



الجامعة الإسلامية
INDONESIA

**Analisis Karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman Suara
Magic Call Pada Provider Telkomsel dan XL Dengan Rekaman
Suara Asli Menggunakan Metode
Analisis Statistik**

M. Zulpahmi

20917043

Tesis diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Magister Komputer

Konsentrasi Forensika Digital

Program Studi Informatika Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

2022

Lembar Pengesahan Pembimbing

**Analisis Karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman Suara *Magic Call* pada
Provider Telkomsel dan XL Dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode
Analisis Statistik**

M. Zulpahmi

20917043

Yogyakarta, Juni 2022



Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M. Kom

Dr. Ahmad Luthfi, S. Kom., M. Kom.

Lembar Pengesahan Penguji

Analisis Karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman Suara *Magic Call* pada Provider Telkomsel dan XL Dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Analisis Statistik

M. Zulpahmi

20917043

Yogyakarta, Juni 2022

Tim Penguji,

Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom.

Ketua

Dr. Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom.

Anggota I

Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.Kom.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika Program Magister

Universitas Islam Indonesia



Irving Vitra Papatungan, S.T., M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Analisis Karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman Suara *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dan XL Dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Analisis Statistik

Audio forensik merupakan suatu penerapan disiplin keilmuan serta metodologi dalam sebuah penanganan suatu kasus serta pengungkapan sebuah barang bukti guna kepentingan penuntasan kasus di dalam pengadilan. Era digital merupakan suatu era yang memberikan akses kemudahan dalam hal apapun kepada seseorang maupun kelompok, sehingga rekaman suara yang nantinya akan menjadi barang bukti dan keperluan lainnya sangat mudah untuk direkayasa demi kepentingan pribadi atau kelompok. Salah satu layanan yang bisa digunakan dalam merekayasa hasil rekaman suara adalah layanan *Magic Call* yang terdapat pada *Provider* Telkomsel dan XL. Dalam penelitian ini, peneliti analisis karakteristik tingkat kemiripan rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dan XL dengan rekaman suara asli menggunakan metode audio forensik. sehingga nantinya akan dianalisis menggunakan *pitch*, *formant* serta *spectrogram* setelah diekstrak menggunakan *tools prat* dan *gnumerik*. Dalam penelitian ini menghasilkan rekaman *Magic Call* dengan rekaman suara asli dapat menggunakan analisis statistik *formant*, *Spectrogram* maupun *pitch*, rekaman suara *Magic Call* memiliki tingkat kemiripan yang sangat tinggi pada kondisi ideal dengan rekaman suara asli.

Kata kunci

Audio Forensik, Rekaman Suara, *Provider*, *Magic Call*.

Abstract

Analisis Karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman Suara *Magic Call* pada provider Telkomsel dan XL Dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Analisis Statistik

Audio forensics is an application of scientific disciplines and methodologies in handling a case and disclosing evidence for the purpose of completing a case in court. The digital era is an era that provides easy access in any case to a person or group, so that sound recordings that will later become evidence or other purposes are very easily manipulated for personal or group interests. One of the services that can be used to manipulate voice recordings is the Magic Call service found on Telkomsel and XL Providers. In this study, using the audio forensic method, researchers examined the characteristics of the degree of resemblance between Magic Call voice recordings on Telkomsel and XL Providers and the original voice recordings. so that after being extracted using prat and gnumeric tools, it may later be evaluated using pitch, formant, and Spectrogram. Using formant statistical analysis, Spectrogram, and pitch, a Magic Call recording was created in this study that, under ideal circumstances, has a very high degree of similarity to the original voice recording.

Keywords

Forensic Audio, Sound Recording, Provider, Magic Call.

Pernyataan Keaslian Tulisan

Dengan ini melaporkan bahwasanya tesis ini asli karya dari penulis, dan sama sekali tidak berisi karya yang sudah di publikasi lebih dulu oleh orang lain, terkecuali rujukan yang telah di paparkan dalam tesis. Sehingga penulis lain secara eksplisit sudah di sebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini juga penulis melaporkan dari pihak lain yang terlibat pada tesis ini, termasuk dorongan dari analisis data, survei dan statistik yang bersifat teknis, serta seluruh wujud kegiatan riset yang digunakan ataupun yang di laporkan dalam tesis ini sudah secara eksplisit di cantumkan dalam tesis ini.

Seluruh wujud hak cipta dalam laporan tesis ini terletak dalam kepemilikan hak cipta tersendiri, penulis juga sudah diizinkan menggunakan material dokumen untuk di jadikan refrensi dalam tesis ini.

Yogyakarta, Juli 2022



M. Zulpahmi, S. Kom.

Daftar Publikasi

Publikasi yang menjadi bagian dari tesis

Jurnal JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi) Volume 9 Nomor 2 yang terakreditasi SINTA 3, Edisi 20 Juni 2022 dengan Judul “**Analisis Rekaman Suara Magic Call pada Provider Seluler dengan Rekaman Suara Asli**”.

Kontributor	Jenis Kontribusi
M. Zulpahmi	Mendesain eksperimen (60%) Menulis <i>paper</i> (80%)
Yudi Prayudi	Mendesain eksperimen (40%) Menulis dan mengedit <i>paper</i> (20%)
Ahmad Luthfi	Melakukan review <i>paper</i>

Halaman Kontribusi

Penelitian ini dapat berjalan dan diselesaikan berkat kontribusi dari berbagai pihak, beliau-beliau telah banyak memberikan saran dan masukan mulai dari pra penelitian, seminar proposal, sidang kemajuan, hingga sidang pendadaran:

1. Bapak Dr. Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom. selaku Pembimbing I, Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom., Ph.D. selaku Pembimbing II dan ibu Erika Ramadhani, ST., M.Eng selaku dosen penguji proposal dan progres, Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.Kom. selaku penguji ujian pendadaran, yang telah memberikan arahan-arahannya kepada penulis, sehingga penulisan tesis ini bisa selesai dengan baik dan tepat waktu.
2. Bapak Ir. H. Lalu Darmawan Bakti, M.Sc., M.Kom selaku Rektor Universitas Teknologi Mataram (UTM) yang telah memberikan biaya-biaya selama masa studi sampai dengan tahap pembuatan tesis ini.
3. Bapak/ibu Dosen dan karyawan Universitas Teknologi Mataram (UTM) yang telah memberikan arahan, dukungan, masukan dan motivasi kepada penulis.
4. Ahmad Saparwadi selaku paman saya yang telah memberikan bantuan biaya, selama masa studi.
5. Nurul Islam. S.H. selaku teman saya yang telah memberikan arahan-arahannya kepada penulis, sehingga penulisan tesis ini bisa selesai dengan baik dan tepat waktu.

Halaman Persembahan

Bismillahirrohmanirrohim.

Alhamdulillah, atas izin dan ridho Allah Subhannahu Wa Ta'ala, saya dapat menyelesaikan tesis saya ini. Hal ini tentu tidak lepas dari dukungan dan do'a kedua orang tua saya. Untuk itu saya persembahkan karya saya ini kepada Ibu saya, Nur'Aini dan Bapak saya, Pahrudin. Terima kasih banyak, saya bersyukur terlahir sebagai anak kalian.

Khusus kupersembahkan karya ini kepada orang-orang yang tersayang dan yang telah berjasa:

1. Kepada kedua orang tuaku Bapak Pahrudin dan ibu Nur'Aini terimakasih atas kasih sayang dan semangat yang kalian berikan kepadaku.
2. Kepada Guru-guruku yang tak henti-hentinya memanjatkan doa kepada Allah Subhanahu wata'ala sehingga terselesainya tesis ini.
3. Khusus kepada Bapak Ir. H. Lalu Darmawan Bakit, M.Sc., M.Kom selaku Rektor Universitas Teknologi Mataram yang telah memberikan kepercayaannya kepada Saya dalam melanjutkan Studi ini, Terima kasih banyak atas biaya dan bantuan-bantuan lainnya yang diberikan, semoga Saya berguna dan dapat memberikan sumbangsih yang banyak dan bermanfaat bagi perkembangan Universitas Teknologi Mataram kedepan.

Kata Pengantar

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini dengan baik. Laporan berjudul “**Analisis Karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman Suara Magic Call pada Provider Telkomsel dan XL Dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Analisis Statistik**” ini disusun guna melengkapi persyaratan kelulusan untuk mendapatkan gelar Magister Komputer di bidang Forensika Digital.

Dalam prosesnya penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Yudi Prayudi, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing 1 yang telah banyak memberikan masukan dan arahan terhadap jalannya penelitian yang penulis lakukan.
2. Bapak Ahmad Luthfi, S.Kom., M.Kom., Ph.D. sebagai pembimbing 2 yang selalu memberikan arahan kepada penulis berkaitan dengan alur penulisan.
3. Ibu Erika Ramadhani, ST., M.Eng. yang menjadi dosen penguji ketika penulis melakukan sidang proposal dan progres.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Sugiantoro, S.Si., M.Kom. yang menjadi dosen penguji ketika penulis melakukan sidang pendadaran.
5. Teman-teman semuanya yang dari Magister Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan juga khususnya Konsentrasi Forensika Digital Angkatan XXIII, Terima kasih banyak sudah saling pada mengingatkan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik, saran, dan masukan yang membangun sangat diharapkan oleh penulis.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 10 Juli 2022



M. Zulpahmi, S. Kom.

Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing.....	i
Lembar Pengesahan Penguji.....	ii
Abstrak.....	iii
<i>Abstract</i>	iv
Pernyataan Keaslian Tulisan.....	v
Daftar Publikasi.....	vi
Halaman Kontribusi.....	vii
Halaman Persembahan.....	viii
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
BAB 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Penelitian Terdahulu.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	10
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	11
2.1 Teori Suara.....	11
2.1.1 <i>Pich</i>	11
2.1.2 <i>Formant</i>	12

2.1.3	<i>Spectrogram</i>	13
2.2	Digital Forensik	13
2.3	Audio Forensik	13
2.4	Prosedur Forensik	14
2.5	<i>Magic Call</i>	15
BAB 3	Metodologi.....	17
3.1	Rekaman Suara.....	17
3.2	<i>Enhancement dan Noise Filter</i>	18
3.3	<i>Ekstrak Informasi Pitch, Formant dan Spectrogram</i>	18
3.4	Analisis.....	18
3.4.1	Analisis Statistik <i>Pich</i>	18
3.4.2	Analisis Statistik <i>Formant dan Bandwidth</i>	19
3.4.3	<i>Analisis Spectrogram</i>	22
3.4.4	<i>Analisis Grafical Distribution</i>	22
BAB 4	Hasil dan Pembahasan.....	24
4.1	Rekaman Suara	24
4.2	<i>Enhancement dan Noise Filter</i>	25
4.3	<i>Ekstrak Informasi Pich, Formant dan Spectrogram</i>	28
4.4	Analisis.....	30
4.4.1	Analisis Statistik <i>Pitch</i>	30
4.4.2	Analisis Statistik <i>Formant dan Bandwidth</i>	40
4.4.3	<i>Analisis Spectrogram</i>	47
4.4.4	<i>Analisis Graphical Distribution</i>	50
BAB 5	Kesimpulan dan Saran.....	55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	55
5.3	Daftar Pustaka	56

Daftar Tabel

Tabel 1.1 Rangkuman Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2.1 Analisis Statistik <i>Pitch</i>	15
Tabel 3.2 Nilai Statistik <i>Pitch</i> Pada Kata “Selamat”	20
Tabel 3.3 Analisis <i>Formant</i> Dengan Statistik <i>Oneway Anova</i>	20
Tabel 3.4 <i>Verbal Statement</i> Mendukung Hipotesis Tuntutan.....	21
Tabel 3.5 <i>Verbal Statement</i> Mendukung Hipotesis Perlawanan	21
Tabel 3.6 Nilai Perhitungan <i>Likelihood Ratio</i> Pada Kata “Selamat”	22
Tabel 4.1 Rekaman Suara.....	24
Tabel 4.2 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Selamat”	32
Tabel 4.3 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Anda”	32
Tabel 4.4 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Mendapatkan”.....	33
Tabel 4.5 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Alfian pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Alfian pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Selamat”	34
Tabel 4.6 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Alfian pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Alfian pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Anda”	34
Tabel 4.7 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Alfian pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Alfian pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Mendapatkan”	35
Tabel 4.8 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Oliv pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Oliv pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “selamat”	35
Tabel 4.9 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Oliv pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Oliv pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Anda”	36
Tabel 4.10 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Oliv pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Oliv pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Mendapatkan”.....	37
Tabel 4.11 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Iza pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Iza pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Selamat”	37
Tabel 4.12 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Iza pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Iza pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Anda”	38
Tabel 4.13 Statistik <i>Pitch</i> rekaman <i>Magic Call</i> Iza pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> Iza pada <i>Provider</i> XL dengan suara asli pada kata “Mendapatkan”.....	38

Tabel 4.14 Analisis Statistik <i>Anova</i> antara rekaman suara <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman suara asli (<i>High Pitch</i>) dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”	40
Tabel 4.15 Analisis Statistik <i>Anova</i> antara rekaman suara <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> Telkomsel dan rekaman suara asli (<i>Low Pitch</i>) dan rekaman suara asli pada kata “Anda”	41
Tabel 4.16 Analisis Statistik <i>Anova</i> antara rekaman suara <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> XL dan rekaman suara asli (<i>High Pitch</i>) dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”	41
Tabel 4.17 Analisis Statistik <i>Anova</i> antara rekaman suara <i>Magic Call</i> Aldi pada <i>Provider</i> XL dan rekaman suara asli (<i>Low Pitch</i>) dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”	42
Tabel 4.18 Hasil analisis <i>Anova</i> antara rekaman <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> Telkomsel dan rekaman <i>Magic Call</i> XL pada <i>provider</i> XL dengan rekaman suara asli.....	42
Tabel 4.19 Analisis <i>Likelihood Ratio</i> pada kata “Selamat” <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> Telkomsel (<i>High Pitch</i>)	44
Tabel 4.20 Analisis <i>Likelihood Ratio</i> pada kata “Selamat” <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> Telkomsel (<i>Low Pitch</i>)	45
Tabel 4.21 Analisis <i>Likelihood Ratio</i> pada kata “Selamat” <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> XL (<i>High Pitch</i>)	45
Tabel 4.22 Analisis <i>Likelihood Ratio</i> pada kata “Selamat” <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> XL (<i>Low Pitch</i>)	46
Tabel 4.23 Hasil analisis <i>Graphical Distribution</i> antara rekaman suara <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> Telkomsel dan rekaman suara <i>Magic Call</i> pada <i>provider</i> XL dengan rekaman suara asli	49

Daftar Gambar

Gambar 2.1 Diagram <i>pitch</i> pada suatu waktu yang berubah secara berkala.....	12
Gambar 2.2 Diagram pada <i>formant</i> F1, F2, F3, F4 dan F5	12
Gambar 2.3 Representasi <i>Spectrogram Spektral</i> dengan tingkat energinya	13
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	17
Gambar 3.2 Proses <i>Text Grid</i>	20
Gambar 3.3 Nilai statistik <i>formant</i> kata “Selamat”	20
Gambar 3.4 Perbandingan <i>spectrogram</i> kata “Selamat” pada rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>Low pitch</i>) dan Rekaman Suara Asli	22
Gambar 3.5 Perbandingan F1 vs F2 (b). Perbandingan F2 vs F3	23
Gambar 4.1 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Aldi) Telkomsel sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Aldi) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	25
Gambar 4.2 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Aldi) XL sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Aldi) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	26
Gambar 4.3 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Alfan) Telkomsel sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Alfan) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	26
Gambar 4.4 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Alfan) XL sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Alfan) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	26
Gambar 4.5 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Oliv) Telkomsel sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Oliv) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	27
Gambar 4.6 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Oliv) XL sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Oliv) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	27
Gambar 4.7 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Iza) Telkomsel sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Iza) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	28
Gambar 4.8 Rekaman Suara <i>Magic Call</i> (Iza) XL sebelum proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i> (Iza) sesudah proses <i>enhancement</i> dan <i>noise filter</i>	28
Gambar 4.9 <i>Text Grid</i> mengekstrak masing-masing kata rekaman suara asli	29
Gambar 4.10 Ekstrak nilai <i>pitch minimum</i> , <i>maksimum</i> , <i>quantile</i> , <i>mean</i> dan <i>standar deviasi</i>	30
Gambar 4.11 Perbedaan nilai <i>pitch</i> secara menyeluruh pada rekaman suara asli dan rekaman <i>Magic Call</i> dari <i>Provider Telkomsel</i> dan rekaman <i>Magic Call</i> dari <i>Provider XL</i>	31
Gambar 4.12 Analisis <i>Anova One Factorial</i>	40

Gambar 4.13 Analisis <i>Spectrogram</i> Pada Kata “Halo” pada Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>Low pitch</i>) dan <i>Rekaman Suara Asli</i>	47
Gambar 4.14 Analisis <i>Spectrogram</i> Pada Kata “Selamat” pada Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>Low pitch</i>) dan <i>Rekaman Suara Asli</i>	48
Gambar 4.15 Analisis <i>Spectrogram</i> Pada Kata “Anda” pada Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> Telkomsel Aldi (<i>Low pitch</i>) dan <i>Rekaman Suara Asli</i>	48
Gambar 4.16 Analisis <i>Spectrogram</i> Pada Kata “Halo” pada Rekaman Suara <i>Magic Call</i> XL Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> XL Aldi (<i>Low pitch</i>) dan <i>Rekaman Suara Asli</i>	49
Gambar 4.17 Analisis <i>Spectrogram</i> Pada Kata “Selamat” pada Rekaman Suara <i>Magic Call</i> XL Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> XL Aldi (<i>Low pitch</i>) dan <i>Rekaman Suara Asli</i>	49
Gambar 4.18 Analisis <i>Spectrogram</i> Pada Kata “Anda” pada Rekaman Suara <i>Magic Call</i> XL Aldi (<i>High Pitch</i>), Rekaman Suara <i>Magic Call</i> XL Aldi (<i>Low pitch</i>) dan <i>Rekaman Suara Asli</i>	50
Gambar 4.19 Analisis <i>Graphical Distribution</i> kata “Selamat” <i>Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (High Pitch)</i> dan rekaman suara asli	51
Gambar 4.20 Analisis <i>Graphical Distribution</i> kata “Anda” <i>Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (Low Pitch)</i> dan rekaman suara asli	51
Gambar 4.21 Analisis <i>Graphical Distribution</i> kata “Selamat” <i>Magic Call aldi pada Provider XL (High Pitch)</i> dan rekaman suara asli	52
Gambar 4.22 Analisis <i>Graphical Distribution</i> kata “Anda” <i>Magic Call aldi pada Provider XL (Low Pitch)</i> dan rekaman suara asli	53
Gambar 4.23 Karakteristik tingkat kemiripan <i>Magic Call</i> pada <i>Provider</i> Telkomsel dan XL dengan suara asli <i>high pitch</i> dengan <i>low pitch</i> rekaman suara	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia yang terdiri dari 34 Provinsi memiliki jumlah penduduk sekitar 270.203.917 jiwa berdasarkan keterangan dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang telah merilis hasil sensus penduduk pada tahun 2020[1]. Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir terdapat peningkatan jumlah penduduk sebanyak 32 juta lebih atau sekitar 3,5 juta jiwa setiap tahun. Melihat jumlah penduduk yang cukup banyak tersebut cukup memicu laju perkembangan angka pengguna *smartphone* di Indonesia. Hadirnya *smartphone* di Indonesia beriringan dengan hadirnya layanan- layanan yang dapat digunakan oleh pengguna *smartphone* sebagai layanan hiburan seperti layanan. Tujuan utama adalah sebagai sarana hiburan untuk pengguna *Provider* Telkomsel dan XL.

Magic Call merupakan layanan yang terdapat pada pengguna *Provider* Telkomsel yang memungkinkan untuk mengubah suara asli mereka pada saat menelpon. Di dalam layanan terdapat 4 pilihan suara seperti suara raja, suara anak-anak, suara wanita dan kartun. Hadirnya layanan tersebut juga dapat memicu terjadinya penyalahgunaan oleh orang yang tidak bertanggung jawab, sehingga tidak heran kita sering menjumpai kasus penipuan dengan menggunakan layanan tersebut. Modus penipuan yang sering terjadi adalah penipuan seorang laki-laki yang mengubah suaranya menjadi suara seorang wanita dengan mengiming-imingi hadiah yang cukup fantastis, sehingga masyarakat yang kurang jeli dalam mengidentifikasi tindakan penipuan seperti itu akan sangat mudah untuk ditipu.

Indonesia sebagai negara hukum telah banyak melakukan kodifikasi produk 634 hukum. Dengan berkembang pesatnya *Smartphone* di Indonesia cukup mengkhawatirkan terjadinya tindak pidana sehingga muncul UU ITE[2]. Dengan adanya UU ITE dapat memudahkan layanan pengaduan hukum kepada masyarakat dan penegak hukum dalam mengungkap suatu kasus pidana dengan menjadikannya sebagai barang bukti digital. salah satu bukti digital yang dapat diajukan untuk membuktikan dan mengungkap suatu kasus pidana adalah rekaman suara pada saat menelpon. Sehingga dalam dunia digital forensik rekaman suara dapat dijadikan sebagai alat bukti sebagaimana yang tertera dalam UU ITE No. 19 Tahun 2016 pada pasal 1:

“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”. Dalam pengungkapan suatu delik (tindak pidana) diperlukan adanya barang bukti, sehingga rekaman suara yang teridentifikasi atau memenuhi unsur delik dapat dijadikan sebagai barang bukti. Seperti yang tercantum dalam UU ITE pasal 1 tahun 2016 yang menyatakan bahwa rekaman suara adalah salah satu barang bukti digital yang valid digunakan untuk menyelesaikan suatu kasus pidana[3]. Sehingga untuk mempermudah langkah yang harus ditempuh supaya lebih efektif dalam memenuhi standar penanganan barang bukti digital untuk digunakan oleh hakim di dalam pengadilan dalam penguatan dakwaan maka dapat menggunakan prosedur atau metode audio forensik.

Di Indonesia, terdapat pengguna smartphone yang cukup banyak yang memungkinkan adanya dampak positif dan negatif [4]. Di era digital seperti ini dimana makin banyak pengguna *Smartphone* dapat memicu munculnya jenis delik (tindak pidana) seperti *Cybercrime*[5]. Adapun jenis delik (tindak pidana) yang sering terjadi dalam dunia *cyber* adalah *cyberbullying* sehingga jenis kejahatan ini menduduki urutan ke 2 [6].

Suara adalah salah satu cara berkomunikasi manusia. Setiap manusia memiliki karakter suara tersendiri dan merupakan suatu keunikan. Semakin berkembangnya teknologi sekarang ini suara manusia memungkinkan untuk dijadikan sebagai alat intruksi pada komputer[7]. Suara juga merupakan gelombang atau sinyal *acoustik* yang memiliki tingkatan atau kedudukan sebuah informasi seperti tentang apa yang diperbincangkan, bahasa yang digunakan, siapa serta jenis kelamin pembicara dan juga emosi [8].

Audio forensik merupakan suatu bidang keilmuan yang menganalisis suatu bentuk audio seperti hasil dari rekaman suara. Di dalam rekaman suara terdapat informasi penting berupa jenis atau ciri *frekuensi*, dimana dari *frekuensi* tersebut seseorang dapat mengetahui suatu identitas seseorang[9]. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan suatu perbandingan dalam menguji kesamaan antara rekaman suara yang telah dirubah dengan rekaman suara asli dengan menggunakan metode analisis *statistik pitch*, *anova* dan *spectogram*.

Di era digital ini setiap aktivitas dan segala proses lainnya yang dilakukan oleh seseorang tidak dapat terlepas dari teknologi, seperti contoh sederhana yang sering dijumpai adalah terjalinnya komunikasi antar sesama menggunakan handphone serta jaringan internet. Munculnya jaringan internet sekarang ini mempengaruhi perkembangan kualitas komunikasi sehingga sangat mudah untuk menjalin komunikasi sampai luar negeri atau seluruh dunia. Dengan demikian peluang dalam terjadinya suatu delik (tindak pidana) pun tentu semakin besar [10].

Dalam lima tahun terakhir data statistik dari DITTIPIDSIBER Bareskrim Polri menyatakan bahwa kejahatan digital yang terjadi di Indonesia cukup berkembang pesat. Total laporan yang masuk pada tahun 2015 adalah sebanyak 2609, 2016 sampai 2017 meningkat menjadi 3109 sampai 3110, pada tahun 2018 sebanyak 4360 dan pada tahun 2019 laporan yang masuk tembus sampai 4586 laporan. Alat perekam berupa artefak digital dapat menghasilkan suatu rekaman suara yang memiliki *frekuensi* serta mengandung ciri dan juga informasi. Data rekaman suara tersimpan dalam bentuk file di suatu media penyimpanan. Rekaman suara juga merupakan metadata yang digunakan untuk mendapatkan petunjuk, mulai dari identitas individu, lokasi kejadian, waktu dan sebagainya selain itu, rekaman suara juga dapat digunakan untuk mengetahui atau merangkai alur dari suatu peristiwa.

Dalam bidang digital forensik[11], salah satu cara untuk memastikan kemiripan suara dapat menggunakan teknik audio forensik *voice recognition* atau pengenalan suara, yaitu teknik untuk mengidentifikasi rekaman suara dengan menganalisis anomali yang ada pada rekaman suara[12]. *Audio forensics* adalah penerapan ilmu pengetahuan dan metode ilmiah pada barang bukti digital audio untuk mendukung upaya penyidikan dan pengungkapan kasus serta membangun fakta-fakta yang diperlukan dalam proses persidangan.

Dalam berbagai kasus seseorang yang melakukan percakapan menggunakan alat komunikasi seperti smartphone dapat diketahui identitasnya dengan pemeriksaan audio *forensic* atau *voice recognition* dengan metode membandingkan antara rekaman suara barang bukti (*unknown*) dengan rekaman suara orang yang telah diketahui (*known*). Dari hasil perbandingan inilah akan diperoleh kesimpulan apakah hasil perbandingan antara rekaman suara barang bukti (*unknown*) dengan rekaman suara orang yang telah diketahui(*known*) memiliki kemiripan/identik atau berbeda/tidak identik.[13]

Dalam menentukan suatu keidentikan suatu rekaman antara rekaman suara pembanding dengan suara *suspect* dapat dilakukan menggunakan pengujian analisis rekaman suara dengan teknik audio forensik agar dapat digunakan sebagai barang bukti digital [14]. Suatu rekaman suara dapat dianalisis menggunakan *pitch*, *spectrogram* dan *formant*. Alat atau komponen tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu karakteristik dari suara orang untuk digunakan sebagai kepentingan *voice recognition* dengan menggunakan hasil analisis dari suatu rekaman suara [15].

Meskipun begitu, suara rekaman yang dipergunakan sebagai barang bukti tidak jauh beda dengan sifat barang bukti lainnya yang dapat saja dimanipulasi atau diubah demi kepentingan seseorang secara individu maupun kelompok seperti yang terdapat dalam layanan *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan XL. *Magic Call* merupakan suatu layanan modifikasi atau merubah suara seseorang, seperti suara seorang lelaki menjadi suara seorang

perempuan dan juga sebaliknya[16] Seiring dengan berkembangnya suatu teknologi multimedia dikenal adanya sebuah teknik *pitch shifting* yang dapat digunakan untuk merubah suara seseorang pada bagian tertentu seperti *pitch* dan *timbre*[17].

Lahirnya aplikasi *Magic Call* dikarenakan berkembangnya teknologi *pitch shifting*. Aplikasi *Magic Call* memiliki karakteristik masing-masing sesuai dengan metode *pitch shifting* yang digunakan, sehingga *Magic Call* mampu merubah suara normal menjadi beberapa jenis suara yang berbeda dengan suara aslinya, seperti suara normal laki-laki berubah menjadi suara perempuan, suara anak-anak menjadi suara orang dewasa dan sebaliknya[18].

Provider memberikan layanan perubah suara dari suara asli ke suara yang di rubah menggunakan *Magic Call* perubahan suara itu menggunakan teknik *pitch shifting* dimana karakteristik dari *pitch shifting* ini mengakibatkan perubahan nilai *pitch* pada rekaman suara. Karena karakteristik setiap nada menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat karakteristik pengaruh dari perubahan nilai *pitch* pada rekaman suara. [19]

Ada beberapa teknik *pitch shifting* yang biasa dilakukan yaitu *pitch shift up* dan *pitch shift down*. Temuan lain menyebutkan bahwa *pitch shift up* bertujuan untuk meningkatkan nilai *frekuensi*. Hasil dari *pitch shift up* akan membuat jarak antar *pitch* semakin rapat dengan kata lain semakin tinggi *frekuensi*. *Pitch shift down* bertujuan untuk menurunkan nilai *frekuensi*. Hasil dari *Pitch shift down* akan membuat jarak antar *pitch* semakin lebar dengan kata lain semakin rendah *frekuensi*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang seperti yang telah diuraikan diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Apakah analisis *pitch*, *formant* dan *spectrogram*, dapat digunakan untuk membandingkan tingkat kemiripan rekaman suara *Magic Call* dengan rekaman suara asli?
2. Bagaimanakah karakteristik rekaman suara yang dilakukan dengan layanan *Magic Call* dibandingkan dengan rekaman suara asli?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Analisis yang dilakukan yaitu analisis *pitch*, *formant* dan *spectrogram* pada dengan rekaman suara asli.

- b. *Operating system* yang digunakan pada waktu penelitian ini dibuat menggunakan *Android v.5.0* sedangkan *Magic Call* yang dibandingkan pada saat penelitian ini dilakukan yaitu menggunakan:
 - 1) *Magic Call A*: menggunakan *provider* Telkomsel
 - 2) *Magic Call B*: *Magic Call* menggunakan *provider* XL
 - 3) Suara Asli C: Rekaman Suara asli.
- c. Metode yang digunakan yaitu dengan meninggikan dan merendahkan *pitch* pada *Magic Call*.
- d. Pada penelitian ini jenis file audio yang dianalisis yaitu * wav*
- e. Jumlah kata yang di analisis adalah 20 kata, mengacu “*Spectrographic Voice*
- f. *Identification: A Forensic Survey*” yang disusun oleh Koenig, (1986).
- g. Pada saat penelitian ini dilakukan rekaman suara yang dianalisis berbunyi “Halo selamat anda mendapatkan hadiah dari perusahaan kami berupa mobil avanza satu buah silahkan tranfser uang 10 juta nanti barangnya dikirimkan”

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan tingkat kemiripan *pitch*, *formant* dan *spectrogram* antara rekaman suara dengan rekaman suara asli.
2. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik rekaman suara yang dilakukan dengan layanan dari *Provider* Telkomsel dan XL dibandingkan dengan rekaman suara asli.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari uraian yang sudah dijabarkan maka dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi pada analisis audio forensik yang terkait dengan kasus rekaman suara, sehingga dapat membantu dalam memecahkan kasus kejahatan yang, melibatkan rekaman suara.

1.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian yg berkaitan dengan audio *forensics* semakin banyak dilakukan oleh banyak peneliti, hal ini mampu memberikan banyak informasi baru yang dapat dijadikan acuan atau pedoman untuk penelitian selanjutnya.

Upaya dalam pembuktian untuk mendukung *validitas* audio atau kecocokan antara *suspect* dengan sumber audio barang bukti dengan menggunakan pendekatan konsep *pitch*

formant, *bandwidth*, dan *graphical distribution*, Standar kecocokan 20 kata yang digunakan dan diacu oleh FBI menghasilkan analisis yang dapat menunjukkan barang bukti digital berupa audio yang memiliki kesamaan dengan sampel audio yang telah direkam[20].

Model evaluasi suatu proses dari akuisisi pada metadata yang dipengaruhi oleh *noise*. Metodologi yang digunakan adalah membandingkan antara hasil dari *ekstrak* tanpa *noise* dengan diukurnya perubahan ciri serta dengan varian *noise*. Sehingga didapatkan hasil dari pengujian tersebut bahwa nilai dari SNR antara -5.4078 Db- 7.0632 Db, dimana cirinya masih dapat diidentifikasi atau dikenali, sedangkan 7.0632 Db cirinya telah terjadi perubahan.

Pengaruh *sampling rate* terhadap fitur yang ada pada rekaman suara[21]. Hasil pengujian dari rekaman langsung serta telpon bahwa telah didapatkan karakteristik fitur pada *sampling rate* 8, 616, dan 32 KHz jika dibandingkan dengan 16 KHz dengan 32 KHz memiliki suatu fitur yang persis, kecuali yang 8 KHz memiliki fitur yang jauh berbeda.

Bukti suara yang dapat digunakan setelah ditemukannya kemiripan antara suara pada barang bukti dengan suara yang diduga sebagai pemilik dari suara tersebut[22]. Adapun teknik analisis yang digunakan pada penelitian tersebut adalah analisis statistik *anova*, *likelihood ratio*, *formant bandwidth*, *spectrogram*, sebaran *grafis* dan *pitch* pada 4 rekaman suara yang asli. Adapun hasil dari penelitian tersebut adalah Subjek 1 IDENTIK dengan suara *suspect*, sedangkan untuk suara subjek 2 dan subjek 3 dinyatakan TIDAK IDENTIK.

Terkait dengan rekaman suara juga dilakukan dengan merancang sebuah sistem perbaikan nada suara manusia terhadap nada referensi musik dengan menggunakan metode *phase vocoder*. Penelitian tersebut menggunakan metode FFT pada deteksi nada dengan besar ukuran *frame* sebesar 256, 512, 1024 buah sampel serta jarak *overlapping* antara *frame* sebesar 25%, 50%, dan 75% [23]. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan parameter terbaik dalam mendeteksi nada menggunakan ukuran *frame* 512 dan 1024 buah sampel, serta nilai *overlapping* sebesar 50% dan 75%.

Framework akuisisi terkait dengan rekaman suara, dengan teknik yang digunakan berupa *framework* dari audio *forensics* yaitu (a) pengecekan keaslian, (b) *acquisisi*, (c) perbaikan (*enhancement*), (d) identifikasi dan (e) hasil identifikasi (*reporting*) [24]. Adapun hasil dari penelitian tersebut adalah ditemukan proses akuisisi rekaman pembandingan menyesuaikan karakteristik dari rekaman bukti yang terdiri atas sampel data (*Text Dependent*), dan kesamaan nilai *sampling rate*. Sedangkan akuisisi pada rekaman bukti terdiri atas pengecekan orisinalitas rekaman bukti, perbaikan kualitas rekaman dan penguatan

sinyal.

Penelitian tentang bagaimana menciptakan lingkungan dengan senatural mungkin, kondisi pengambilan, dan hasil dari metode forensik yang digunakan. Dalam penelitian ini dilakukan uji forensik terhadap barang bukti suara dengan menggunakan nilai *pitch formant*, dan *spectrogram* kemudian membandingkan suar yang telah direkam sebagai alat pembanding dengan barang bukti[25]. Dari hasil analisis *codec* ditemukan bahwa hasil yang hampir mirip dengan pelaku ketika berada pada kondisi sepi. Sementara jika kondisi lingkungan sedang ramai maka akan sulit untuk didapatkan kemiripannya, sehingga peluang kejahatan dapat dengan mudah dilakukan pada lingkungan ini.

Operasional prosedur dan metode forensik audio digital, pada penelitian tersebut dilakukan simulasi audio *forensic* dengan analisis *pitch, formant, spectrogram, graphical distribution*[26], statistik *anova* dan statistik *likelihood ratio*. Seorang *investigator* tidak bisa bertumpu pada satu metode saja untuk mendapatkan hasil dan kesimpulan yang akurat melainkan harus menggunakan keseluruhan metode.

Penelitian terkait dengan bagaimana mengidentifikasi model mikrofon pada *audio forensics*, teknik analisis yang dilakukan yaitu dengan mempertimbangkan lima matrik untuk menganalisis sinyal, yaitu standar deviasi, nilai rata-rata (*mean*), faktor puncak Q, rentang dinamik D dan waktu *autokorelasi*[27]. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa rekaman suara menggunakan *microphone* tidak persis sama melainkan ada perbedaan 1-3%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, diusulkan penelitian mengenai analisis karakteristik rekaman suara *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan XL dengan rekaman suara asli menggunakan metode audio forensik karena belum pernah dilakukan sebelumnya.

Berikut ini beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan audio *forensics* yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1.1 Rangkuman penelitian terdahulu.

No	Peneliti	Problem penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian
1	Prayudi dan wicaksono (2013)	Bagaimana upaya Proses pembuktian untuk mendukung <i>orisinalitas</i> audio atau kesamaan (kecocokan) sumber audio barang bukti dengan <i>suspect</i> ?	Teknik yang Digunakan adalah konsep <i>pitch</i> , analisis statistik <i>Formant</i> dan <i>Bandwidth graphical Distribution</i> dan <i>spectrogram</i> .	<i>Factory reset</i> pada perangkat Android tidak efektif menghapus <i>files</i> yang sengaja dimasukkan. Termasuk di dalamnya berupa gambar yang diambil menggunakan kamera, <i>file txt</i> , doc, pdf, dan ppt yang masih bisa ditemukan setelah proses <i>factory reset</i> .
2	Rifa'I (2013)	apakah bukti rekaman suara dapat digunakan untuk mengungkap keidentikan antara suara pada rekaman barang bukti dengan suara yang diduga sebagai pemiliknya?	Teknik analisis menggunakan Analisis Statistik <i>Pitch</i> , Analisis Statistik <i>Anova</i> dan <i>LR Formant Bandwidth</i> , Analisis <i>Sebaran Grafis</i> dan Analisis <i>Spectrogram</i> pada enam suara rekaman tanpa manipulasi objek suara.	Subjek 1 IDENTIK Dengan suara <i>suspect</i> , sedangkan untuk suara subjek 2 dan subjek 3 dinyatakan TIDAK IDENTIK. Teknik audio <i>forensics</i> layak untuk digunakan dalam menganalisis rekaman suara untuk menentukanke pemilikan suara sebagai barang bukti digital
3	Prasetio, dkk, (2014)	Bagaimana merancang sebuah sistem perbaikan nada suara manusia terhadap nada referensi musik dengan menggunakan metode <i>phase vocoder</i>	Metode yang digunakan pada deteksi nada adalah FFT dengan ukuran variasi frame sebesar 256, 512, dan 1024 buah sampel serta jarak <i>overlapping</i> antara <i>frame</i> sebesar 25%, 50%, dan 75%.	Hasil penelitian menunjukkan Parameter terbaik dalam mendeteksi nada menggunakan Ukuran frame 512 dan 1024 buah sampel, serta nilai sebesar 50% <i>overlapping</i> dan 75%.
4	Huizen, dkk (2015)	Bagaimana membangun framework <i>akuuisisi</i> data rekaman?	Teknik yang Digunakan berupa <i>framework</i> dari audio <i>forensics</i> yaitu (a). pengecekan keaslian, (b). <i>akuuisisi</i> , (c) perbaikan (<i>enhancement</i>), (d). identifikasi dan (e)hasil identifikasi	Hasil dari penelitian didapatkan bahwa proses <i>akuuisisi</i> rekaman pembandingan Menyesuaikan karakteristik dari rekaman bukti yang terdiri atas sampel data (<i>text dependent</i>), dan kesamaan nilai sampling rate. Sedangkan untuk <i>akuuisisi</i> rekaman bukti terdiri atas pengecekan keaslian rekaman bukti, perbaikan kualitas

No	Peneliti	Problem penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian
			(<i>reporting</i>).	rekaman dan penguatan sinyal.
5	Aligarh dan Hidayanto (2016)	Bagaimana menciptakan lingkungan senatural mungkin, kondisi pengambilan, dan hasil dari metode forensik yang digunakan?	Dilakukan uji forensik terhadap barang bukti suara, dengan menggunakan nilai <i>pitch</i> , <i>formant</i> , dan <i>spectrogram</i> Kemudian membandingkan suara barang bukti (<i>unknown samples</i>)	Berdasarkan hasil dari analisis <i>codec</i> maka kondisi sepi dan semi-sepilah yang dapat dikatakan mirip dengan pelaku. sementara lingkungan ramai sulit sekali untuk didapatkan kemiripannya, sehingga peluang kejahatan dapat dengan mudah dilakukan pada lingkungan ini.
6	Huizen, Dkk (2016)	Bagaimana pengaruh <i>sampling rate</i> terhadap fitur pada rekaman suara?	Penelitian ini menggunakan tiga tahapan yaitu (a) pengambilan sampel suara (b) proses ekstraksi dan (c) analisis fitur.	Hasil pengujian Perekaman langsung maupun rekaman melalui telepon didapatkan bahwa karakteristik fitur untuk <i>sampling rate</i> 8 KHz, 16 KHz, dan 32 KHz jika dibandingkan 16 KHz dengan 32 KHz mempunyai
7	Firdaus (2016)	Bagaimana standar operasional prosedur dan metode forensik audio digital	Melakukan simulasi audio <i>forensic</i> dengan analisis <i>Pitch</i> , <i>Formant</i> , <i>Spectrogram</i> , <i>Graphical Distribution</i> , Statistik <i>Anova</i> dan Statistik <i>Likelihood Ratio</i>	Dalam analisis Forensik audio ini, <i>investigator</i> tidak dapat bertumpu pada satu jenis metode saja, namun harus menggunakan keseluruhan metode sehingga didapatkan hasil kesimpulan yang lebih akurat.
8	Kurniawan, dkk (2016)	Bagaimana mengidentifikasi model mikrofon pada audio <i>forensics</i> ?	Teknik analisis yang dilakukan yaitu dengan mempertimbangkan lima matrik untuk menganalisis sinyal, yaitu standar deviasi, nilai rata-rata (<i>mean</i>), faktor puncak Q,	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa rekaman suara menggunakan <i>microphone</i> tidak persis sama melainkan ada perbedaan 1%-3%.
9	Huizen, (2017)	Membangun model evaluasi proses <i>akuuisisi</i> pada rekaman percakapan (<i>metadata</i>) yang terpengaruh <i>noise</i> .	Metodologi yang digunakan dengan membandingkan hasil ekstraksi tanpa <i>noise</i> dengan varian <i>noise</i> , dan diukur perubahan	Untuk nilai SNR antara-5.4078 dB sampai -7.0632 dB, ciri masih dapat dikenali, sedangkan lebih dari -7.0632 dB ciri telah mengalami

No	Peneliti	Problem penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian
			cirinya.	
10	(Yang diusulkan)	Dapatkah metode analisis audio forensik digunakan untuk membandingkan tingkat kemiripan antara rekaman suara <i>Magic Call</i> dengan rekaman suara asli?	Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan konsep analisis <i>pitch</i> , <i>formant</i> dan <i>spectogram</i> .	

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah proses pembahasan dalam penelitian yang dibuat ini, maka dibuat sistematika penulisan pada penelitian ini sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian pengantar mengenai masalah yang akan diteliti. Secara detail bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penelitian terdahulu, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Di dalam bab ini dijelaskan mengenai teori-teori yang melandasi dan terkait serta digunakan dalam penelitian ini.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab metodologi penelitian berisi langkah-langkah atau alur jalannya penelitian dari awal sampai akhir.

BAB IV Pembahasan

Berisi hasil-hasil atau temuan-temuan dari penelitian berikut uraian analisis mengenai hasil atau temuan tersebut.

BAB V Penutup

Di dalam bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan akhir yang didapat dari hasil analisis penelitian untuk menjawab rumusan masalah. Di sini juga dijelaskan mengenai penelitian lanjutan yang diharapkan dapat dilakukan di masa depan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Suara

Telah ditemukan bahwa sebuah suara dihasilkan dari proses *Generation* dan *Filtering*. Pada Proses *Generation*, bergetarnya pita suara pada *larynx* untuk menghasilkan sebuah bunyi *periodik*[15]. Sifat konstan pada bunyi periodik itu akan di *filter* menggunakan *vocal tract* atau yang disebut juga sebagai *resonator*, *articulator* suara yang terdiri dari gigi, bibir, lidah dan yang lainnya untuk mendapatkan hasil bunyi (*output*) bunyi vokal atau bunyi konsonan yang akan membentuk kata yang bermakna sehingga dapat dianalisis untuk *voice recognition*.

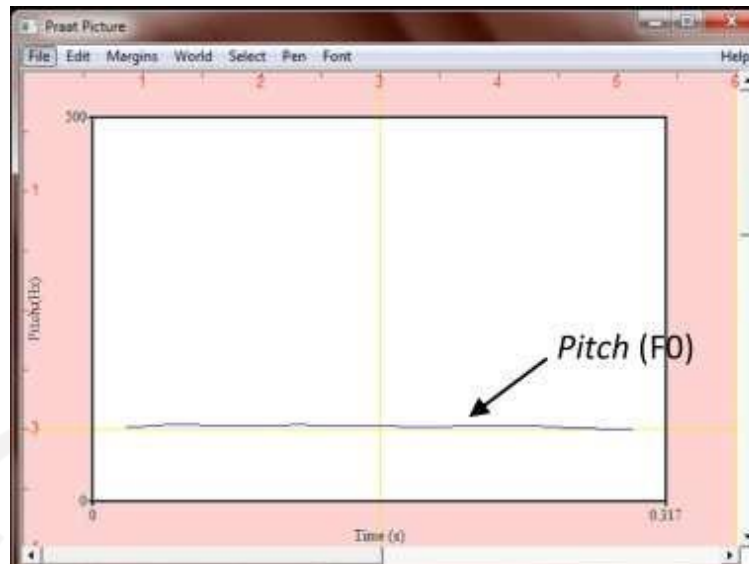
Audio Forensik” suara memiliki beberapa komponen-komponen yaitu:

2.1.1 Pitch

Pitch adalah suatu *frekuensi* dasar hasil getaran pita suara ter notasi dengan notasi F0. Sehingga masing-masing orang memiliki karakteristik suara yang berbeda dan unik yang sangat dipengaruhi oleh *fisiologis larynx* masing-masing orang. Pada saat seseorang berbicara normalnya laki-laki memiliki *level pitch* antara 50-250.

Hz sedangkan seorang perempuan antara 120-500 Hz. Sehingga pembeda karakteristik masing-masing orang tersebut lahir karena adanya sebuah *pitch*, sehingga analisa *pitch* dapat digunakan sebagai *voice recognition* atau pengenalan suara melalui statistik terhadap nilai *Pitch* (*min*, *max* dan *mean*).

Pitch merupakan suatu ungkapan dari pendengaran seorang manusia terhadap *frekuensi* suara yang berbeda. *Pitch* juga dikenal sebagai suatu bentuk nada, sebagai contoh: B, C, D dan lain sebagainya. *Pitch* juga memiliki skala yang bersifat *algoritma* terhadap *frekuensi* bentuknya sehingga Hz merupakan suatu satuan yang digunakan dalam *pitch*. contohnya, nada A pada oktaf ke-4 memiliki *frekuensi* 440 Hz, dan nada A pada *oktaf* ke-5 memiliki *frekuensi* 880 Hz, sedangkan nada A pada *oktaf* ke-6 memiliki *frekuensi* 1760 Hz.

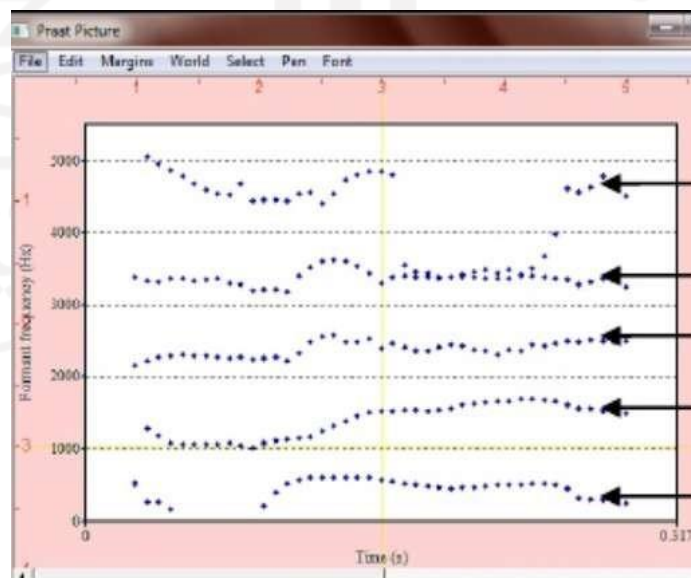


Gambar 2.1. Diagram *pitch* pada suatu waktu yang berubah secara berkala.

Analisis *pitch* digunakan untuk melakukan suatu *voice recognition* terhadap suara manusia yang menggunakan analisis statistik *min*, *max* dan *mean pitch*.

2.1.2 *Formant*

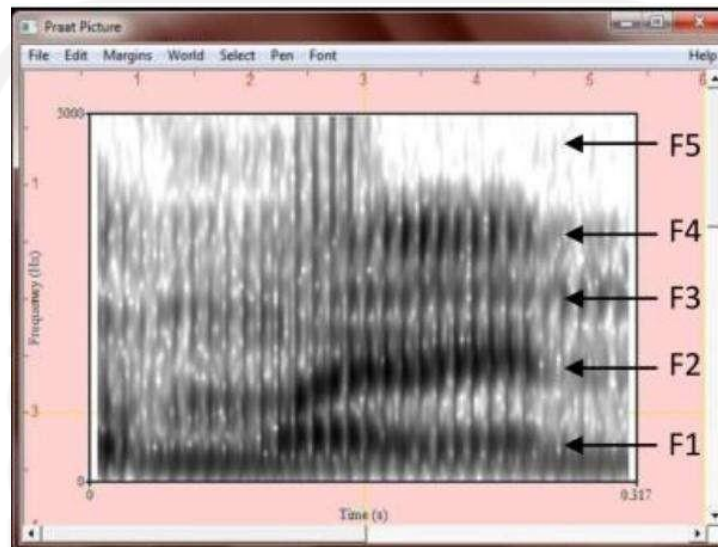
Formant adalah suatu tingkatan *frekuensi* suara yang memiliki makna dari hasil sebuah *filter*. Pada umumnya *frekuensi formant* memiliki sifat yang *unlimited*, tetapi dalam proses identifikasi seseorang harus ada minimal 3 *formant* yang perlu dianalisis seperti F1, F2 dan F3.



Gambar 2.2 Diagram pada *formant* F1, F2, F3, F4 dan F5

2.1.3 Spectrogram

Spektrogram adalah suatu *frekuensi* suara yang bisa saja berubah karena adanya *variabel* lain karena dipengaruhi oleh waktu. *Spectrogram* merupakan hal-hal bersifat detail sehingga para ahli *spectrogram* juga dikenal istilah sidik jari suara (*voice fingerprint*), sehingga dalam pengucapan kata dan pola khusus khas sehingga *spectrogram* membentuk sebuah pola umum pada setiap *formantnya*.



Gambar 2.3 Representasi *Spectrogram* spektral dengan tingkat energinya

Analisis *spectrogram* dapat digunakan untuk mempercepat pilihan ucapan kata yang akan dianalisis jika durasi rekamannya cukup panjang, pada audio forensik minimal terdapat 20 kata untuk melihat kecocokan *suspect* antara suara pembanding seperti *Magic Call* dengan suara asli.

2.2 Digital Forensik

Digital forensik merupakan disiplin ilmu yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengekstraksi, menganalisis dan mendeskripsikan barang bukti digital yang tersimpan dalam perangkat penyimpanan digital supaya dapat digunakan dengan sebaik-baiknya di pengadilan[28]. Dalam berbagai kasus *cyber crime*, ilmu digital forensik kerap kali membantu pihak kepolisian dan hakim dalam mengungkap tersangka dalam tindak kejahatan, melalui temuan-temuan barang bukti digital yang telah dikumpulkan sebelumnya, baik itu berupa file, gambar, suara maupun video.

2.3 Audio Forensik

Audio forensik itu adalah suatu tahapan yang digunakan untuk identifikasi dan analisis supaya rekaman barang itu bukti dapat ditampilkan sebagai alat bukti dengan pendekatan

ilmiah.

Audio forensik itu adalah penerapan ilmu pengetahuan dan metode ilmiah pada suatu barang bukti digital untuk mendukung suatu proses penyidikan[29] oleh penyidik serta pengungkapan sebuah kasus dan juga untuk memunculkan fakta yang dibutuhkan dalam proses *litigasi* (pengadilan).

2.4 Prosedur Audio Forensik

4 tahapan dasar yang perlu ditekankan pada audio forensik yakni:

- Memastikan *otentitas* barang bukti audio.
- Melakukan proses *enhancement* guna meningkatkan kualitas barang bukti digital.
- Melakukan analisis dan interpretasi barang bukti.
- Memenuhi kelengkapan dokumentasi dan prosedur agar hasil atau output bisa diterima dalam proses persidangan oleh penegak hukum.

Dalam melakukan teknik audio forensik itu bisa menggunakan teknik *voice recognition*, yaitu dengan cara melakukan analisis antara suara rekaman yang telah diubah dengan *suspect* dengan suara pembanding terhadap informasi *pitch*, *formant*, *bandwidth* dan *spectrogram*.

tahapan-tahapan dalam audio forensik yaitu:

- Pemeriksaan keaslian
Penggunaan rekaman audio yang sudah dirubah menggunakan sebagai bukti, maka perlu dipastikan keaslian rekaman tersebut, proses ini penting untuk memastikan secepat mungkin bahwa barang bukti berupa rekaman suara tersebut bukan merupakan hasil dari perubahan atau modifikasi.
- Akuisisi
Dalam proses audio forensik pengumpulan data merupakan suatu bagian penting, sehingga dalam proses identifikasi sebuah rekaman memiliki peran yang cukup penting. Karena suksesnya identifikasi dapat ditentukan oleh data dan pengumpulan data, dalam proses ini dibagi menjadi 2 bagian yakni data pembanding dan data bukti. Dari lokasi peristiwa kejadian akan didapatkan rekaman bukti, sedangkan suatu rekaman bukti bisa didapatkan dari seseorang yang diduga terlibat pada suatu kasus.

- Perbaikan Barang Bukti

Perbaikan barang bukti sangat diperlukan guna kepentingan dalam pengungkapan sebuah kasus. Hal ini disebabkan karena pada saat didapatkannya rekaman bukti tersebut kualitasnya tidak cukup baik akibat dari kondisi yang tidak ideal sehingga kualitasnya lemah dan berderau.

- Identifikasi

Identifikasi merupakan sebuah proses upaya untuk mengenali atau mengetahui rangkaian tahapan dalam menemukan identitas seseorang dengan berdasarkan kecocokan fitur, proses ini biasanya diawali dengan proses ekstraksi suara per- kata setelah melalui proses *transcription*

- Bagian dari proses identifikasi tersebut dapat berupa Identifikasi *Reporting*, dalam tahapan ini segala proses dari awal hingga akhir tersaji secara sistematis dan terstruktur. Hal ini cukup penting dilakukan guna pengumpulan dokumentasi yang baik, sehingga hasil awal sampai akhir dapat dipertanggungjawabkan dalam *litigasi* atau proses persidangan.

2.5 Magic call

Magic Call adalah layanan yang terdapat pada pengguna *provider* Telkomsel dan XL yang memungkinkan untuk mengubah suara asli mereka pada saat menelpon. Di dalam layanan terdapat 4 pilihan suara seperti suara raja, suara anak-anak, suara wanita dan kartun.

Tabel 2.1 Analisis Statistik *Pitch*

Analisis Statistik	<i>Magic Call XL</i>	<i>Magic Call T. Sel</i>	Suara Asli
<i>Pitch minimum</i>	110.26418837079953 Hz	83.31405343931473 Hz	77.71291833875458 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	310.45961669185436 Hz	609.954915971281 Hz	544.7391421762708 Hz
<i>Pitch quantile</i>	151.98727728266368 Hz	410.3897064206092 Hz	105.56020373832294 Hz
<i>Pitch mean</i>	164.25344813766577 Hz	354.8480171272814 Hz	124.76411908307902 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	34.778957098473875 Hz	138.84062598893277 Hz	51.895360785780724 Hz

Pada tabel 2.1 di atas merupakan contoh Analisis *statistik pitch* pada pengucapan kalimat “Halo selamat anda mendapatkan hadiah dari perusahaan kami berupa mobil avanza satu buah silahkan *transfer* uang 10 juta nanti barangnya dikirimkan” pada rekaman suara *Magic Call* Telkomsel dan *Magic Call XL* dengan rekaman suara asli. Untuk melakukan Analisis

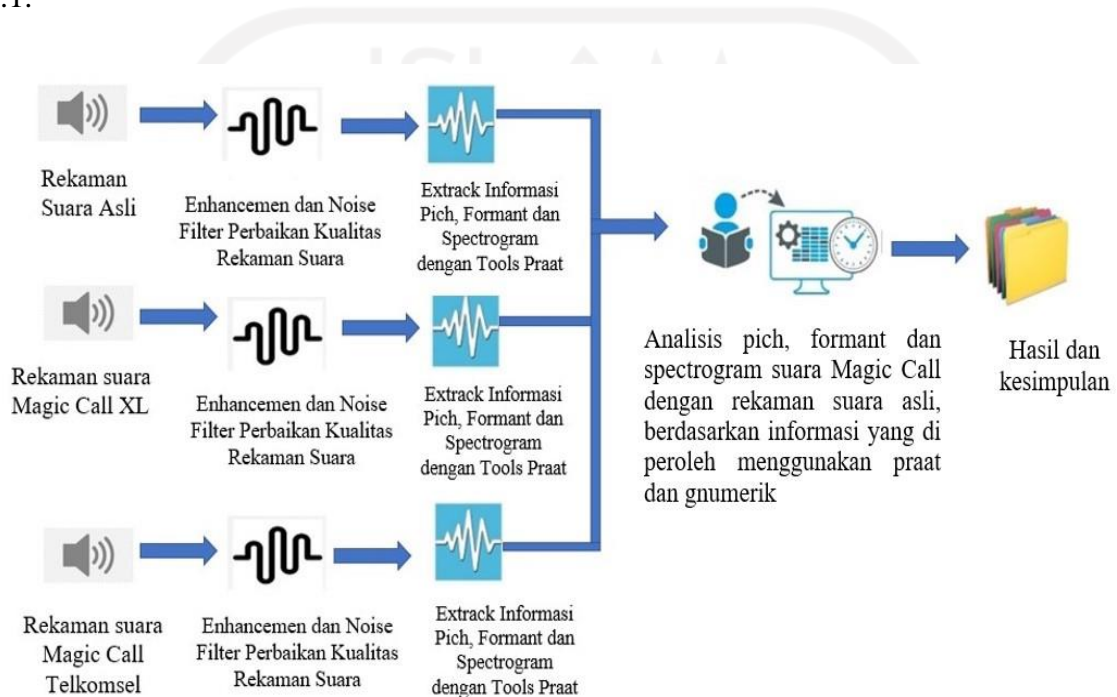
pitch, formant dan spectrogram yang lebih detail pada kata-kata yang diucapkan, maka para rekaman *Magic Call* maupun rekaman asli dilakukan pemotongan suara kata per kata. Seperti gambar 3.2



BAB 3

METODOLOGI

Pada bab ini dalam pelaksanaannya berdasarkan prosedur yang telah direncanakan sebelumnya terkait dengan tahapan dalam metode tentang penelitian yg kemudian Penulis implementasikan Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Alur penelitian.

3.1 Rekaman suara

Dalam penelitian ini, terdapat 3 jenis rekaman suara yang akan dianalisis yaitu rekaman suara asli dan rekaman suara yang telah di ubah dengan layanan *Magic Call*. Suara rekaman terdiri dari masing-masing 20 kata. Dalam penelitian ini menggunakan *Handphone Redmi 9T*, versi android 10 QKQ1.200830.002 sedangkan *Tools* yang digunakan untuk merubah suara yang direkam menggunakan yang dibandingkan. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan *Tools* yaitu:

- *Tools Praat* adalah *tools* yang digunakan untuk mencari perbandingan suara antara rekaman suara *Magic Call* dengan suara asli.
- *Tools Gnumeric Spreadsheet* adalah *tools* yangdigunakan membandingkan hasil dari nilai analisis rekaman suara per-kata pada *Magic Call* dengan suara rekaman asli.

Sehingga hasil nilai tersebut akan dimasukkan pada *gnumerik* guna menghitung nilai *likelihood ratio*, *anova* dan juga nilai sebaran *formant*.

3.2 *Enhancement dan Noise Filter*

Sebelum pada tahapan ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas dari suatu rekaman suara yang bertujuan untuk mendapatkan suara yang bersih setelah dibersihkannya suara dari *noise* sebelum dilakukannya analisis, hal ini semata-mata bertujuan untuk mendapatkan hasil yang lebih bersih dan baik. Dari *noise* yang bisa saja mempengaruhi hasil analisis nantinya[15].

3.3 *Ekstrak Informasi Pitch, Formant dan Spectrogram*

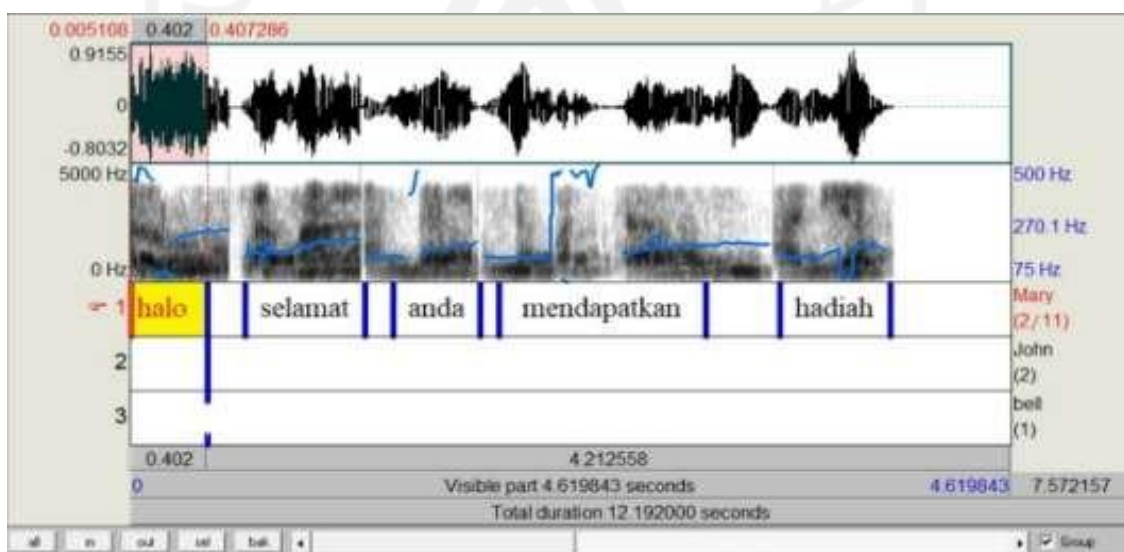
Pada tahapan ini diawali dengan proses ekstraksi setiap kata untuk mendapatkan hasil atau nilai pada rekaman suara sehingga bisa diketahui nilai *formant*, *pitch* dan juga *spectrogram*-nya, yang kemudian akan digunakan untuk keperluan analisis pada tahap berikutnya.

3.4 *Analisis*

Dalam penelitian ini gambaran analisis yang digunakan peneliti merujuk pada *audio forensics: Theory and Analisis* yang ditulis oleh [15] dari Pusat Laboratorium Forensik Polri Bidang Fisika dan Komputer Forensik, yaitu:

3.4.1 *Analisis Statistik Pitch*

Pada tahap analisis ini dapat digunakan cara melihat hasil kalkulasi dari perbedaan nilai *pitch* yang ada pada *Magic Call* dengan rekaman asli. Dan pada tahap ini dapat menggunakan *tools praat* untuk mendapatkan perbandingan nilai *min*, *max* dan *mean pitch* karakter masing-masing suara. Sehingga hasil perbedaan nilai pada statistik *pitch* tersebut dapat membantu dalam analisa tingkat kemiripan dari suatu rekaman suara[30].



Gambar 3. 2 Proses *Text Grid*

Sehingga kemudian diperoleh nilai *statistik pitch* dari setiap kata yang diucapkan, seperti contoh yang terlihat pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 2 Nilai Statistik *Pitch* pada kata “Selamat”

Analisis Statistik	<i>Magic Call</i> XL	<i>Magic Call</i> T.sel	Suara Asli
Analisis <i>Pitch</i> Kata “Selamat”			
<i>Pitch minimum</i>	145.8359438810094 Hz	69.49357542921658 Hz	77.71291833875458 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	179.38359552687515 Hz	597.7024154629418 Hz	544.7391421762708 Hz
<i>Pitch quantile</i>	155.20915022474247 Hz	217.46349531113705 Hz	105.56020373832294 Hz
<i>Pitch mean</i>	156.51364534234025 Hz	215.14539201735576 Hz	124.76411908307902 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	8.59547787888338 Hz	79.2657656907708 Hz	51.895360785780724 Hz

Pada tabel 3.2 merupakan contoh nilai *pitch* yang diperoleh dari kata “Selamat” yang di dihasilkan oleh rekaman *Magic Call* dan rekaman suara asli.

3.4.2 Analisis Statistik *Formant* dan *Bandwith*

Pada tahapan analisis statistik *formant* dan *bandwith* perlu dilakukan menggunakan aplikasi *gnumerik*, adapun analisis statistik *formant* dan *bandwith* dibagi menjadi dua jenis analisis, yaitu:

a. Analisis Anova

Pada tahapan ini, analisis ini berdasarkan pada Analisis *analysis of variances*, dimana analisis ini akan mengkalkulasi nilai antara F1, F2, F3 dan F4 dari hasil perubahan suara oleh *Magic Call* dan suara asli. Adapun hasil dari tahapan analisis *anova* ini akan menunjukkan perbedaan masing-masing *formant* pada 2 kelompok, hal ini ditandai oleh perbandingan *ratio F* dan *F critical*, serta nilai *probability P*. Jika nilai *F ratio* lebih kecil dari *F critical*, dan nilai *probability P* lebih besar dari 0,5 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kelompok kata yang telah dianalisis memiliki kemiripan yakni antara suara *Magic Call* dengan suara asli, sehingga kesimpulna ini memiliki tingkat *kofidensi* sebesar 95%.

Untuk mendapatkan nilai statistik *formant* kata “Selamat” pada rekaman suara *Magic Call* maupun rekaman suara asli digunakan *tools Praat* yaitu dengan menampilkan list tabulasi pada *formant* kata “Selamat”. Seperti terlihat pada gambar

3.3.

The screenshot shows a Praat window titled 'Praat info' with a menu bar (File, Edit, Search, Convert, Font, Help) and a list of 20 rows of formant data. Each row contains a frequency value (e.g., 0.037927) and a corresponding amplitude value (e.g., 5).

Gambar 3. 3 Nilai statistik *formant* kata “Selamat”

Berikut ini adalah contoh kesimpulan penggunaan Analisis *Anova* untuk analisis kata “Selamat”.

Tabel 3. 3 Analisis *formant* dengan statistik *Oneway Anova*

Jenis formant	Ratio F	P-Value	F Critical	Conclusion
Formant 1	502.520	24.818	39.102	Rejected
Formant 2	1430.574	0,0201	39.102	Rejected
Formant 3	300.231	0,3069	39.102	Rejected
Formant 4	0,0028	0,9574	39.107	Accepted
Formant 5	2531.939	0,2398	39.634	Rejected

Pada table 3.3 hanya *formant 4* yang memiliki nilai P Value > 0.5 dan nilai Ratio F lebih kecil dari F Critical, yang berarti nilai *formant 4* adalah *Accepted*. Sedangkan yang lain bernilai *Rejected*. Sehingga pada tabel di atas analisis *formant* pada kata “Selamat” tidak identik.

b. Analisis Likelihood Ratio

Penggunaan analisis *likelihood ratio* ini memiliki keunggulan sendiri terhadap suatu penelaahan yang lebih detail pada analisis statistik terhadap suatu *bandwith* atau *formant*. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara melihat *Probability P* dalam menentukan nilai *formant* untuk dapat dijadikan hipotesis penuntut atau hipotesis perlawanan. Jika LR > 1, maka hal ini akan mendukung p (E | H).

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

Keterangan:

$p(E H_p)$ adalah hipotesis tuntutan (*prosecution*), yaitu *known* dan *unknown*.

Sampeles berasal dari orang yang sama.

$p(E H_d)$ adalah hipotesis perlawanan (*defense*), yaitu *known* dan *unknown*.

Sampeles berasal dari orang yang berbeda.

$p(E H_p)$ berasal dari *p-value anova*.

Besaran LR dilanjutkan dengan *verbal statement* yang membantu menjelaskan seberapa kuat nilai LR tersebut, adapun tingkatan dari *verbal statement* ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2 dibawah ini:

Besarnya ratio LR diikuti dengan *verbal statement* yang berguna menjelaskan seberapa kuat nilai LR tersebut, adapun tingkatan dari *verbal statement* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. 4 *Verbal Statement* mendukung hipotesis tuntutan

LR	LR (Log)	Verbal Statement	Keterangan
>10.000	>4	<i>Very strong evidence to support</i>	Mendukung hipotesis tuntutan $P(E/H_p)$
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 3. 5 *Verbal Statement* mendukung hipotesis perlawanan

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

Dari kedua 3.4 dan 3.5, dapat diketahui bahwa hipotesis penuntutan atau perlawanan bisa mendapatkan dukungan apabila $LR > 1$, jadi ketika semakin besar nilai LR maka akan semakin baik dan kuat juga untuk *verbal statement*-nya.

Berdasarkan hasil kalkulasi *Anova* yang didapat sebelumnya untuk pengucapan kata "Selamat". Maka perhitungan LR untuk *formant* dapat dilakukan sebagai berikut:

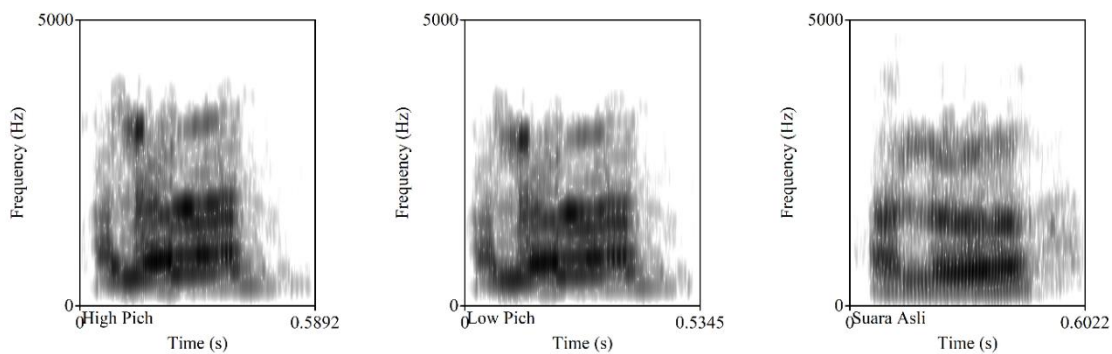
Tabel 3. 6 Nilai Perhitungan *Likelihood Ratio* pada kata “Selamat”

<i>Formant</i>	$(P\text{-value})$ $=p(E H_p)$	$p(E H_d)=$ $1-p(E H_p)$	<i>LR</i>	<i>Verbal Statement</i>
<i>Formant 1</i>	24.818	-	-	<i>Very strong evidence against</i>
<i>Formant 2</i>	0,0201	0,979	0,0205122	<i>Moderately evidence against</i>
<i>Formant 3</i>	0,3069	0,693	0,4427932	<i>Limited evidence againts</i>
<i>Formant 4</i>	0,9574	0,042	224.741.7	<i>Moderate evidence to support</i>
<i>Formant 5</i>	0,2398	0,760	0,3154433	<i>Limited evidence againts</i>

Berdasarkan tabel 3.6 di atas, *formant 4* yang nilai $LR > 1$ untuk mendukung hipotesis penuntutan, sedangkan pada nilai *formant 1, 2, 3* dan *5* mendukung hipotesis perlawanan. Analisis *LR* ini dapat digunakan untuk memperkuat hasil Analisis *Anova* yang didapatkan sebelumnya, karena Analisis *LR* ini dapat menjelaskan seberapa tingkat level *LR* yang mendukung hipotesis penuntutan maupun perlawanan.

3.4.3 Analisis *Spectrogram*

Pada tahapan ini, analisis ini di gunakan untuk melihat pola umum yang khas diucapkan dan pola khusus yang khas pada masing-masing *formant* setiap kata yang dianalisis. Sehingga pada tahapan ini kan jelas terlihat tingkat suatu *energi* dari masing-masing *formant*. dan apabila pengucapan suatu kata menunjukkan tidak ada hasil yang cukup berbeda antara *Magic Call* dengan rekaman asli maka dapat disimpulkan bahwa kata tersebut memiliki *spectrogram* yang sama. Berikut ini contoh dari analisis *spectrogram* pada kata “Selamat”.



Gambar 3. 4 Perbandingan *spectrogram* kata “Selamat” pada rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan Rekaman Suara Asli.

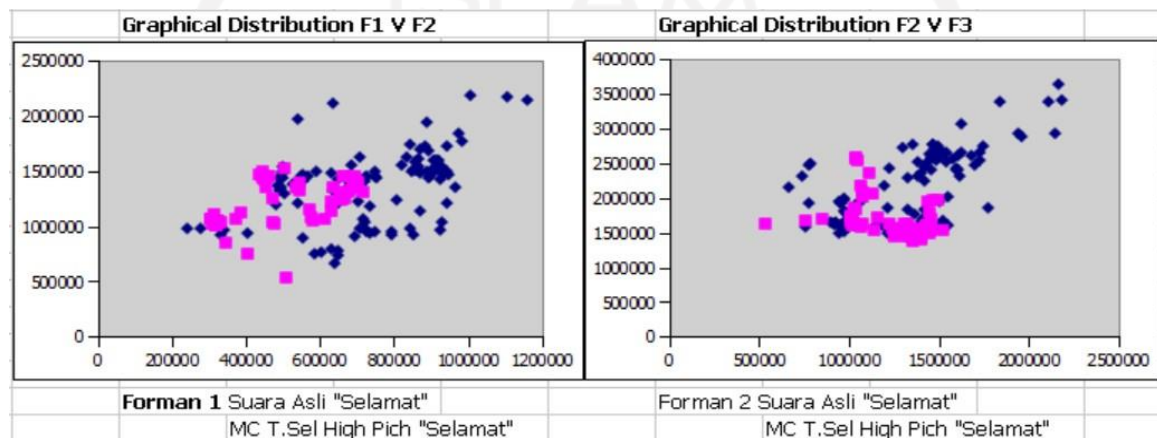
Pada gambar 3.4 di atas dapat dilihat bahwa pengucapan kata “Selamat” membentuk pola yang khas pada nilai *formant 1, 2, 3, 4* dan *5*. Pola khas ini memiliki kesamaan antara rekaman suara *Magic Call* dengan rekaman suara asli. Sehingga hal ini dapat disimpulkan bahwa *spectrogram* antara rekaman suara *Magic Call* dan rekaman suara asli adalah tidak

identik.

3.4.4 Analisis Graphical Distribution

Analisis dari *graphical distribution* ini bertujuan untuk menggambarkan nilai dalam bentuk *grafis* tingkat penyebaran pada masing masing nilai *formant*. Sehingga dapat dilihat tingkat perbedaan distribusi nilai *formant* dari suara yang telah diubah dengan *Magic Call* dan suara asli. Biasanya dalam bentuk perbandingan antara F1 vs F2 dan F2 vs F3.

Berikut ini contoh perbandingan antara F1 vs F2 dan F2 vs F3 berdasarkan nilai *formant* kata “Selamat” pada rekaman suara *Magic Call* Telkomsel Aldi *High Pitch* dan rekaman suara asli.



Gambar 3. 5 Perbandingan F1 vs F2 (b). Perbandingan F2 vs F3

Gambar 3.5 menunjukkan tingkat sebaran grafis antara *formant* 1, 2 dan 3. Pada gambar tersebut terlihat beberapa nilai *formant* keluar dari kelompoknya. Apabila nilai-nilai ini dieliminir, maka dapat dilihat bahwa nilai sebaran grafis *formant* 1, 2 dan 3 antara rekaman suara *Magic Call* dengan rekaman suara asli pada kata selamat masih dalam rentang kelompok yang sama (*probability* kesamaan *Anova*). Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa *formant* 1, 2 dan 3 pada kata “Selamat” antara rekaman suara *Magic Call* dan rekaman suara asli adalah IDENTIK.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini, akan membahas tentang hasil analisis yang dilakukan terhadap rekaman suara *Magic Call* dari *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* dari *Provider* XL dengan rekaman suara asli. Data rekaman yang ada diolah sesuai dengan standar penanganan bukti digital untuk *audio forensics*. Berdasarkan hasil *evaluasi* tersebut maka akan dapat dilihat bagaimana perbandingan *pitch*, *formant* dan *spectrogram* antara rekaman suara *Magic Call* dari *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* dari *Provider* XL dengan rekaman suara asli.

4.1 Rekaman Suara

Pada penelitian ini terdapat dua rekaman suara laki-laki dan perempuan berbeda yang terdiri dari rekaman suara *Magic Call* dari *Provider* Telkomsel dan *Magic Call* dari *provider* XL dan rekaman suara asli kata yang diucapkan pada rekaman suara tersebut terdiri dari 20 kata yang berbunyi “Halo Selamat anda mendapatkan hadiah dari perusahaan kami berupa mobil avanza satu buah, silahkan transfer uang 10 juta nanti barangnya dikirimkan”. Pengambilan sampel sebanyak 20 kata didasari oleh standar yang berlaku untuk analisis suara merujuk pada “*Spectrographic Voice Identification: A Forensic Survey*” dari *Federal Bureau of Investigation*. Adapun rekaman tersebut terdiri sebagai berikut:

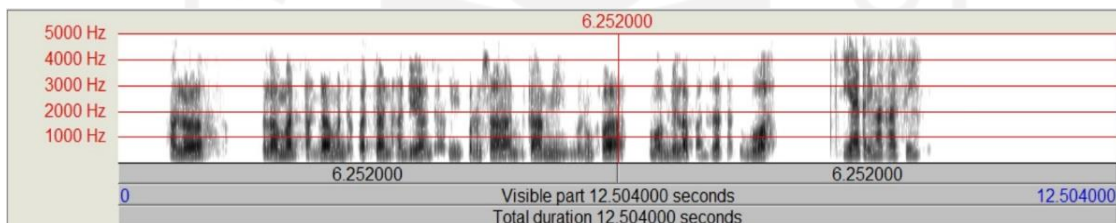
Tabel 4. 1 Rekaman suara

NO	Rekaman suara asli	<i>Magic Call</i> T.Sel	<i>Magic Call</i> XL
1	Name: suara asli <i>High Pitch</i> Item Type: <i>Wav</i> <i>Sampling rate</i> : 24.0 kHz	Name: <i>Magic Call High Pitch</i> Item Type: <i>Wav</i> <i>Sampling rate</i> : 24.0 kHz	Name: <i>Magic Call High Pitch</i> Item Type: <i>Wav</i> <i>Sampling rate</i> : 24.0 kHz
2	Name: MC A <i>Low Pitch</i> Item Type: <i>Wav</i> File <i>Sampling rate</i> : 24.0 kHz	Name: <i>Magic Call Low Pitch</i> Item Type: <i>Wav</i> File <i>Sampling rate</i> : 24.0 kHz	Name: <i>Magic Call Low Pitch</i> Item Type: <i>Wav</i> File <i>Sampling rate</i> : 24.0 kHz

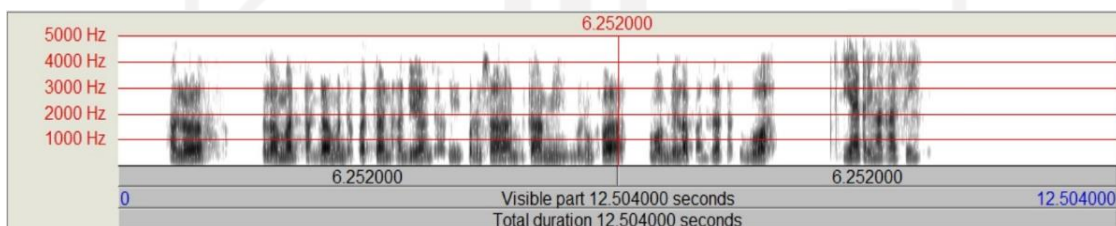
Pada tabel 4.1 terdapat rekaman suara asli dan beberapa rekaman *Magic Call* yang terdiri dari rekaman suara dari *provider* Telkomsel dan rekaman suara dari *provider* XL berdasarkan tabel 4.1 tersebut terlihat semua file memiliki *sampling rate* yang sama yaitu 24.0 kHz. *Sampling rate* sangat perlu diperhatikan sebelum melakukan analisis audio *forensics*, karena bila terjadi perbedaan *sampling rate* pada rekaman suara, maka akan mempengaruhi hasil analisis[30]. Mengemukakan bahwa karakteristik fitur dapat dipengaruhi *sampling rate* pada proses perekaman, namun tidak dapat menghilangkan ciri dan karakteristik identitas individu di suatu rekaman.

4.2 *Enhancement dan Noise Filter*

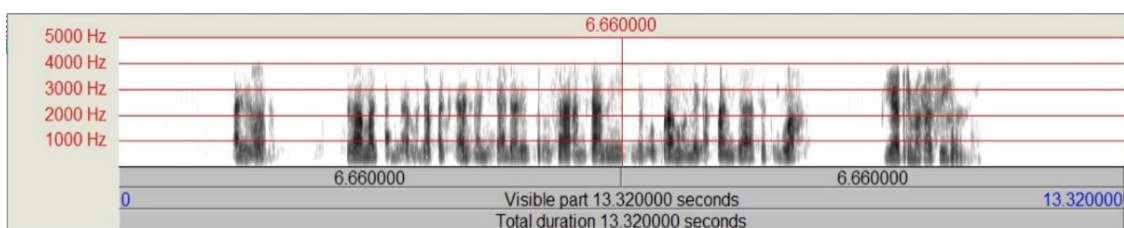
Pada tahapan ini rekaman suara melalui proses perbaikan dan mengurangi *noise* dengan menggunakan *remove noise* aplikasi *Praat*. Proses ini penting dilakukan sebelum melakukan analisis, karena rekaman suara yang banyak terdapat *noise* bisa mempengaruhi hasil analisis rekaman suara[15]. Adapun perbedaan rekaman suara sebelum dan sesudah melalui proses *enhancement dan noise filter* berikut:



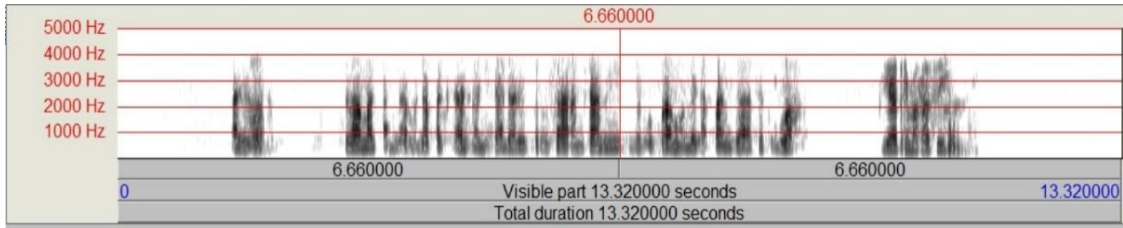
Suara *Magic Call* (Aldi) Telkomsel



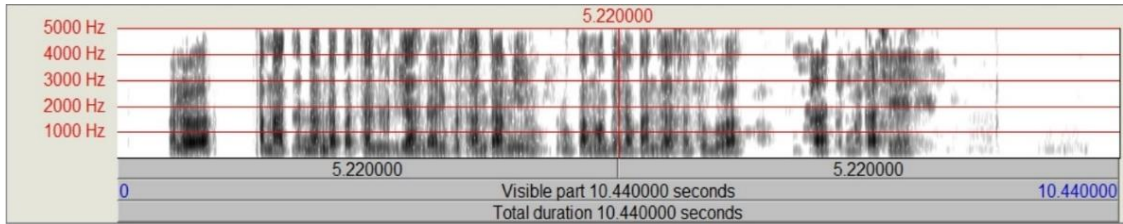
Gambar 4.1 Rekaman Suara *Magic Call* (Aldi) Telkomsel sebelum proses *enhancement dan noise filter* (Aldi) sesudah proses *enhancement dan noise filter*



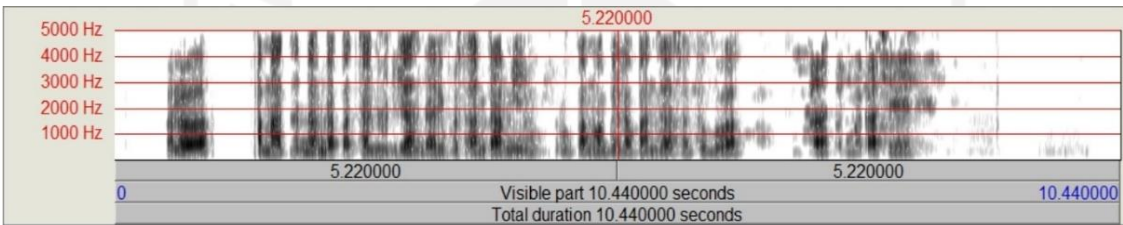
Suara *Magic Call* (Aldi) XL



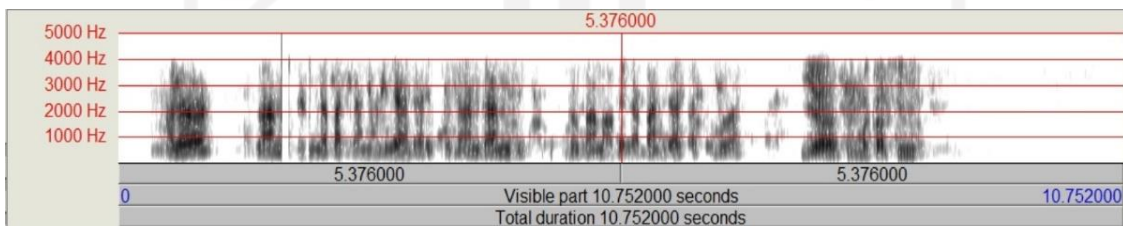
Gambar 4.2 Rekaman Suara *Magic Call* (Aldi) XL sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Aldi) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*



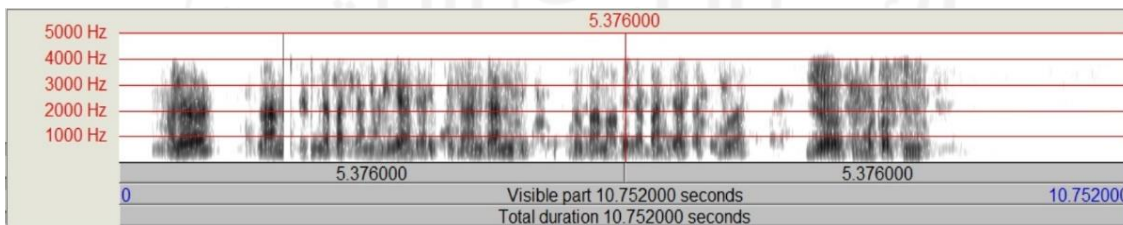
Suara *Magic Call* (Alfan) Telkomsel



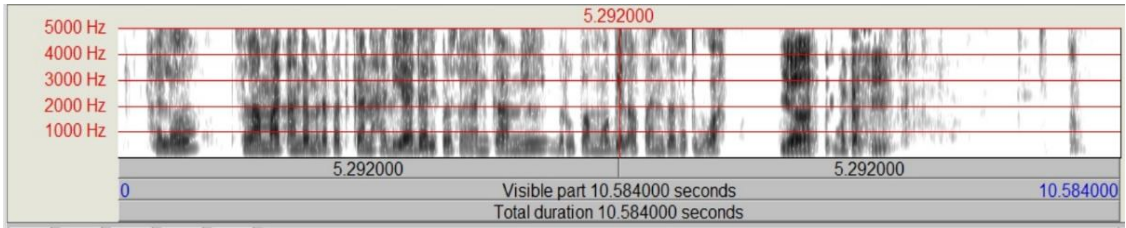
Gambar 4.3 Rekaman Suara *Magic Call* (Alfan) Telkomsel sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Alfan) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*



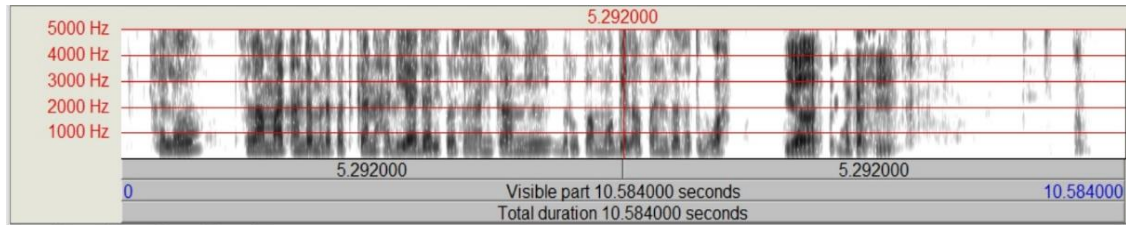
Suara *Magic Call* (Alfan) XL



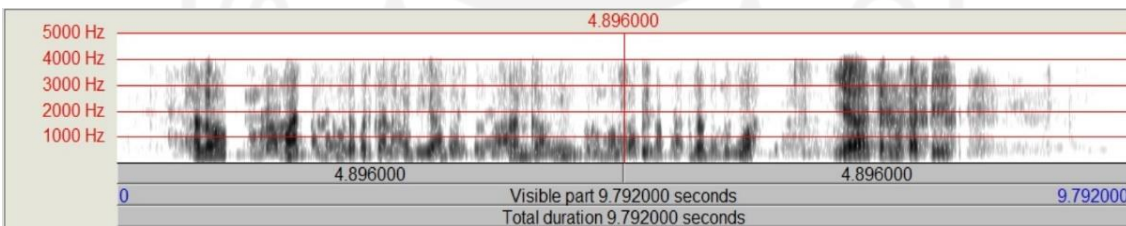
Gambar 4.4 Rekaman Suara *Magic Call* (Alfan) XL sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Alfan) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*



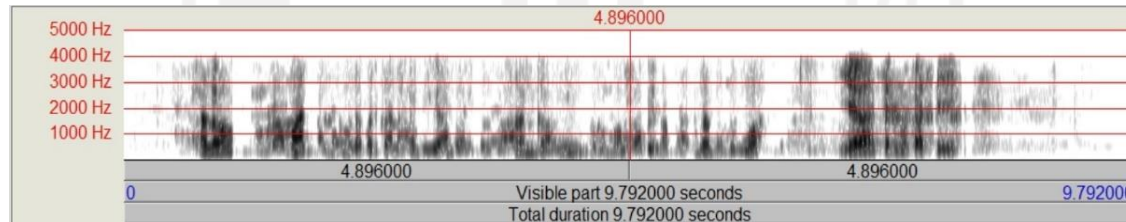
Suara *Magic Call* (Oliv) Telkomsel



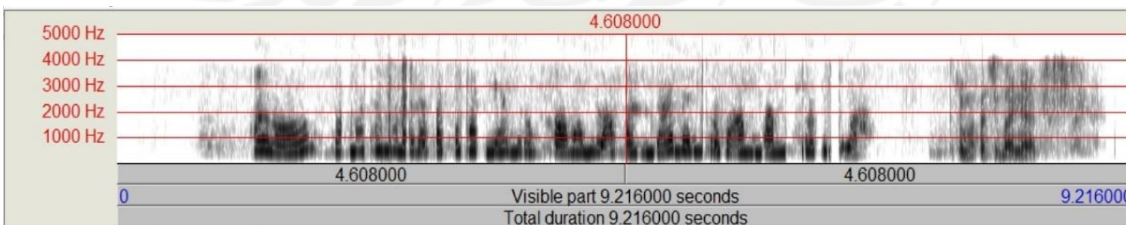
Gambar 4.5 Rekaman Suara *Magic Call* (Oliv) Telkomsel sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Oliv) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*



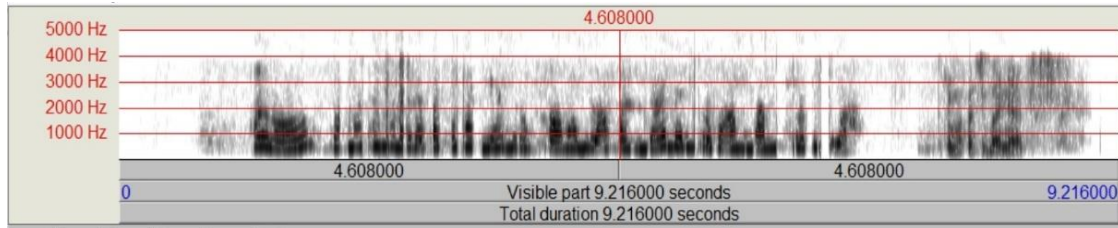
Suara *Magic Call* (Oliv) XL



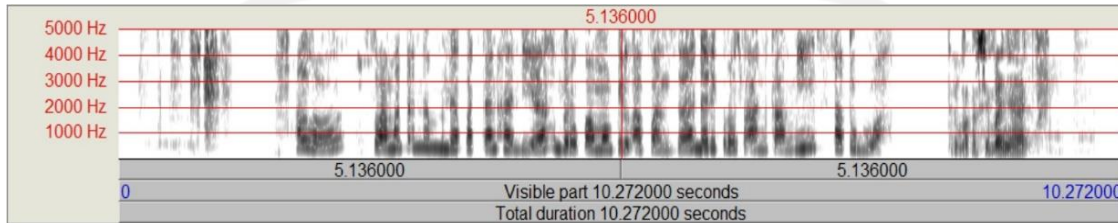
Gambar 4.6 Rekaman Suara *Magic Call* (Oliv) XL sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Oliv) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*



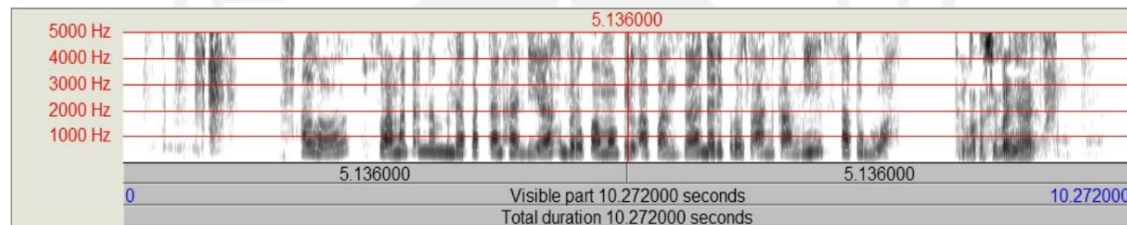
Suara *Magic Call* (Iza) Telkomsel



Gambar 4.7 Rekaman Suara *Magic Call* (Iza) Telkomsel sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Oliv) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*



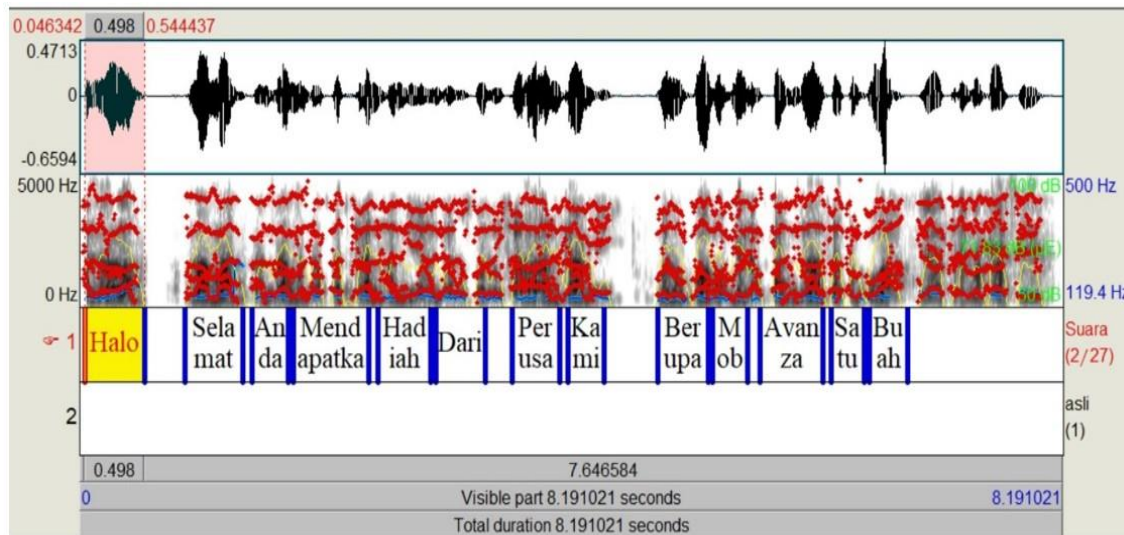
Suara *Magic Call* (Iza) XL



Gambar 4.8 Rekaman Suara *Magic Call* (Iza) XL sebelum proses *enhancement* dan *noise filter* (Oliv) sesudah proses *enhancement* dan *noise filter*

4.3 Ekstrak Informasi *Pitch*, *Formant* dan *Spectrogram*

Pada tahapan ini rekaman suara yang telah melalui proses *enhancement* dan *remove noise* selanjutnya akan di ekstrak menjadi beberapa suku kata dengan tujuan untuk mendapatkan nilai *pitch*, *formant* dan *spectrogram* masing-masing rekaman suara. Proses ekstrak ini bertujuan untuk mempermudah analisis rekaman suara masing-masing kata.



Gambar 4.9 *Text Grid* mengekstrak masing-masing kata rekaman suara asli

Pada gambar 4.9 jendela bagian atas menunjukkan *frekuensi* pengucapan kalimat, jendela nomor dua menunjukkan *spectrogram* dan grafik yang berwarna merah menunjukkan *formant*, grafik yang berwarna biru menunjukkan *pitch*, dan grafik yang berwarna kuning menunjukkan *intensity*. Sedangkan pada jendela nomor tiga menunjukkan pecahan suku kata dari rekaman suara yang ada dalam bentuk *text grid*.

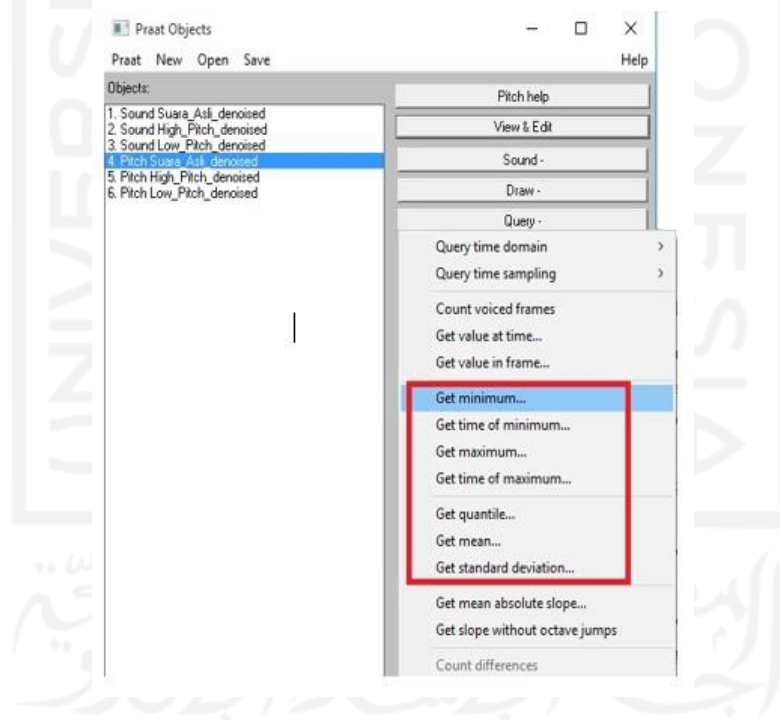
Masing-masing nilai ini akan digunakan untuk memeriksa dan membandingkan tingkat kemiripan rekaman suara *Magic Call* dari *provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* dari *provider* XL dengan rekaman suara asli dengan analisis statistik *pitch*, *formant*, *bandwidth*, *graphical distribution* dan *spectrogram*. Untuk analisis *pitch*, *formant* dan *spectrogram* yang lebih detail pada kata-kata yang diucapkan, maka pada rekaman suara *Magic Call* dari *provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* dari *provider* XL dengan rekaman suara asli dilakukan pemotongan pada kata “Halo”, “selamat”, “anda”, “mendapatkan”, “hadiah”, “dari” “perusahaan”, “kami”, “berupa”, “mobil”, “avanza”, “satu”, “buah”, “silahkan”, “transfer”, “uang”, “10juta”, “nantinya”, “barangnya”, “dikirimkan” sebagaimana yang terlihat pada gambar di atas. Hal yang sama juga dilakukan kepada rekaman suara pada *provider Magic Call* Telkomsel, dan rekaman suara pada *provider Magic Call* XL, baik pada yang *high pitch* maupun yang *low pitch*.

4.4 Analisis

4.4.1 Analisis Statistik *Pitch*

Analisis ini didasarkan pada kalkulasi statistik nilai *pitch* dari masing-masing rekaman suara *Magic Call* dari *provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* dari *provider* XL dengan rekaman suara asli. Karakteristik *pitch* dari masing-masing suara tersebut dibandingkan pada *minimum pitch*, *maximum pitch* dan *mean pitch* [13][15].

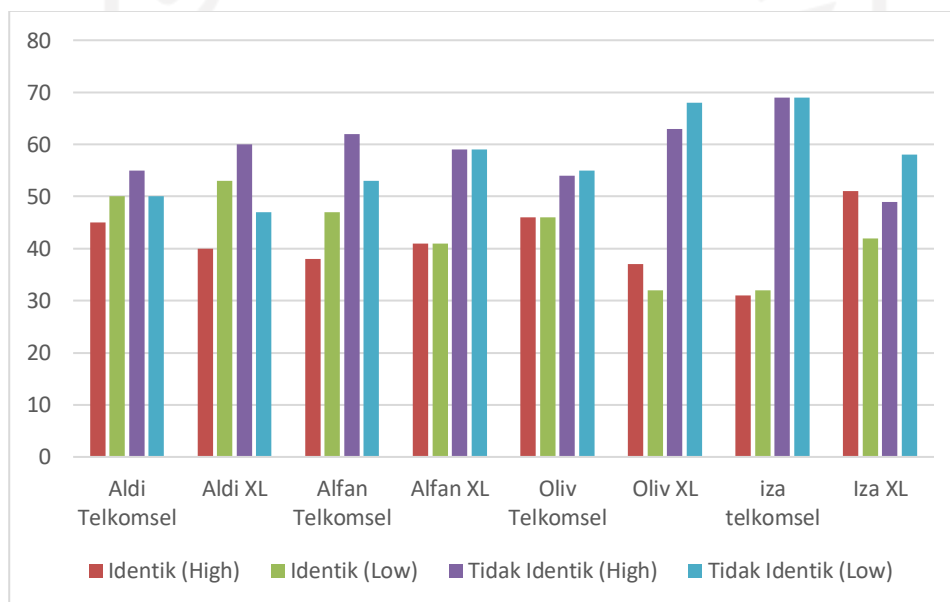
Jika karakteristik *pitch* dari masing-masing suara tersebut menunjukkan tingkat perbedaan yang besar, maka dapat disimpulkan bahwa *pitch* dari rekaman suara *Magic Call* dari *provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* dari *provider* XL dengan rekaman suara asli adalah berbeda. Masing-masing rekaman suara diekstrak untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan seperti nilai *pitch minimum*, *maksimum*, *quantile*, *mean* dan *standar deviasi* menggunakan *Tools Praat*.



Gambar 4.10 Ekstrak nilai *pitch minimum*, *maksimum*, *quantile*, *mean* dan *standar deviasi*.

Nilai *pitch* sangatlah 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[31]. Sebaliknya, semakin tinggi intonasinya, maka akan semakin tinggi pula nilai *pitch*-nya. Sering kali kondisi percakapan yang ada di rekaman barang bukti berbeda dengan kondisi pengambilan suara pembanding.

Misalnya pada rekaman barang bukti subjek berbicara penuh semangat di atas panggung di hadapan banyak orang, namun ketika diambil sampel suara pembandingan subjek berbicara sangat datar dengan kondisi psikologi yang berbeda meskipun dalam melakukan rekaman bersifat *pro justicia* (demi hukum), walaupun begitu rekaman suara barang bukti telah ditingkatkan intensitas suaranya melalui audio *enhancement*. Hal ini tetap berpengaruh secara langsung terhadap nilai *pitch*. Itu sebabnya, secara umum tingkat analisis *statistik pitch* berada di bawah posisi analisis *formant* dan *spectrogram* dalam *voice recognition*. Adapun nilai *pitch* yang didapatkan pada rekaman suara *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* pada *provider* XL dengan rekaman suara asli secara menyeluruh adalah sebagai berikut:



Gambar 4.11 Perbedaan nilai *pitch* secara menyeluruh pada rekaman suara asli dan rekaman *Magic Call* dari *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call* dari *Provider* XL.

Gambar 4.11 menunjukkan perbedaan nilai *pitch* secara menyeluruh pada kalimat “selamat anda mendapatkan hadiah dari perusahaan kami berupa mobil avanza satu buah”. Untuk mendapatkan analisis yang lebih mendalam, dilakukan analisis *statistik pitch* pada masing-masing kata pada rekaman suara *Magic Call* dari *provider* Telkomsel dan *provider* XL dengan rekaman suara asli.

a. Analisis statistik *pitch* rekaman suara *Magic Call* Aldi dari *Provider* Telkomsel dan suara *Magic Call* Aldi dari *Provider* XL dengan rekaman suara asli

Berikut ini merupakan beberapa perbedaan jarak antara *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standard deviation* pada masing-masing kata antara rekaman suara

Magic Call pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.2 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Aldi Pitch</i> (Hz)	<i>M Call XL Aldi Pitch</i> (Hz)	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	76.69245499094838 Hz	145.95270398035828 Hz	101.79659627286381 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	265.9976313458065 Hz	184.35780367365146 Hz	115.40061176139642 Hz
<i>Pitch quantile</i>	236.10349978654975 Hz	155.56785028129147 Hz	106.23205087027912 Hz
<i>Pitch mean</i>	229.05273060545565 Hz	157.02828782986518 Hz	108.21202363292316 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	48.543983894795694 Hz	9.315267924773124 Hz	4.1092356330758895 Hz

tabel 4.2 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standar deviasi* yang lebar antara rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL pada kata “Selamat” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.3 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli pada kata “Anda”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Aldi Pitch</i> (Hz)	<i>M Call XL Aldi Pitch</i> (Hz)	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	227.644513283122 Hz	151.22190413018953 Hz	101.60113331118404 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	254.39563550506728 Hz	164.70829466114915 Hz	115.43792282062151 Hz
<i>Pitch quantile</i>	238.5020065562947 Hz	158.09165116800398 Hz	105.4623802937242 Hz
<i>Pitch mean</i>	238.74503979014798 Hz	157.72487612149834 Hz	106.50205310590088 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	6.976002765944068 Hz	3.017921818500612 Hz	3.1633346473110935 Hz

Pada tabel 4.3 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call* Aldi

pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.4 Statistik *pitch* rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli pada kata “Mendapatkan”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Aldi Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Aldi Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	122.39304781381331 Hz	140.94704793869835 Hz	97.66102811553257 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	244.67869093240137 Hz	177.89216948400994 Hz	547.2701912129627 Hz
<i>Pitch quantile</i>	230.92089659650986 Hz	155.9407165308376 Hz	107.2632803825575 Hz
<i>Pitch mean</i>	217.8715556754719 Hz	156.3375082041239 Hz	122.56865130492854 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	37.19566224503144 Hz	7.074076953638283 Hz	84.9358703162199 Hz

tabel 4.4 juga terlihat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL pada kata “Mendapatkan” TIDAK IDENTIK” dengan rekaman suara asli. Untuk Analisis statistik *pitch* antara rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli dapat dilihat pada lampiran.

b. Analisis statistik *pitch* rekaman suara *Magic Call* Alfian dari *Provider* Telkomsel dan suara *Magic Call* Alfian dari *Provider* XL dengan rekaman suara asli

Berikut ini merupakan beberapa perbedaan jarak antara *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standard deviation* pada masing-masing kata antara rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.5 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call* Alfian pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

Analisis Statistik	<i>M Call</i> Tel Alfian <i>Pitch</i> (Hz)	<i>M Call</i> XL Alfian <i>Pitch</i> (Hz)	Rekaman Asli
<i>Pitch</i> minimum	94.83021617321587 Hz	151.13411061215885 Hz	116.14761931563301 Hz
<i>Pitch</i> maksimum	247.393081539475 Hz	151.13411061215885 Hz	134.56103806902397 Hz
<i>Pitch</i> quantile	220.1895472093292 Hz	157.5007765152231 Hz	129.73099973205672 Hz
<i>Pitch</i> mean	215.2577469449706 Hz	160.5320621362387 Hz	127.2106609630449 Hz
<i>Pitch</i> standar deviasi	35.08283522296439 Hz	8.203646550968657 Hz	6.357224596458486 Hz

Tabel 4.5 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch* *minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan *Magic Call* Alfian pada *Provider* XL dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* XL pada kata “Selamat” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.6 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call* Alfian pada *Provider* XL dengan rekaman suara asli pada kata “Anda”

Analisis Statistik	<i>M Call</i> Tel Alfian <i>Pitch</i> (Hz)	<i>M Call</i> XL Alfian <i>Pitch</i> (Hz)	Rekaman Asli
<i>Pitch</i> minimum	210.60143574442355 Hz	160.0086832572233 Hz	117.89915099283833 Hz
<i>Pitch</i> maksimum	235.47494201272025 Hz	167.77641176834553 Hz	157.34828238276526 Hz
<i>Pitch</i> quantile	214.90653663200288 Hz	163.2928134623129 Hz	123.80868983342808 Hz
<i>Pitch</i> mean	217.1432529863174 Hz	163.00830936692924 Hz	126.00205926005492 Hz
<i>Pitch</i> standar deviasi	6.561767220204728 Hz	1.9686094177618585 Hz	9.247150519033413 Hz

Tabel 4.6 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch* *minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call* Alfian

pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider XL* dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider XL* pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.7 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call* Alfian pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli pada kata “Mendapatkan”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Alfian Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Alfian Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	121.91634491938584 Hz	159.44956862965986 Hz	111.20185867175216 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	233.91966969444218 Hz	166.20984715164408 Hz	122.44604088035932 Hz
<i>Pitch quantile</i>	207.17885799458716 Hz	163.29231150666376 Hz	117.96856280775836 Hz
<i>Pitch mean</i>	195.18433373344547 Hz	162.99253085597957 Hz	118.00417756234158 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	33.922923237048515 Hz	1.581388167133468 Hz	2.7040517073971455 Hz

Tabel 4.7 juga terlihat perbedaan nilai statistik *pitch minimum, maximum, quantile, mean* dan *standar deviasi* yang lebar antara rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider XL* pada kata “Mendapatkan” TIDAK IDENTIK” dengan rekaman suara asli. Untuk Analisis statistik *pitch* antara rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* Alfian pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli dapat dilihat pada lampiran.

c. Analisis statistik *pitch* rekaman suara *Magic Call Oliv* dari *Provider Telkomsel* dan suara *Magic Call Oliv* dari *Provider XL* dengan rekaman suara asli

Tabel 4.8 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call Oliv* pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call Iza* pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Oliv Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Oliv Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	202.3547942540005 Hz	109.27985544618177 Hz	229.50097350663884 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	510.99110320282875 Hz	262.47826751834504 Hz	279.8065569918256 Hz
<i>Pitch quantile</i>	465.67472900346 Hz	217.6821263899477 Hz	234.7190573291509 Hz
<i>Pitch mean</i>	420.2365637758503 Hz	217.35814489038296 Hz	241.69347974448692 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	106.52363616970422 Hz	25.73756352948237 Hz	13.890814106251886 Hz

Pada tabel 4.8 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum, maximum, quantile, mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* XL dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* XL pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.9 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call Oliv pada Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call Oliv pada Provider* XL dengan rekaman suara asli pada kata “Anda”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Oliv Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Oliv Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	418.2566079739901 Hz	125.44485565107964 Hz	227.81183482728122 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	510.12497031328974 Hz	281.01695704924134 Hz	241.01125986751632 Hz
<i>Pitch quantile</i>	482.8668238394372 Hz	208.87451974818447 Hz	232.7875049322768 Hz
<i>Pitch mean</i>	478.5101840043154 Hz	212.10953419526982 Hz	233.62242055364035 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	26.95831929995678 Hz	31.99028777414334 Hz	4.129741277004309 Hz

Tabel 4.9 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum, maximum, quantile, mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* XL dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Oliv pada Provider* XL pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman

suara asli.

Tabel 4.10 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call Oliv* pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call Oliv* pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli pada kata “Mendapatkan”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Oliv Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Oliv Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	418.2566079739901 Hz	125.44485565107964 Hz	227.81183482728122 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	510.12497031328974 Hz	281.01695704924134 Hz	241.01125986751632 Hz
<i>Pitch quantile</i>	482.8668238394372 Hz	208.87451974818447 Hz	232.7875049322768 Hz
<i>Pitch mean</i>	478.5101840043154 Hz	212.10953419526982 Hz	233.62242055364035 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	26.95831929995678 Hz	31.99028777414334 Hz	4.129741277004309 Hz

Tabel 4.10 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standar deviasi* yang lebar antara rekaman suara *Magic Call Oliv* pada *Provider telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call Oliv* pada *Provider XL* dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call Oliv* pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Oliv* pada *Provider XL* pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

d. Analisis statistik *pitch* rekaman suara *Magic Call* iza dari *Provider* Telkomsel dan suara *Magic Call Iza* dari *Provider XL* dengan rekaman suara asli

Tabel 4.11 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call Iza* pada *Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call Iza* pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

Analisis Statistik	<i>M Call T.Sel Iza Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Iza Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	317.3551199262737 Hz	195.6699825573034 Hz	294.97544708806413 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	514.7570954342518 Hz	244.61245582373994 Hz	325.62571983692635 Hz
<i>Pitch quantile</i>	391.51095188198826 Hz	209.28763302364143 Hz	301.80905722553035 Hz
<i>Pitch mean</i>	386.61419558635856 Hz	216.50746598372515 Hz	304.6983704015998 Hz
<i>Pitch</i>	39.56096457297311	16.959789788506374	7.889073480249296 Hz

Analisis Statistik	<i>M Call T.Sel Iza Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Iza Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>standar deviasi</i>	Hz	Hz	

Pada tabel 4.11 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standar deviasi* yang lebar antara rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL* dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL* pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.12 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call Iza pada Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call Iza pada Provider XL* dengan rekaman suara asli pada kata “Anda”

Analisis Statistik	<i>M Call Tel Iza Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Iza Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	369.05970276113754 Hz	226.88602870826028 Hz	338.3086086366781 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	447.8708348724194 Hz	257.2999876510646 Hz	382.5797966189696 Hz
<i>Pitch quantile</i>	416.30385012266936 Hz	247.36093536347678 Hz	362.54477587670004 Hz
<i>Pitch mean</i>	416.30385012266936 Hz	243.94764794251196 Hz	362.46680448250487 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	23.53860820136948 Hz	9.164506756364888 Hz	9.527991214444533 Hz

Pada tabel 4.12 dapat dilihat terdapat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standar deviasi* yang lebar antara rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL* dengan rekaman suara Asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL* pada kata “Anda” TIDAK IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Tabel 4.13 Statistik *pitch* rekaman *Magic Call Iza pada Provider* Telkomsel dan rekaman *Magic Call Iza pada Provider XL* dengan rekaman suara asli pada kata “Mendapatkan”

Analisis Statistik	<i>M Call T. Sel Iza Pitch (Hz)</i>	<i>M Call XL Iza Pitch (Hz)</i>	Rekaman Asli
<i>Pitch minimum</i>	289.5480161221438 Hz	205.1526855980282 Hz	294.97544708806413 Hz
<i>Pitch maksimum</i>	433.98065900651653 Hz	227.15955214701805 Hz	325.62571983692635 Hz
<i>Pitch quantile</i>	382.16876815457135 Hz	214.0382640225359 Hz	301.80905722553035 Hz
<i>Pitch mean</i>	384.3907019573193 Hz	213.90523250025473 Hz	304.6983704015998 Hz
<i>Pitch standar deviasi</i>	25.502502281971104 Hz	5.17139464308986 Hz	7.889073480249296 Hz

Pada tabel 4.13 juga terlihat perbedaan nilai statistik *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan standar deviasi yang lebar antara rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL dengan* rekaman suara asli. Dari tabel statistik di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa rekaman suara *Magic Call Alfian pada Provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL* pada kata “Mendapatkan” TIDAK IDENTIK” dengan rekaman suara asli. Untuk Analisis statistik *pitch* antara rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call Iza pada Provider XL dengan* rekaman suara asli dapat dilihat pada lampiran.

Pada analisis statistik *pitch* antara rekaman suara *Magic Call pada provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call pada provider XL dengan* rekaman suara asli secara menyeluruh, ditemukan nilai *pitch minimum*, *maximum*, *quantile*, *mean* dan *standard deviation* dengan jarak yang lebar baik pada kata “Halo”, “selamat”, “anda”, “mendapat”, “hadiah”, “dari” “perusahaan”, “kami”, “berupa” “mobil”, “avanza”, “satu”, “buah”Silahkan”,”ransfer”,”uang”,”10juta”,“nanti”,”barangnya”,”dikirimkan,.. Sehingga pada analisis statistik *pitch* ini disimpulkan bahwa rekaman suara *Magic Call pada provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call pada provider XL TIDAK IDENTIK* dengan rekaman suara asli.

Untuk menarik kesimpulan tersebut, hal yang mudah dan kuat argumentasinya untuk dianalisis terlebih dahulu adalah nilai *mean* (rata-rata) *pitch*, kemudian dilanjutkan dengan melihat nilai statistik yang lain. Nilai *standard deviation* tidak boleh terlalu tinggi dan perbedaannya dengan nilai *mean* tidak terlalu dekat. Dari analisis statistik *pitch* antara rekaman suara *Magic Call pada provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call pada*

provider XL dengan rekaman suara asli dapat disimpulkan tidak identik.

4.4.2 Analisis Statistik *Formant* dan *Bandwith*

Pada tahapan analisis statistik *formant* dan *bandwidth* yang dilakukan yaitu ada dua jenis analisis.

a. Analisis Anova

Untuk mendapatkan nilai statistik *formant* pada kata “Halo”, “selamat”, “anda”, “mendapat”, “hadiah”, “dari” “perusahaan”, “kami”, “berupa” “mobil”, “avanza”, “satu”, “buah”, “silahkan”, “transfer” “uang”, “10juta”, “nanti”, “barangnya”, “dikirimkan” pada rekaman an suara *Magic Call* pada *provider* telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* pada *provider* XL dengan rekaman suara asli digunakan *tools praat* yaitu dengan menampilkan *list tabulasi* pada *formant* masing-masing kata pada rekaman suara. *Magic Call* dari *Provider Telkomsel* dan rekaman suara dari *Provider XL* dengan rekaman suara asli. Hasil *tabulasi* tersebut kemudian dimasukkan kedalam *Gnumeric Spreadsheet* untuk dilakukan analisis *Anova One way*.

time(s)	nformants	F1(Hz)	B1(Hz)	F2(Hz)	B2(Hz)	F3(Hz)	B3(Hz)	F4(Hz)	B4(Hz)	F5(Hz)	B5(Hz)
25625	3	1495404	728	2477642	42486	5433964					
31875	3	1495221	753	2481183	38306	5435150					
38125	3	1495178	793	2484772	33816	5435993					
44375	3	1495274	843	2487534	29669	5436517					
50625	3	1495484	897	2489520	27057	5436867					
56875	4	934422	501194	1887319	610778	2708748					
63125	4	942489	403715	1900774	459930	2947179					
69375	4	956080	363055	1935264	390893	2995395					
75625	4	932594	355246	1948956	390893	2995145					
81875	4	851661	477004	1997746	417267	2921596					
88125	4	841493	577967	1999274	682958	2909463					
94375	4	778218	561431	1922206	470293	2874868					
100625	4	882328	446563	1919164	303074	2841205					
106875	4	904111	554256	1922614	471189	2703483					
113125	4	813761	751172	1701712	544223	2559996					
119375	4	810880	670084	1691481	228551	2778061					
125625	4	737065	612378	1675682	222065	2738645					
131875	4	619895	753646	1740108	439282	2749783					
138125	4	1227183	924666	2284455	2345249	2402549					
144375	4	1013677	681112	2157653	552943	2550544					
150625	4	1187080	797709	2034264	543533	2624119					

Gambar 4.12 Analisis Anova One Factorial

kesimpulan analisis *Anova*, *formant* yang dibutuhkan paling tidak *formant* 1, 2, dan 3 yang harus dianalisis. Jika 2 (dua) di antara *formant* 1, 2, dan 3 menunjukkan *Accepted* maka hal tersebut sudah cukup untuk menarik kesimpulan IDENTIK berdasarkan *Anova*. Walaupun begitu, kesimpulan ini juga biasanya didukung dengan *formant* 4 atau 5. *Bandwidth* digunakan pada hal-hal yang bersifat kasuistis, yaitu dimana subyek berusaha memberikan suara pembeding yang benar-benar berbeda secara *aural* dengan suara aslinya, yang

dalam kasus ini, biasanya menggunakan layanan *Magic Call*. Untuk kasus-kasus biasa, *bandwidth* jarang digunakan untuk kepentingan *voice recognition*.

- **Analisis statistik Anova rekaman suara *Magic Call* Aldi pada provider Telkomsel (*high pitch*) dengan rekaman suara asli**

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis statistik Anova pada *formant* dan *bandwidth* rekaman suara *Magic Call* Aldi pada provider Telkomsel dan rekaman rekaman sara asli.

Tabel 4. 14 Analisis statistik Anova antara rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider* Telkomsel dan rekaman suara asli (*high pitch*) dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

	<i>Ratio-F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F-Critical</i>	<i>Conclution</i>
F1	59.68335526691861	9.819352211300624E-13	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
F2	9.623557729423663	0.002255990505315564	3.8977458117644797	<i>Reject</i>
F3	43.73589624566213	4.860975397950912	3.8977458117644797	<i>Reject</i>
F4	14.577804179518385	0.00018963001817319704	3.8980885789167403	<i>Accepted</i>
F5	10.478195957390945	0.0016004419510045956	3.928195130372337	<i>Accepted</i>
B1	6.040529949646969	0.015002599646486805	3.8977458117644797	<i>Reject</i>
B2	0.556394752597015	0.4567651732135091	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
B3	5.9939159476346555	0.015389653059262903	3.8977458117644797	<i>Reject</i>
B4	8.917086950404277	0.0032530295370290906	3.8980885789167403	<i>Reject</i>
B5	0.08843140201482685	0.7667468552717873	3.928195130372337	<i>Accepted</i>

Pada tabel 4.14 dapat ditarik kesimpulan bahwa, hasil analisis Anova untuk nilai *formant* 1, 2, 3, 4, 5 berikut nilai *bandwidth*-nya menunjukkan pengucapan kata “Selamat” pada rekaman suara *Magic Call* Aldi pada *Provider telkomsel (high pitch)* adalah IDENTIK dengan rekaman suara asli, karena *formant* 2, *bandwith* 4 dan 5 *Accepted*.

- **Analisis statistik Anova rekaman suara *Magic Call* Aldi pada provider Telkomsel (*Low pitch*) dengan rekaman suara asli.**

Barikut ini adalah sebagian tabel analisis statistik Anova pada *formant* dan *bandwidth* rekaman *Magic Call* Aldi pada *Provider telkomsel (low pitch)* dan rekaman saura asli.

Tabel 4. 15 Analisis statistik Anova antara rekaman saura *Magic Call* Aldi pada *Provider Telkomsel dan Rekaman Suara Asli (Low Pitch)* dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

	<i>Ratio-F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F-Critical</i>	<i>Conclusion</i>
F1	1.6545749687926448	0.20011783228755906	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
F2	17.28518761657809	5.13075303555585E-05	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
F3	1.8604263600633213	0.17441112632711622	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
F4	19.606381662966864	1.7195879942501545E-05	3.8980885789167403	<i>Accepted</i>

	<i>Ratio-F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F-Critical</i>	<i>Conclusion</i>
F5	366.7281952782135	3.380980833099027E-36	3.930691902360064	<i>Accepted</i>
B1	1.271300110862188	0.26114029339248573	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
B2	8.572541530636784	0.003889104472637013	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
B3	5.8208152057199944	0.016920380078025054	3.8977458117644797	<i>Accepted</i>
B4	96.06549224327117	3.513572331116056E-18	3.8980885789167403	<i>Accepted</i>
B5	0.24692759250031893	0.6202758771190983	3.930691902360064	<i>Reject</i>

Pada tabel 4.15, dapat ditarik kesimpulan bahwa, hasil analisis Anova untuk nilai *formant* 1,2, 3, 4, 5 berikut nilai bandwidth-nya menunjukkan pengucapan kata “Selamat” pada rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider Telkomsel (low pitch)* adalah IDENTIK dengan rekaman asli, karena *formant* 1, bandwith 4 dan 5 bernilai *Accepted*

- **Analisis statistik Anova rekaman suara *Magic Call Aldi pada provider XL (high pitch)* dengan rekaman suara asli**

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis statistik Anova pada *formant* dan *bandwith* rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider XL* dan rekaman rekaman suara asli.

Tabel 4.16 Analisis statistik Anova antara rekaman saura *Magic Call Aldi pada Provider telkomsel dan rekaman suara asli (high pitch)* dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

	<i>Ratio-F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F-Critical</i>	<i>Conclusion</i>
F1	5.599266462873855	0.019456363888907965	3.914559163383258	<i>Reject</i>
F2	41.685685078038745	1.988427093565376E-09	3.914559163383258	<i>Reject</i>
F3	16.116577225615558	0.00010044332900808778	3.914559163383258	<i>Reject</i>
F4	35.05446991642951	2.7275824641244237E-08	3.914559163383258	<i>Accepted</i>
F5	5.818316448649045	0.017289915246983815	3.915726750921623	<i>Reject</i>
B1	50.82381880467564	6.420031856225658E-11	3.914559163383258	<i>Reject</i>
B2	1.532726085159872	0.217952195506337	3.914559163383258	<i>Accepted</i>
B3	54.451255740578965	1.729735025513989E-11	3.914559163383258	<i>Reject</i>
B4	3.2738389152000957	0.07272116768160752	3.914559163383258	<i>Reject</i>
B5	0.007069978869850505	0.9331227048456021	3.915726750921623	<i>Reject</i>

- **Analisis statistik Anova rekaman suara *Magic Call Aldi pada provider XL (Low pitch)* dengan rekaman suara asli**

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis statistik Anova pada *formant* dan *bandwith* rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider XL* dan rekaman rekaman suara asli.

Tabel 4.17 Analisis statistik Anova antara rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider xl dan rekaman suara asli (Low Pitch)* dan rekaman suara asli pada kata “Selamat”

	<i>Ratio-F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F-Critical</i>	<i>Conclusion</i>
F1	23.63506723270521	3.1873548342144438E-06	3.911266743451786	<i>Accepted</i>

	<i>Ratio-F</i>	<i>P-Value</i>	<i>F-Critical</i>	<i>Conclusion</i>
F2	38.91207648942773	5.3208224928871705E-09	3.911266743451786	<i>Reject</i>
F3	19.198927578506552	2.3464441825056095E-05	3.911266743451786	<i>Accepted</i>
F4	19.290080811365833	2.2504611045965152E-05	3.911266743451786	<i>Accepted</i>
F5	331.64059792652284	9.534039741584789E-33	3.9412215469195906	<i>Reject</i>
B1	2.9294108549265734	0.08927568579304447	3.911266743451786	<i>Accepted</i>
B2	1.7357298604769296	0.18991237413189424	3.911266743451786	<i>Accepted</i>
B3	5.024443427575851	0.02662417286755953	3.911266743451786	<i>Reject</i>
B4	74.07977962797733	1.7066444178954977E-14	3.911266743451786	<i>Reject</i>
B5	2.843772712555837	0.09501017414752176	3.9412215469195906	<i>Accepted</i>

Pada tabel 4.17, nilai *formant* 1, 2, 3, 4, 5 berikut nilai *bandwidth*-nya menunjukkan nilai *Rejected*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengucapan kata “Selamat” pada rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider xl (low pitch)* adalah IDENTIK dengan rekaman asli. Untuk analisis statistik Anova secara lengkap pada rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider Telkomsel dan rekaman suara Magic Call Aldi pada Provider xl* dengan rekaman suara asli dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan analisis statistik Anova secara menyeluruh pada rekaman rekaman suara *Magic Call Aldi pada Provider Telkomsel dan rekaman suara Magic Call Aldi pada Provider xl* dengan rekaman suara asli, maka diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 18 Hasil analisis Anova antara rekaman *Magic Call pada Provider telkomsel dan rekaman Magic Call pada Provider xl* dengan rekaman suara asli

	Jumlah	Identik	Tidak Identik
<i>Magic Call Aldi pada Provider Telkomsel (high pitch)</i>	20	10	10
<i>Magic Call Aldi pada Provider Telkomsel (low pitch)</i>	20	17	3
<i>Magic Call Aldi pada Provider XL (high pitch)</i>	20	12	8
<i>Magic Call Aldi pada Provider XL (low pitch)</i>	20	18	2

b. Analisis Likelihood Ratio

Analisis *likelihood ratio* digunakan untuk memperkuat hasil analisis *Anova* yang didapat sebelumnya dengan memberikan *statement* hipotesis mendukung penuntutan/perlawanan, karena analisis *likelihood ratio* ini dapat menjelaskan seberapa *level* analisis yang mendukung hipotesis penuntutan maupun hipotesis perlawanan. Adapun formula LR adalah sebagai berikut:

Dimana :

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

- $p(E|Hp)$ 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.

$p(E|Hp)$ berasal dari *p-value Anova*, sedangkan $p(E|Hd) = 1 - p(E|Hp)$. Jika $LR > 1$, maka hal ini mendukung $p(E|Hp)$, sebaliknya jika $LR < 1$, maka $p(E|Hd)$ yang didukung. Untuk itu, haruslah nilai $p(E|Hp) > 0.5$ untuk dapat menyimpulkan bahwa suara barang bukti (*unknown*) dan suara pembanding (*known*) berasal dari orang yang sama (IDENTIK).

- **Analisis likelihood ratio rekaman suara Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (*high pitch*) dan rekamansuara asli**

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis *likelihood ratio* rekaman suara *Magic Call aldi* pada *Provider telkomsel (high pitch)* dan rekaman suara asli.

Tabel 4. 19 Analisis *likelihood ratio* pada kata “selamat” *Magic Call* pada *Provider telkomsel (high pitch)*.

	(P-Value) = p(E Hp)	1-p(E Hp)	LR	Verbal Statement
F1	9,82E+02	-9,81E+02	-1,00E+00	<i>Limited evidence against</i>
F2	0,002255991	0,997744009	0,002261092	<i>Limited evidence against</i>
F3	4,86E+05	-4,86E+05	-1,00E+00	<i>Limited evidence against</i>
F4	0,00018963	0,99981037	0,000189666	<i>Limited evidence against</i>
F5	0,001600442	9,98E-01	1,60E-03	<i>Limited evidence against</i>
B1	0,015003	0,984997	0,015231	<i>Limited evidence against</i>
B2	0,456765	5,43E-01	8,41E-01	<i>Limited evidence against</i>
B3	0,01539	0,98461	0,01563	<i>Limited evidence against</i>
B4	0,003253	0,003253	3,26E-03	<i>Limited evidence against</i>
B5	0,766747	0,233253	3,287188	<i>Moderate evidence to support</i>

Pada tabel 4.19, nilai *F5*, *B2*, *B4*, dan *bandwidth 5* memiliki nilai $LR > 1$ yang berarti mendukung hipotesis penuntutan. Sedangkan *formant* dan *bandwidth* yang lain mendukung hipotesis perlawanan.

- Analisis *likelihood ratio* rekaman suara *Magic Call aldi* pada *Provider Telkomsel (low pitch)* dan rekamansuara asli.

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis *likelihood ratio* rekaman suara *Magic Call aldi* pada *Provider telkomsel (low pitch)* dan rekaman suara asli.

Tabel 4.20 Analisis *likelihood ratio* pada kata “selamat” *Magic Call* pada *Provider telkomsel (low pitch)*.

	(P-Value) = p(E Hp)	1-p(E Hp)	LR	Verbal Statement
F1	0,200117832	0,799882168	0,25018414	<i>Limited evidence against</i>
F2	5,13E-05	1,00E+00	5,13E-05	<i>Limited evidence against</i>
F3	1,74E-01	8,26E-01	2,11E-01	<i>Limited evidence against</i>
F4	1,72E-05	1,00E+00	1,72E-05	<i>Limited evidence against</i>
F5	3,38E-36	1,00E+00	3,38E-36	<i>Limited evidence against</i>
B1	2,61E-01	7,39E-01	3,53E-01	<i>Limited evidence against</i>
B2	3,89E-03	9,96E-01	3,90E-03	<i>Limited evidence against</i>
B3	1,69E-02	9,83E-01	1,72E-02	<i>Limited evidence against</i>
B4	3,51E-18	1,00E+00	3,51E-18	<i>Limited evidence against</i>
B5	6,20E-01	3,80E-01	1,63E+00	<i>Moderate evidence to support</i>

Pada tabel 4.20 , nilai *formant 1*, *bandwith 3* dan *bandwidth 5* memiliki nilai LR > 1 yang berarti mendukung hipotesis penuntutan. Sedangkan yang lain mendukung hipotesis perlawanan.

- Analisis *likelihood ratio* rekaman suara *Magic Call aldi* pada *Provider XL (high pitch)* dan rekaman suara asli

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis *likelihood ratio* *Magic Call aldi* pada *Provider XL (high pitch)* dan rekaman suara asli.

Tabel 4. 21 Analisis *likelihood ratio* pada kata “Selamat” *Magic Call aldi* pada *Provider XL (high pitch)*.

	(P-Value) = p(E Hp)	1-p(E Hp)	LR	Verbal Statement
F1	1,95E-02	9,81E-01	1,98E-02	<i>Limited evidence against</i>
F2	1,99E-09	1,00E+00	1,99E-09	<i>Limited evidence against</i>
F3	1,00E-04	1,00E+00	1,00E-04	<i>Limited evidence against</i>
F4	2,73E-08	1,00E+00	2,73E-08	<i>Limited evidence againts</i>
F5	1,73E-02	9,83E-01	1,76E-02	<i>Limited evidence againts</i>
B1	6,42E-11	1,00E+00	6,42E-11	<i>Limited evidence againts</i>
B2	2,18E-01	7,82E-01	2,79E-01	<i>Limited evidence againts</i>

	(P-Value) = p(E Hp)	1-p(E Hp)	LR	Verbal Statement
B3	1,73E-11	1,00E+00	1,73E-11	<i>Limited evidence againts</i>
B4	7,27E-02	9,27E-01	7,84E-02	<i>Limited evidence againts</i>
B5	9,33E-01	6,69E-02	1,40E+01	<i>Moderate evidence to support</i>

Pada tabel 4.21, nilai *formant 1*, *bandwith 3* dan *bandwidth 5* memiliki nilai LR > 1 yang berarti mendukung hipotesis penuntutan. Sedangkan yang lain mendukung hipotesis perlawanan.

- **Analisis *likelihood ratio* rekaman suara Magic Call aldi pada Provider XL (low pitch) dan rekaman suara asli**

Berikut ini adalah sebagian tabel analisis *likelihood ratio* Magic Call aldi pada **Provider XL (low pitch)** dan rekaman suara asli.

Tabel 4. 22 Analisis *likelihood ratio* pada kata “Selamat” Magic Call aldi pada **Provider XL (low pitch)**

	(P-Value) = p(E Hp)	1-p(E Hp)	LR	Verbal Statement
F1	3,19E-06	1,00E+00	3,19E-06	<i>Limited evidence againts</i>
F2	5,32E-09	1,00E+00	5,32E-09	<i>Limited evidence againts</i>
F3	2,35E-05	1,00E+00	2,35E-05	<i>Limited evidence againts</i>
F4	2,25E-05	1,00E+00	2,25E-05	<i>Limited evidence againts</i>
F5	9,53E-33	1,00E+00	9,53E-33	<i>Limited evidence againts</i>
B1	8,93E-02	9,11E-01	9,80E-02	<i>Limited evidence againts</i>
B2	0,189912374	0,810087626	0,23443436	<i>Limited evidence againts</i>
B3	2,66E-02	9,73E-01	2,74E-02	<i>Limited evidence againts</i>
B4	1,71E-14	1,00E+00	1,71E-14	<i>Limited evidence againts</i>
B5	0,095010174	0,904989826	0,104984798	<i>Limited evidence againts</i>

Dari tabel analisis *likelihood ratio* di atas dapat diketahui bahwa semakin besar nilai LR maka semakin kuat pula verbal statement-nya. Untuk melihat tabel verbal statement terdapat pada tabel 3.4 dan tabel 3.5. Analisis *likelihood ratio* lebih detail dapat melihat bagian lampiran.

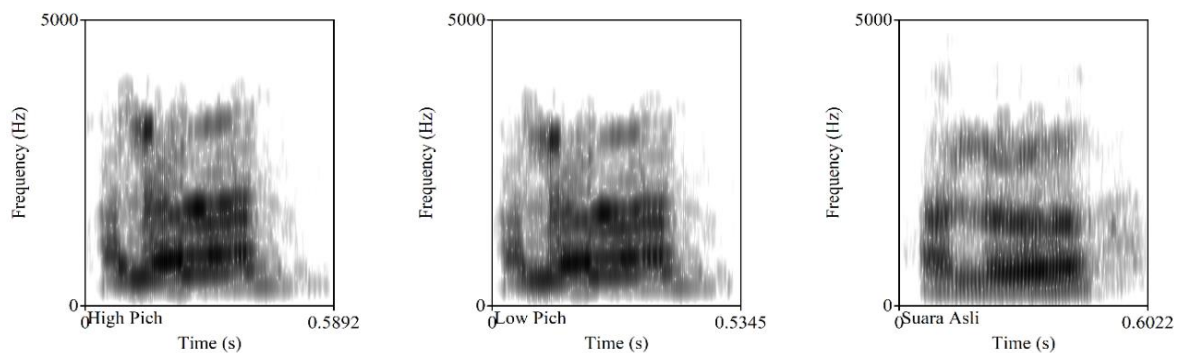
4.4.3 Analisis *Spectrogram*

Analisis *spectrogram* dilakukan guna melihat pola *universal* yang khas diucapkan pada masing-masing *formant* pada setiap kata yang dianalisis. Pada analisis *spectrogram* akan kelihatan tingkat energi masing masing *forman*..

Spectrogram dapat menampilkan pola-pola yang khas *forman* dan *bandwidth* pada pengucapan perkata yang mana pola-pola ini tidak terpengaruh dengan tinggi rendahnya *frekuensi resonansi* tiap- tiap *formant* pada saat pengucapan kata- kata dibuat, sehingga terselip sebagian ahli menyatakan bahwa *spectrogram* merupakan sidik jari suara (*voice fingerprint*). Akan tetapi, untuk *voice recognition*, *spectrogram* bukanlah satu-satunya komponen suara yang dianalisis. Harus terdapat juga analisis terhadap komponen suara yang lain seperti analisis statistik terhadap *pitch* serta *formant* yang berbasis *Anova* serta *Likelihood Ratio* (LR).

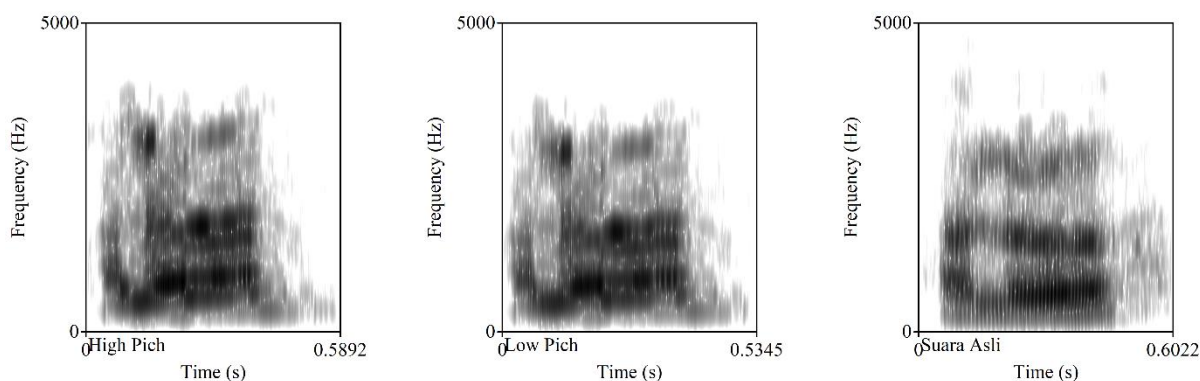
a. Analisis *spectrogram* rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dengan rekaman suara asli

Berikut salah satu hasil analisis *spectrogram* dari *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel Aldi dengan rekaman suara asli.



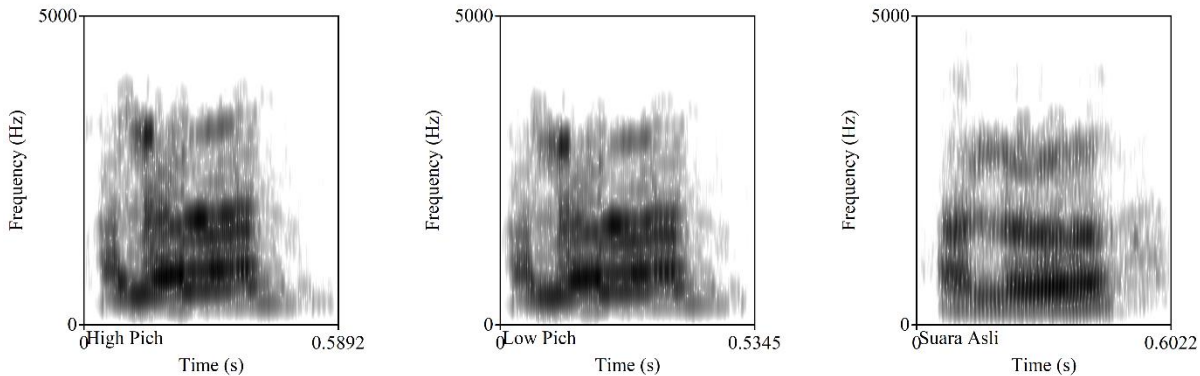
Gambar 4.13 Analisis *Spectrogram* Pada Kata “Halo” Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan Rekaman Suara Asli

pada gambar 4.13, pengucapan kata “Halo” pada Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), dan Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) membentuk pola yang khas pada *forman* 1, 2 dan 3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *spectrogram* antara Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), dan Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) pada kata “Halo” IDENTIK, sedangkan suara asli TIDAK IDENTIK dengan *spectrogram* suara asli.



Gambar 4.14 Analisis *Spectrogram* Pada Kata “Selamat” Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan *Rekaman Suara Asli*

Pada gambar 4.14, menunjukkan analisis rekaman suara kata “Selamat” pada rekaman suara Telkomsel Aldi (*high pitch*), (*Low pitch*), dan (suara asli) membentuk pola yang khas pada *formant* 1, 2 dan 3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *spectrogram* antara rekaman suara (*high pitch*), (*Low pitch*) dan (suara asli) pada kata “Selamat” IDENTIK.

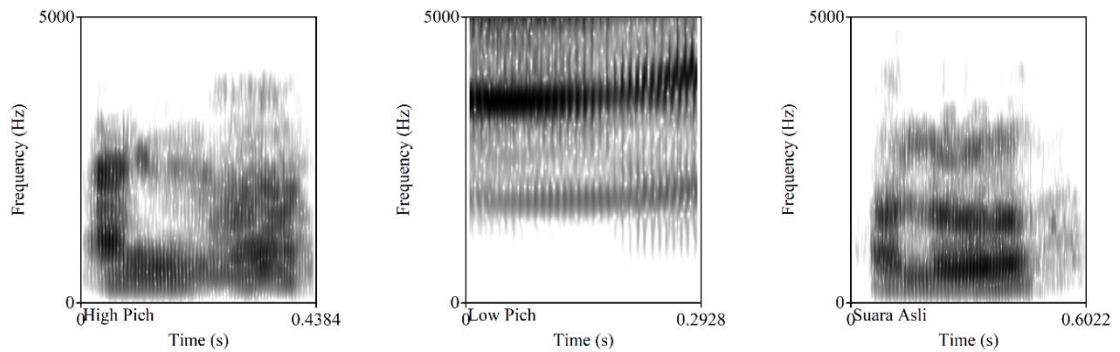


Gambar 4.15 Analisis *Spectrogram* Pada Kata “Anda” Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan *Rekaman Suara Asli*

Pada gambar 4.15, pengucapan kata “Transfer” pada rekaman suara (asli) dan (*High Pitch*) membentuk pola yang khas pada *formant* 1, 2 dan 3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *spectrogram* antara rekaman suara (asli) dan (*High Pitch*) pada kata “Anda” IDENTIK, sedangkan (*Low Pitch*) TIDAK IDENTIK dengan *spectrogram* (*High Pich*).

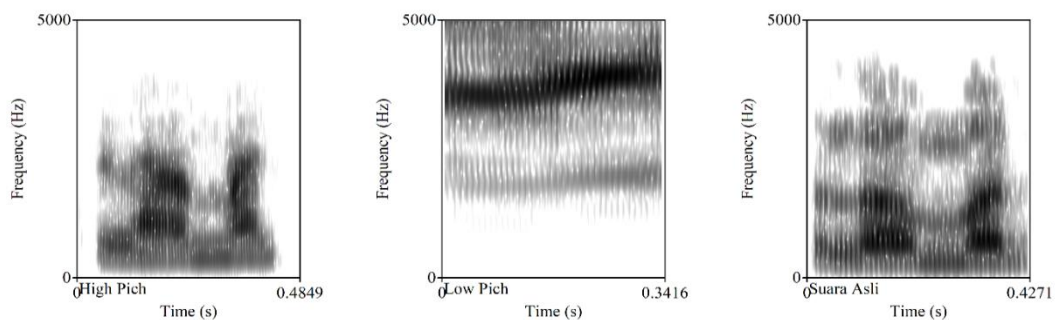
b. Analisis *spectrogram* rekaman suara *Magic Call* pada *Provider XL* dengan rekaman suara asli

Berikut salah satu hasil analisis *spectrogram* dari *Magic Call* pada *Provider XL* Aldi dengan rekaman suara asli.



Gambar 4.16 Analisis *Spectrogram* Pada Kata “Halo” Rekaman Suara *Magic Call* XL Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan Rekaman Suara Asli

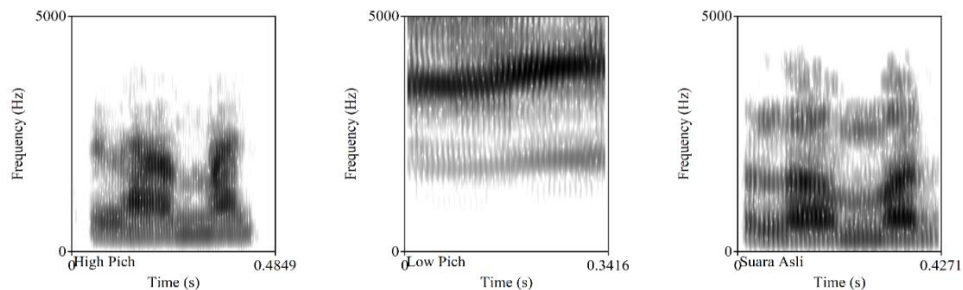
pada gambar 4.16 pengucapan kata “Halo” pada Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), dan Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) membentuk pola yang khas pada *formant* 1, 2 dan 3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *spectrogram* antara Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*High Pitch*), dan Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) pada kata “Halo” TIDAK IDENTIK, sedangkan suara asli IDENTIK dengan *spectrogram* suara asli.



Gambar 4. 17 Analisis *Spectrogram* Pada Kata “Selamat” Rekaman Suara *Magic Call* XL Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan Rekaman Suara Asli

Pada gambar 4.17, menunjukkan analisis rekaman suara kata “Selamat” pada rekaman suara (*High Pitch*), (*Low Pitch*) dan (suara asli) membentuk pola yang khas. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa *spectrogram* antara rekaman suara (*High Pitch*), (*Low Pitch*) dan (suara asli) pada kata “Selamat” TIDAK IDENTIK.



Gambar 4.18 Analisis *Spectrogram* Pada Kata “Anda” Rekaman Suara *Magic Call* XL Aldi (*High Pitch*), Rekaman Suara *Magic Call* Telkomsel Aldi (*Low pitch*) dan Rekaman Suara Asli

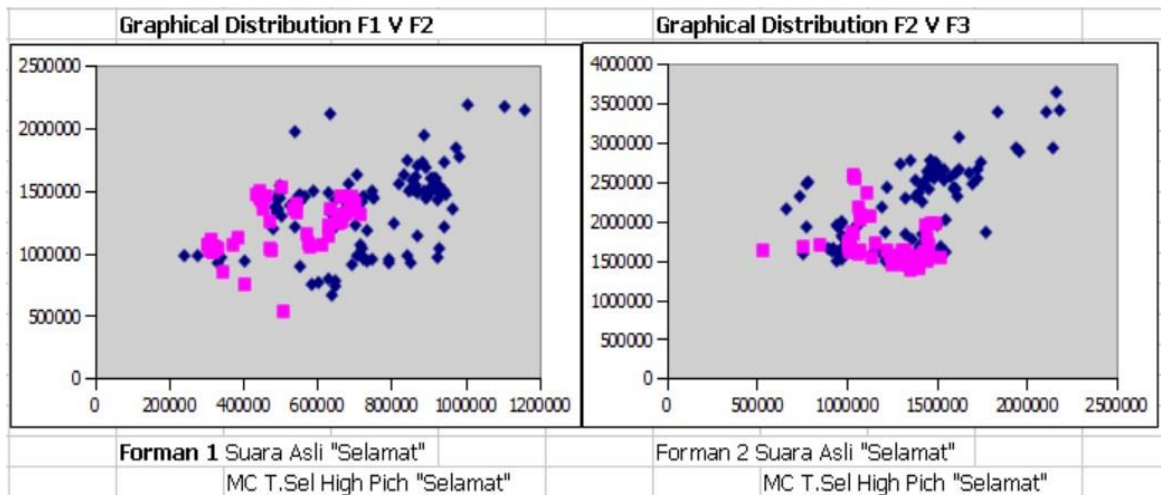
Pada gambar 4.18, menunjukkan analisis rekaman suara kata “Anda” pada rekaman suara (*High Pitch*), (*Low Pitch*) dan (suara asli) membentuk pola yang khas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *spectrogram* antara rekaman suara (*High Pitch*), (*Low Pitch*) dan (suara asli) pada kata “Selamat” TIDAK IDENTIK.

4.4.4 Analisis *Graphical Distribution*

Tujuan dari analisis *graphical distribution* ini adalah untuk menggambarkan dalam bentuk grafis tingkat penyebaran (distribusi) masing masing nilai *formant*. Pada rekaman suara *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan rekaman suara *Magic Call* pada *provider* XL dengan rekaman suara asli yang telah didapat dan dijelaskan sebelumnya untuk analisis statistik *forman*, tabulasi data untuk kedua jenis suara tersebut dapat digunakan untuk melanjutkan analisis ke analisis sebaran grafis (*Graphical Distribution*). Analisis ini masih menggunakan aplikasi *Gnumeric* untuk memetakan bentuk sebaran grafisnya.

- Analisis *Graphical Distribution* suara *Magic Call* aldi pada *Provider* Telkomsel (*high pitch*) dengan rekaman suara asli

Berikut salah satu hasil analisis *Graphical Distribution* antara rekaman *Magic Call* aldi pada *Provider* Telkomsel (*high pitch*) dan rekaman suara asli.

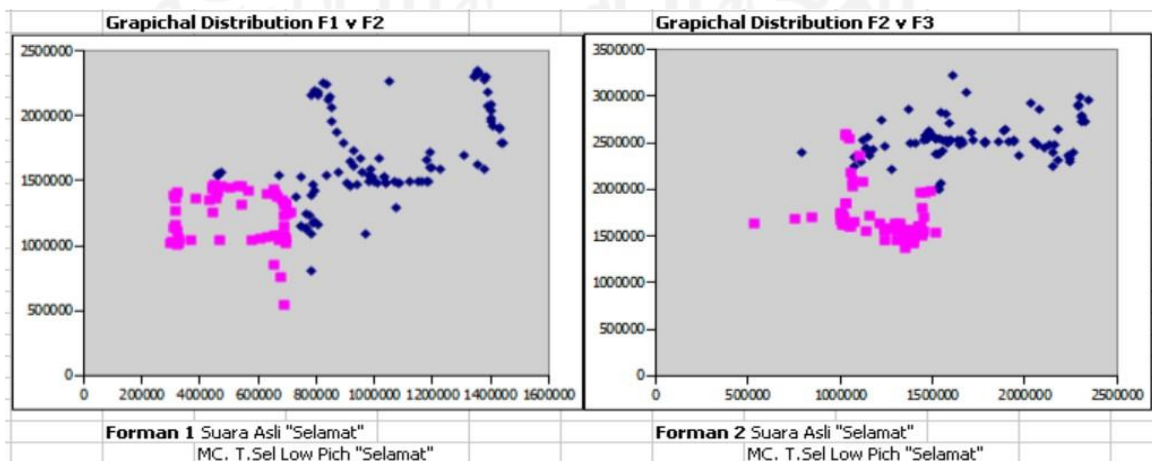


Gambar 4. 19 Analisis *Graphical Distribution* kata “Selamat” *Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (High Pitch)* dan rekaman suara asli

Dari kedua gambar 4.19, diketahui bahwa beberapa nilai *formant* dari *Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (high pitch)* pada kata “Selamat” keluar dari kelompoknya. Jika nilai-nilai ini dieliminir, makadapat dilihat bahwa nilai sebaran grafis *formant* 1, 2 dan 3 antara rekaman *Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (high pitch)* dan rekaman suara asli adalah masih dalam rentang kelompok yang sama (*probability* kesamaan *Anova*). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa *formant* 1, 2 dan 3 antara *Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (high pitch)* dan Rekaman Suara Asli adalah IDENTIK.

- Analisis *graphical distribution* rekaman *Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (low pitch)* dengan rekaman suara asli.

Berikut salah satu hasil analisis *Graphical Distribution* antara rekaman suara *Magic Call aldi pada Provider (low pitch)* dan rekaman saura asli.

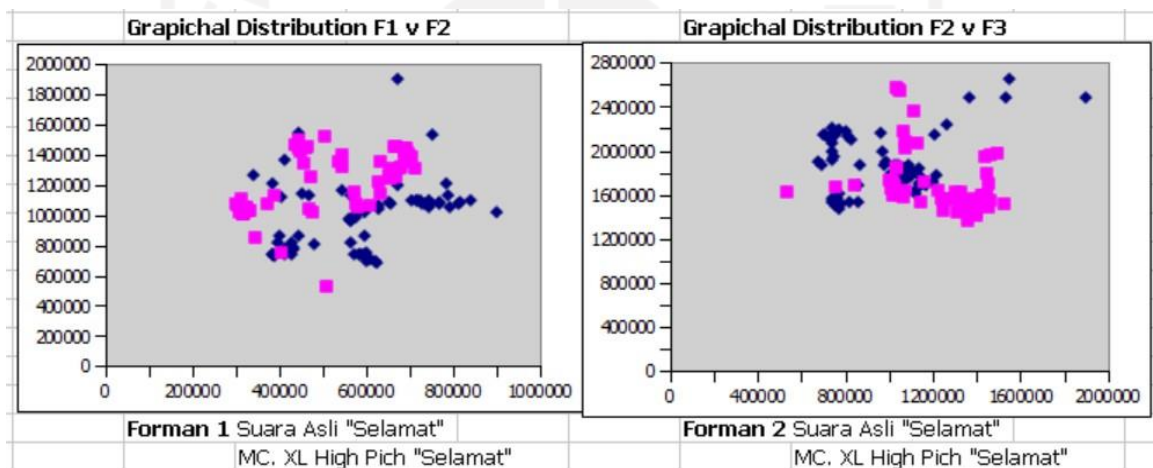


Gambar 4. 20 Analisis *Graphical Distribution* kata “Selamat” *Magic Call aldi pada Provider Telkomsel (Low Pitch)* dengan rekaman suara asli.

Dari kedua gambar 4.20, ada beberapa *nilai formant* dari rekaman *Magic Call* aldi pada *provider* Telkomsel (*low pitch*) pada kata “selamat” yang keluar dari kelompoknya. Jika nilai-nilai tersebut dieliminir, maka dapat dilihat bahwa nilai sebaran *grafis formant* 1, 2 dan 3 antara rekaman *Magic Call* aldi pada *provider* Telkomsel (*low pitch*) dan rekaman suara asli adalah masih dalam rentang kelompok yang sama (*probability* kesamaan *Anova*). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa formant 1, 2 dan 3 antara rekaman *Magic Call* aldi pada *provider* Telkomsel (*low pitch*) dengan rekaman suara asli adalah IDENTIK.

- **Analisis *graphical distribution* rekaman *Magic Call* aldi pada *Provider XL (high pitch)* dan rekaman suara asli.**

Berikut salah satu hasil analisis *graphical distribution* antara rekaman suara *Magic Call aldi* pada *Provider XL (high pitch)* dan rekaman suara asli.

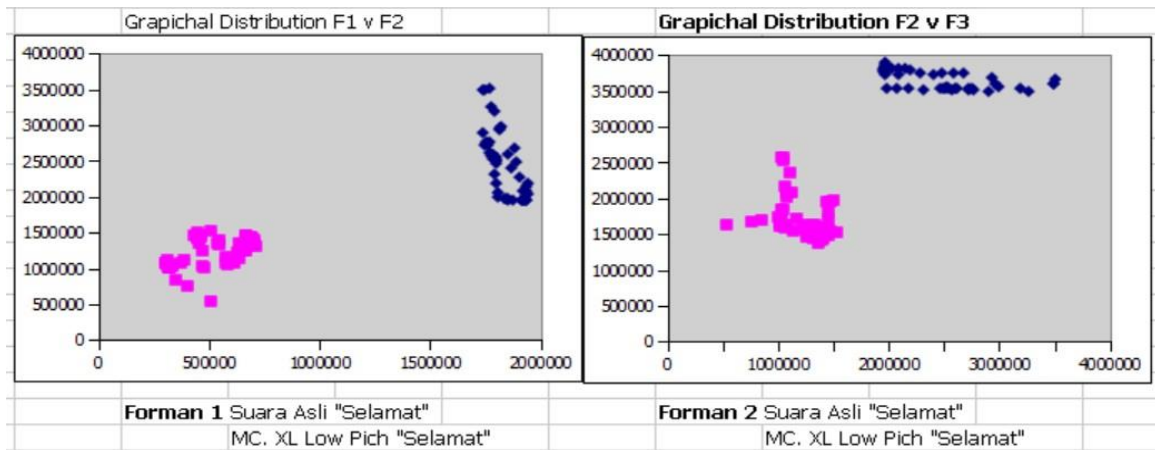


Gambar 4. 21 Analisis *Graphical Distribution* kata “Selamat” *Magic Call* aldi pada *Provider XL (high Pitch)* dengan rekaman suara asli.

Pada gambar 4.21, dapat dilihat bahwa beberapa nilai dari *formant* keluar dari kelompoknya, namun apabila nilai-nilai tersebut dieliminir maka dapat dilihat bahwa nilai sebaran *grafis formant* 1, 2 dan 3 antara rekaman *Magic Call* aldi pada *Provider XL (high pitch)* dan rekaman suara asli adalah masih dalam rentang kelompok yang sama (*probability* kesamaan *Anova*). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *formant* 1, 2 dan 3 rekaman *Magic Call* aldi pada *Provider XL (high pitch)* pada kata “Selamat” IDENTIK dengan rekaman suara asli.

- **Analisis *Graphical Distribution* rekaman *Magic Call* aldi pada *Provider XL (high pitch)* dan rekaman suara asli.**

Berikut salah satu hasil analisis *graphical distribution* antara rekaman suara *Magic Call aldi* pada *Provider XL (Low pitch)* dan rekaman suara asli.



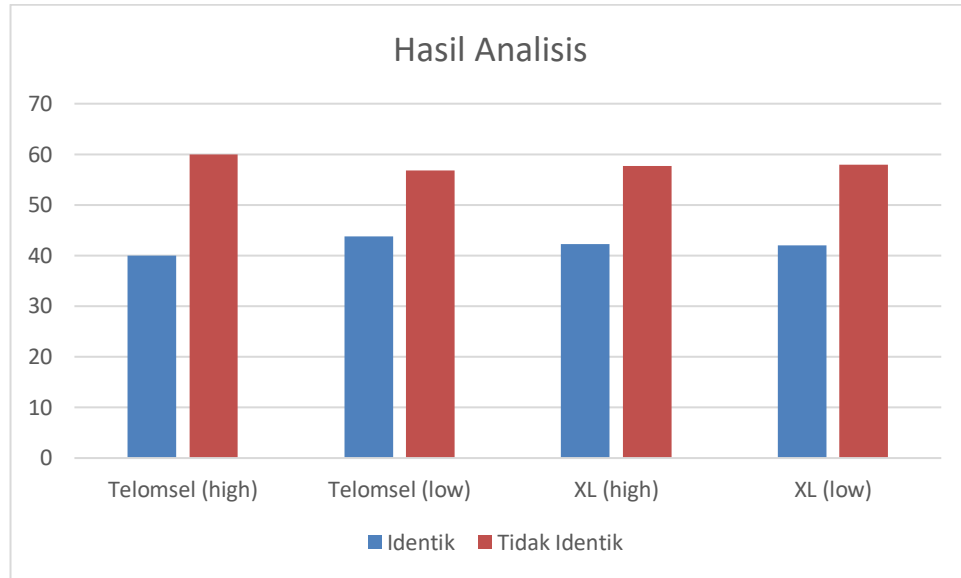
Gambar 4. 22 Analisis *Graphical Distribution* kata “Selamat” pada rekaman suara *Magic Call aldi pada Provider XL (low pitch)* dengan rekaman suara asli.

Dari gambar 4.22, apabila nilai *formant* yang keluar dari kelompoknya dieliminir, maka dapat dilihat bahwa nilai sebaran grafis *formant 1, 2 dan 3* antara rekaman *Magic Call aldi pada Provider XL (low pitch)* dengan rekaman suara asli adalah masih dalam rentang kelompok yang sama (*probability kesamaan Anova*). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *formant 1, 2 dan 3 Magic Call aldi pada Provider XL (high pitch)* pada kata “Selamat” IDENTIK dengan rekaman suara asli.

Analisis *graphical distribution* untuk melihat sebaran grafis secara komprehensif sehingga dapat mengeliminir nilai-nilai *formant* yang keluar dari kelompok datanya. Untuk melihat analisis *graphical distribution* antara rekaman suara *Magic Call pada Provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call pada Provider XL* dengan rekaman suara asli secara lengkap dapat dilihat pada halaman lampiran. Berdasarkan analisis *graphical distribution* secara menyeluruh pada rekaman suara *Magic Call pada Provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call pada Provider XL* dengan rekaman suara asli, maka diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4.23 Hasil analisis *Graphical Distribution* antara rekaman suara *Magic Call pada Provider Telkomsel* dan rekaman suara *Magic Call pada Provider XL* dengan rekaman suara asli.

	Input	Identik	Tidak Identik
<i>Magic Call pada Provider Telkomsel (high pitch)</i>	20 kata	7	13
<i>Magic Call pada Provider Telkomsel (low pitch)</i>	20 kata	9	11
<i>Magic Call pada Provider XL (high pitch)</i>	20 kata	7	13
<i>Magic Call pada Provider XL (low pitch)</i>	20 kata	13	7



Gambar 4.23 Karakteristik tingkat kemiripan *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dan XL dengan suara asli *high pitch* dengan *low pitch* rekaman suara.

Terkait dengan analisis karakteristik antara rekaman suara *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan XL dengan rekaman suara asli digunakan untuk merubah rekaman suara dengan meninggikan *pitch* (*high pitch*) dan merendahkan *pitch* (*low pitch*), dari hasil uji coba yang dilakukan pada *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan *Magic Call* dari *provider* XL paling tinggi tingkat kemiripannya dengan rekaman suara asli pada posisi merendahkan *pitch* (*low pitch*) baik itu pada rekaman suara laki-laki maupun rekaman suara perempuan, penyebab rekaman suara *Magic Call* dari *provider* Telkomsel dan *Magic Call* dari *provider* XL memiliki tingkat kemiripan yang berbeda yakni disebabkan oleh perbedaan algoritma atau parameter *pitch shifting* yang digunakan pada masing-masing layanan *Magic Call* pada *provider*.

Sistem konversi nada panggilan *Magic Call* dipengaruhi oleh alfa (α) dan beta (β) artinya sebagai parameter *stretch* dan *pitch sifting* dipengaruhi selama proses TD-PSOLA. Semakin mirip keluaran suara dari konversi audio, maka semakin jauh alfa (α) dan beta (β) ke suara asli maka konversi suara akan berbeda dengan suara aslinya[17].

Analisis yang dilakukan dapat diketahui bahwa suara *Magic Call* pada *provider* Telkomsel dan XL dengan rekaman suara asli memiliki fungsi yang berbeda. Ini menunjukkan analisis yang dilakukan sebelumnya sesuai [18]. Oleh karena itu, perbedaan hasil analisis dari rekaman suara *Magic Call* dengan suara asli pada *provider* XL dan Telkomsel dengan suara asli adalah *stretching* dan *pitch sifting*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada pembahasan maka penelitian analisis karakteristik Tingkat Kemiripan Rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dan XL dengan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Analisis Statistik dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis Statistik *pitch*, *formant* dan *spectogram* belum dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik tingkat kemiripan rekaman suara *Magic Call* pada *Provider* Telkomsel dan XL dengan rekaman suara asli, meskipun sesuai dengan prosedur investigasi audio forensik.
2. Analisis rekaman suara yang dilakukan dengan dua *Provider* Telkomsel dan XL dibandingkan dengan rekaman suara asli tidak dapat menggunakan analisis *pitch*, analisis hanya dapat digunakan menggunakan analisis *formant*, dan *spectogram*. Berdasarkan uji coba yang dilakukan menunjukkan bahwa keempat sampel rekaman suara yang terdiri dari 2 perempuan dan 2 laki-laki memiliki tingkat kemiripan yang tidak identik. Hal ini dapat dilihat dari tabel hasil analisis yang menunjukkan 20 kata dari hasil rekaman suara memiliki nilai tidak identik yang sangat tinggi dibandingkan dengan nilai identik. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa karakteristik rekaman suara yang dilakukan dengan layanan *Magic Call* memiliki tingkat perbedaan yang tinggi dibandingkan dengan rekaman suara asli meskipun suara tersebut berasal dari orang yang sama.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang perlu diberikan dengan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode lain dalam analisis forensik audio ini, seperti *Mel Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) atau metode *Itakura-Saito Distance*.
2. Pada penelitian terkait *Magic Call* selanjutnya, dilakukan dengan barang bukti suara yang dianalisis lebih dari dua atau tiga jenis rekaman suara yang berbeda dengan masing-masing lebih dari 20 kata

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik, “Statistik Indonesia 2020,” *Badan Pusat Statistik*, 2020. .
- [2] Republik Indonesia, “Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2016 Tentang Informasi Dan Transaksi Elektronik,” *Undang. Republik Indones.*, vol., no., p. 21, 2016, [Online]. Available:
https://jdih.kominfo.go.id/produk_hukum/view/id/555/t/undangundang+nomor+19+tahun+2016+tanggal+25+november+2016.
- [3] A. Subki, B. Sugiantoro, and Y. Prayudi, “Membandingkan Tingkat Kemiripan Rekaman Voice Changer Menggunakan Analisis Pitch, Formant dan Spectrogram,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 17, 2018, doi: 10.25126/jtiik.201851500.
- [4] R. Umar, A. Yudhana, and M. Nur Faiz, “Analisis Kinerja Metode Live Forensics Untuk Investigasi Random Access Memory Pada Sistem Proprietary,” *Pros. Konf. Nas. Ke- 4 Asos. Progr. Pascasarj. Perguru. Tinggi Muhammadiyah*, no. April, pp. 207–211, 2016.
- [5] R. Umar, A. Yudhana, and M. Nur Faiz, “Analisis Kinerja Metode Live Forensics Untuk Investigasi Random Access Memory Pada Sistem Proprietary,” *Pros. Konf. Nas. Ke- 4 Asos. Progr. Pascasarj. Perguru. Tinggi Muhammadiyah*, pp. 207–211, 2016.
- [6] S. Sunardi, I. Riadi, R. Umar, and M. F. Gustafi, “Audio Forensics on Smartphone with Digital Forensics Research Workshop (DFRWS) Method,” *CommIT (Communication Inf. Technol. J.*, vol. 15, no. 1, pp. 41–47, 2021, doi: 10.21512/commit.v15i1.6739.
- [7] R. Umar, I. Riadi, A. Hanif, and S. Helmiyah, “Identification of speaker recognition for audio forensic using k-nearest neighbor,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, no. 11, pp. 3846–3850, 2019.
- [8] R. Tanwar, B. Sharma, and S. Malhotra, “A robust substitution technique to implement audio steganography,” *ICROIT 2014 - Proc. 2014 Int. Conf. Reliab. Optim. Inf. Technol.*, pp. 290–293, 2014, doi: 10.1109/ICROIT.2014.6798340.
- [9] R. R. Huizen, N. K. D. A. Jayanti, and D. P. Hostiadi, “Model Acquisisi Rekaman Suara Di Audio Forensik,” *Semnasteknomedia Online*, vol. 4, no. 1, pp. 2-8–1, 2016.
- [10] M. N. Farid, D. D. Putra, B. Hasanah, and M. Vicky, “Analisis Pengaruh Perubahan Pitch & Background Noise pada Suara Rekaman Barang Bukti terhadap Performansi Metode-Metode di Audio Forensik,” vol. 1, no. 9, 2021.
- [11] A. Aligarh and B. C. Hidayanto, “Implementasi Metode Forensik dengan Menggunakan Pitch, Formant, dan Spectrogram untuk Analisis Kemiripan Suara Melalui Perekam Suara

- Telepon Genggam Pada Lingkungan yang Bervariasi,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16980.
- [12] G. Wicaksono and Y. Prayudi, “Teknik Forensika Audio Untuk Analisa Suara Pada Barang Bukti Digital,” *Semnas Unjani*, 2013.
- [13] H. Dzulfikar, S. Adinandra, and R. Erika, “The Comparison of Audio Analysis Using Audio Forensic Technique and Mel Frequency Cepstral Coefficient Method (MFCC) as the Requirement of Digital Evidence,” *J. Online ...*, vol. 6, no. 2, pp. 145–154, 2021, doi: 10.15575/join.v6i2.702.
- [14] Achmad Rifa’i, S. S. Edi, and Sunarno, “Aplikasi Sensor Tekanan Gas Mpx5100 Dalam Alat Ukur Kapasitas Vital Paru-Paru,” *Unnes Phys. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 18–23, 2017, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upj%0AAPLIKASI>.
- [15] M. Al-Azhar Nuh, “AUDIO FORENSIC : Theory and Analysis,” pp. 1–38, 2011.
- [16] A. Subki, “Suara Voice Changer Dengan Rekaman Suara,” p. 1, 2017.
- [17] S. B. BHASKORO, I. ARIANI, and A. A. ALAMSYAH, “Transformasi Pitch Suara Manusia Menggunakan Metode PSOLA,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 2, no. 2, p. 129, 2014, doi: 10.26760/elkomika.v2i2.129.
- [18] U. Warmadewa, “Audio Forensic Method : Voice Resemblance Analysis of Mobile Phone ’ s Voice Recorder,” vol. 3, no. 1, pp. 52–58, 2022.
- [19] A. Subki, B. Sugiantoro, and Y. Prayudi, “Analisis Rekaman Suara Voice Changer dan Rekaman Suara Asli Menggunakan Metode Audio Forensik,” *Indones. J. Netw. Secur.*, vol. 7, no. 1, 2018, [Online]. Available: <http://ijns.org/journal/index.php/ijns/article/view/39/38>.
- [20] M. Azwar, S. Hidayat, and F. Yudha, “Teknik Audio Forensik Dengan Metode Minkowski Untuk Pengenalan Rekaman Suara Pelaku Kejahatan,” *Cyber Secur. dan Forensik Digit.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.14421/csecurity.2021.4.1.2372.
- [21] A. K. Abbas, K. W. Abid, O. I. Abd, Y. Al Mashhadany, and A. H. Jasim, “High performance of solar panel based on new cooling and cleaning technique,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 24, no. 2, pp. 803–814, 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v24.i2.pp815-824.
- [22] H. P. S. Nawawi and D. Yusup, “Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Analisis Penemuan Barang Bukti Digital Melalui Rekaman Suara Menggunakan Praat Dengan Metode Audio Forensik,” vol. 7, no. 1, pp. 10–19, 2022.
- [23] R. Prasetio, A. Hidayatno, and I. Santoso, “Perancangan Sistem Perbaikan Nada Suara Manusia Dengan Menggunakan Metode Phase Vocoder Terhadap Nada Referensi Musik,”

