bahwa pengucapan kata-kata tersebut memiliki kesamaan *spectrogram* Al-Azhar Nuh, (2011).

3h. Hasil Analisis Kesimpulan

Pada tahapan akhir ini terdapat kesimpulan yang memuat hasil perbandingan antara rekaman suara yang telah dirubah dengan *voice changer* dan suara asli, sehingga terlihat bagian mana saja yang memiliki kesamaan dan bagian mana saja yang memiliki perbedaan.

4. Implementasi Sistem dan Hasil

Pada pelitian ini terdapat beberapa rekaman suara yang terdiri dari rekaman suara asli dan rekaman *voice changer*, kata yang diucapkan pada rekaman suara tersebut terdiri dari 20, sesuai standar Analisis Audio Forensik dari *Federal Bureau of Investigation* (FBI) yang disusun Koenig, (1986) kata yang berbunyi “Bapak silahkan transfer saja dulu uangnya sebesar 20 juta nanti setelah itu barangnya yang dipesan akan dikirimkan tiga hari kemudian”. Adapun hasil analisis didapatkan perbandingan antara *voice changer A, B* dan *C* dengan rekaman suara asli sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil *voice recognition voice changer A (high pitch)* dengan rekaman suara asli

	Input (Kata)	Identik	Tidak Identik
Analisis <i>Pitch</i>	20	0	20
Analisis <i>Anova</i>	20	4	16
Analisis <i>Likelihood Ratio</i>	20	4	16
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	20	19	1
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	16	4

Tabel 4. Hasil *voice recognition voice changer A (low pitch)* dengan rekaman suara asli

	Input (Kata)	Identik	Tidak Identik
Analisis <i>Pitch</i>	20	0	20
Analisis <i>Anova</i>	20	10	10
Analisis <i>Likelihood Ratio</i>	20	10	10
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	20	20	0
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	20	0

Tabel 5. Hasil *voice recognition voice changer B (high pitch)* dengan rekaman suara asli

	Input (Kata)	Identik	Tidak Identik
Analisis <i>Pitch</i>	20	0	20
Analisis <i>Anova</i>	20	5	15
Analisis <i>Likelihood Ratio</i>	20	5	15
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	20	19	1
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	15	5

Tabel 6. Hasil *voice recognition voice changer B (low pitch)* dengan rekaman suara asli

	Input (Kata)	Identik	Tidak Identik
Analisis <i>Pitch</i>	20	0	20
Analisis <i>Anova</i>	20	3	17
Analisis <i>Likelihood Ratio</i>	20	3	17
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	20	18	2
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	17	3

Tabel 7. Hasil *voice recognition voice changer C (high pitch)* dengan rekaman suara asli

	Input (Kata)	Identik	Tidak Identik
Analisis <i>Pitch</i>	20	0	20
Analisis <i>Anova</i>	20	6	14
Analisis <i>Likelihood Ratio</i>	20	6	14
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	20	0

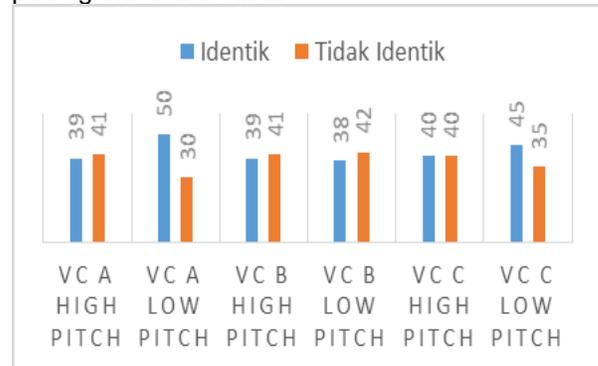
<i>Graphical Distribution</i>			
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	14	6

Tabel 8. Hasil *voice recognition voice changer C (low pitch)* dengan rekaman suara asli

	Input (Kata)	Identik	Tidak Identik
Analisis <i>Pitch</i>	20	0	20
Analisis <i>Anova</i>	20	6	14
Analisis <i>Likelihood Ratio</i>	20	6	14
Analisis <i>Graphical Distribution</i>	20	20	0
Analisis <i>Spectrogram</i>	20	19	1

Berdasarkan tabel di atas, *voice changer A (low pitch)* memiliki tingkat identik yang paling tinggi, ini menunjukkan bahwa *voice changer A (low pitch)* memiliki kemungkinan yang cukup besar untuk dapat diidentifikasi apabila terdapat barang bukti audio yang menggunakan *voice changer A*.

Sedangkan *voice changer B* memiliki kemungkinan terkecil untuk dapat diidentifikasi. Hasil ini diperoleh dari jumlah kata yang identik dari keseluruhan analisis pada rekaman suara *voice changer A, B* dan *C* yang dibandingkan dengan rekaman suara asli. Hasil ini bisa dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Perbandingan Tingkat Kemiripan VC High Pitch dengan VC Low Pitch

Analisis pada rekaman suara *voice changer* dengan metode merendahkan *pitch (low pitch)* cenderung memiliki tingkat identik yang tinggi sehingga kemungkinan untuk dapat diidentifikasi cukup besar apabila dibandingkan dengan analisis pada rekaman suara *voice changer* dengan metode meninggikan *pitch (high pitch)*.

Nur, dkk (2012), menyebutkan bahwa kinerja sistem konversi suara/*voice changer* dipengaruhi oleh faktor skala α dan β yaitu sebagai parameter *time stretching* dan *pitch shifting*, karena pada saat proses TD-PSOLA

faktor skala α (α) dan β (β) yang digunakan. Semakin nilai α (α) dan β (β) mendekati angka 1 (satu) maka suara output hasil konversi suara akan terdengar semakin mirip dengan suara input/asli, dan sebaliknya semakin nilai α (α) dan β (β) menjauhi angka 1 (satu) maka suara *output* hasil konversi suara akan terdengar semakin berbeda dari suara *input*/asli.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan ini, menunjukkan bahwa rekaman suara *voice changer A, B* dan *C* masing-masing memiliki sistem kerja yang berbeda. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Nur, dkk (2012).

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan hasil analisis antara rekaman suara *voice changer A, B* dan *C* dan rekaman suara asli dipengaruhi oleh sistem kerja dari masing-masing *voice changer* tersebut yang dipengaruhi *time stretching* dan *pitch shifting*.

5. Penutup

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada pembahasan maka penelitian Membandingkan Tingkat Kemiripan Rekaman Suara *Voice Changer* dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Audio Forensik dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis *pitch*, *formant* dan *spectrogram* dapat digunakan untuk membandingkan tingkat kemiripan rekaman suara *voice changer* dengan rekaman suara asli, dengan memperhatikan tahap demi tahap sesuai dengan prosedur investigasi audio forensik.
2. Analisis rekaman suara yang dilakukan dengan satu aplikasi *voice changer* dibandingkan dengan rekaman suara asli tidak dapat menggunakan analisis *pitch*, analisis hanya dapat digunakan menggunakan analisis *formant*, *graphical distribution* dan *spectrogram*
3. Berdasarkan analisis audio forensik bahwa masing masing *voice changer* memiliki karakteristik yang berbeda-beda. *Voice changer A* adalah *voice changer* yang besar kemungkinan dapat untuk diidentifikasi, sedangkan *voice changer B* memiliki kemungkinan yang terkecil untuk dapat diidentifikasi. Analisis pada rekaman suara *voice changer* dengan metode merendahkan *pitch (low pitch)* cenderung memiliki kemungkinan yang cukup besar untuk dapat diidentifikasi bila dibandingkan dengan analisis pada rekaman suara *voice changer* dengan meninggakan *pitch (high pitch)*

Adapun saran-saran yang perlu dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Untuk kedepannya dapat juga melakukan analisis untuk aplikasi *voice changer* yang lainnya
2. Penelitian terkait dengan *voice changer* ini juga bisa dilakukan pada *voice changer* yang diterapkan oleh *provider*.

6. Pustaka

- [1] Al-Azhar Nuh, M. (2011). AUDIO FORENSIC : Theory and Analysis, 1–38.
- [2] Aligarh, A., Hidayanto, C., Si, S., & Kom, M. (2016). Implementasi Metode Forensik dengan Menggunakan Pitch , Formant , dan Spectrogram untuk Analisis Kemiripan Suara Melalui Perekam Suara Telepon Genggam Pada Lingkungan yang Bervariasi, 5(2).
- [3] Anandha, A. (2014). Transformasi Pitch Suara Manusia Menggunakan Metode PSOLA, 2(2), 129–151.
- [4] Huizen, R. R., Ketut, N., Ari, D., & Hostiadi, D. P. (2016). Model Acquisisi Rekaman Suara Pebanding Di Audio Forensik, 6–7.
- [5] Koenig, B. E. (1986). Spectrographic voice identification: a forensic survey. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 79(6), 2088–90. <https://doi.org/10.1121/1.393170>
- [6] Lawlor, B., & Fagan, A. D. (1999). A novel efficient algorithm for voice gender conversion. *ICPhS*, 77–80.
- [7] Nur, M., Hernawan, F., Iwut, I., Wijayanto, I., & Endahuluan, P. (2012). Analisis Dan Implementasi Konversi Suara Menggunakan Algoritma Pitch Shifting Dengan Pitch Synchronous Overlap and Add (Psola). *Time*, 118–127.
- [8] Rifa'i, A., & Sukiswo Supeni Edi, S. (2013). Unnes Physics Journal. *Unnes Physics Journal*, 2(1), 18–23. Retrieved from <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj/article/download/1360/1333>
- [9] Rose, P. (2002). *Forensic Speaker Identification*. *SciencesNew York* (Vol. 20025246). <https://doi.org/10.1201/9780203166369>
- [10] Wicaksono, G., & Prayudi, Y. (2013). Teknik Forensika Audio Untuk Analisa Suara Pada Barang Bukti Digital. *Semnas Unjani*.