Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing i
Lembar Pengesahan Penguji ii
Abstrak iii
Abstract iv
Pernyataan Keaslian Tulisan v
Daftar Publikasi vi
Halaman Kontribusi vii
Halaman Persembahan viii
Kata Pengantar ix
Daftar Isi xi
Daftar Tabel xiv
Daftar Gambar xviii
Glosarium xxi
BAB 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Review Penelitian 4
1.7 Metodologi Penelitian 7
1.8 Sistematika Penulisan 8
BAB 2 Tinjauan Pustaka 10
2.1 Digital Forensik 10

2.2 Audio 10
2.3 *Audio forensic* 14
2.4 Analisa Statistik *Pitch* 17
2.5 Analisa *Formant* dan bandwidth 18
2.4.1 Analisa Anova 18
2.4.2 Analisa Likelihood Ratio (LR) 18
2.4.3 Analisa Graphical Distribution 20
2.6 Analisa Spectrogram 20
2.7 *Itakura-Saito* 22
BAB 3 Metodologi Penelitian 25
3.1 Tinjauan Pustaka 26
3.2 Teknik Pengambilan Sempel data. 26
3.3 Implementasi Metode 28
3.4 Analisa Hasil Data 30
3.5 Laporan 31
BAB 4 Implementasi dan Analisis 33
4.1 Analisa Kebutuhan 34
4.2 Skenario Kasus 34
4.3 Audio forensic 35
4.3.1 Acquisition 35
4.3.2 Audio Enhancement 36
4.3.3 Decoding 39
4.3.4 Voice Recognation/Analisys 41
4.4 Analisa Perbandingan Metode Konvensional (*Pitch, Formant, Spectrogram*) dengan Metode *Itakura-Saito Distance* 92
BAB 5 Kesimpulan Dan Saran 97
5.1. Kesimpulan 97

5.2. Saran 98

Daftar Pustaka 99

Daftar Tabel

Tabel 1.1 Tabulasi Studi Pustaka dan Pengembangan yang Dilakukan 6
Tabel 2. 1 Analisa *Statistic pitch* 17
Tabel 2. 2 contoh Analisa *Overall Formant by One-Way Anova*. 18
Tabel 2. 3 Nilai Ratio LR *p* (E | H_p) 19
Tabel 2. 4 nilai Ratio LR *p* (E | H_d) 19
Tabel 3. 1 Data hasil nilai Analisa *Pitch* 30
Tabel 3. 2 Data hasil nilai Analisa *Formant* 30
Tabel 3. 3 Analisa Implementasi Metode 31
Tabel 3. 4 Kelebihan dan kekurangan Metode 32
Tabel 4.1 Statistik *Pitch sampling* suara barang bukti dan suara pembanding kata"ingat ya". 45
Tabel 4.2 Statistik *Pitch sampling* suara barang bukti dan suara pembanding kata"lapangan" 46
Tabel 4.3 Statistik *Pitch sampling* suara barang bukti dan suara pembanding kata"sama" 46
Tabel 4.4 Statistik *Pitch sampling* suara barang bukti dan suara pembanding kata"Satu" 47
Tabel 4.5 Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic *pitch* subjek rekaman BB R1 48
Tabel 4.6 Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic *pitch* subjek rekaman BB R2 48
Tabel 4.7 Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic *pitch* subjek rekaman BB R3 49
Tabel 4.8 Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic *pitch* subjek rekaman BB R4 49
Tabel 4.9 Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic *pitch* subjek rekaman BB R5 50
Tabel 4.10 Hasil keseluruhan perbandingan analisis statistic *pitch* subjek rekaman BB R6 50
Tabel 4.11 Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 1 pada kata "ingat ya". 56

Tabel 4.12 Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 2 pada kata "ingat ya". 56
Tabel 4.13 Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 3 pada kata "ingat ya". 57
Tabel 4.14 Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 4 pada kata "ingat ya". 57
Tabel 4.15 Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 5 pada kata "ingat ya". 58
Tabel 4.16 Hasil Statistik Anova antara rekaman BB R1 dan Rekaman Subjek 6 pada kata "ingat ya". 58
Tabel 4.17 Hasil keseluruhan analisis statistic *formant* antara subjek rekaman BB R1 dengan rekaman suara pembanding. 59
Tabel 4.18 Hasil keseluruhan analisis statistic *anova* antara subjek rekaman BB R2 dengan rekaman suara pembanding. 59
Tabel 4.19 Hasil keseluruhan analisis statistic *anova* antara subjek rekaman BB R3 dengan rekaman suara pembanding. 60
Tabel 4.20 Hasil keseluruhan analisis statistic *anova* antara subjek rekaman BB R4 dengan rekaman suara pembanding. 60
Tabel 4.21 Hasil keseluruhan analisis statistic *anova* antara subjek rekaman BB R5 dengan rekaman suara pembanding. 61
Tabel 4.22 Hasil keseluruhan analisis statistic *anova* antara subjek rekaman BB R6 dengan rekaman suara pembanding. 61
Tabel 4.23 Nilai *Ratio* LR p (E | H_p) 62
Tabel 4.24 Nilai Ratio LR p (E | H_d) 63
Tabel 4.25 Hasil analisis *Likelihood ratio* (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S1 pada kata "Ingat ya" 63
Tabel 4.26 Hasil analisis *Likelihood ratio* (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S2 pada kata "Ingat ya" 64
Tabel 4.27 Hasil analisis *Likelihood ratio* (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S3 pada kata "Ingat ya" 64
Tabel 4.28 Hasil analisis *Likelihood ratio* (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S4 pada kata "Ingat ya" 65

Tabel 4.29 Hasil analisis *Likelihood ratio* (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S5 pada kata “Ingat ya”..... 65
Tabel 4.30 Hasil analisis *Likelihood ratio* (LR) pada subjek rekaman suara BB R1 dan Rekaman suara S6 pada kata “Ingat ya”..... 66
Tabel 4.31 Hasil keseluruhan analisis *Graphical Distribution* antara subjek rekaman BB R1 dengan rekaman suara pembanding. 72
Tabel 4.32 Hasil keseluruhan analisis *Graphical Distribution* antara subjek rekaman BB R2 dengan rekaman suara pembanding. 73
Tabel 4.33 Hasil keseluruhan analisis *Graphical Distribution* antara subjek rekaman BB R3 dengan rekaman suara pembanding. 73
Tabel 4.34 Hasil keseluruhan analisis *Graphical Distribution* antara subjek rekaman BB R4 dengan rekaman suara pembanding. 74
Tabel 4.35 Hasil keseluruhan analisis *Graphical Distribution* antara subjek rekaman BB R5 dengan rekaman suara pembanding. 74
Tabel 4.36 Hasil keseluruhan analisis *Graphical Distribution* antara subjek rekaman BB R6 dengan rekaman suara pembanding. 75
Tabel 4.37 Hasil keseluruhan analisis *Spectrogram* antara subjek rekaman BB R1 dengan rekaman suara pembanding. 80
Tabel 4.38 Hasil keseluruhan analisis *Spectrogram* antara subjek rekaman BB R2 dengan rekaman suara pembanding. 80
Tabel 4.39 Hasil keseluruhan analisis *Spectrogram* antara subjek rekaman BB R3 dengan rekaman suara pembanding. 81
Tabel 4.40 Hasil keseluruhan analisis *Spectrogram* antara subjek rekaman BB R4 dengan rekaman suara pembanding. 81
Tabel 4.41 Hasil keseluruhan analisis *Spectrogram* antara subjek rekaman BB R5 dengan rekaman suara pembanding. 82
Tabel 4.42 Hasil keseluruhan analisis *Spectrogram* antara subjek rekaman BB R6 dengan rekaman suara pembanding. 82
Tabel 4.43 hasil dari analisa menggunakan Ms. Excel 2013..... 88
Tabel 4.44 Hasil evaluasi manual perbandingan nilai *Itakura-Saito Distance* pada rakaman BB R1 dan Rekaman Subjek 1,2,3,4,5,dan 6 89
Tabel 4.45 Hasil evaluasi manual perbandingan nilai *Itakura-Saito Distance* pada rakaman BB R2 dan Rekaman Subjek 1,2,3,4,5,dan 6 90

Tabel 4.46 Hasil evaluasi manual perbandingan nilai *Itakura-Saito Distance* pada rakaman BB R3 dan Rekaman Subjek 1,2,3,4,5,dan 6 90
Tabel 4.47 Hasil evaluasi manual perbandingan nilai *Itakura-Saito Distance* pada rakaman BB R4 dan Rekaman Subjek 1,2,3,4,5,dan 6 91
Tabel 4.48 Hasil evaluasi manual perbandingan nilai *Itakura-Saito Distance* pada rakaman BB R5 dan Rekaman Subjek 1,2,3,4,5,dan 6 91
Tabel 4.49 Hasil evaluasi manual perbandingan nilai *Itakura-Saito Distance* pada rakaman BB R6 dan Rekaman Subjek 1,2,3,4,5,dan 6 92
Tabel 4.50 Analisa Perbandingan Metode *Itakura-Saito Distance* dan Metode Konvensional dengan analisa manual statistik (*Pitch, Formant, Spectrogram*) 93
Tabel 4.51 Perbedaan Metode *Itakura-Saito Distance* dan Metode Konvensional dengan analisa manual statistik (*Pitch, Formant, Spectrogram*) 94
Tabel 4.52 Jenis analisa dan karakter rekaman suara yang sesuai dengan metode *Itakura-Saito Distance* dan metode konvensional / manual statistik (*pitch, formant, spectrogram*)..... 95
Tabel 4. 53 Hasil akurasi identifikasi rekaman suara yang sesuai dengan metode *Itakura-Saito Distance* dan Metode Konvensional / manual statistik (*pitch, formant, spectrogram*)..... 96

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Diagram pitch terhadap waktu yang berubah secara konstan. 11
Gambar 2. 2 Diagram pitch terhadap waktu yang berubah secara konstan. 12
Gambar 2. 3 *Spectrogram* representasi spektral dengan tingkatan energinya. 13
Gambar 2. 4 Analisa *graphical distribution.* 20
Gambar 2. 5 *Spectrogram* untuk pengucapan kata 'saya' dari SuaraBarangBukti dan rekaman subjek 1 21
Gambar 3. 1 Alur Metode Penelitian 25
Gambar 3. 2 Ilustrasi pengambilan sampel rekaman suara 26
Gambar 3. 3 Prosedur penanganan barang bukti digital rekaman audio. 27
Gambar 3. 4 Tahapan Implementasi metode *itakura-saito distance* 28
Gambar 3. 5 Tahapan Implementasi metode Konvensional atau manual statistik (*pitch, formant,* dan *spectrogram*) 29
Gambar 4.1 Skema Implementasi dan analisa 33
Gambar 4.2 Ilustrasi Skenario kasus 34
Gambar 4.3 Alur Proses Akuisisi Bukti Digital 35
Gambar 4.4 Ilustrasi *Audio enchancement* 36
Gambar 4.5 Tampilan Adobe Audition CC2019 Pro 37
Gambar 4.6 Tool Effecs pada adobe audition CC 2019 Pro 37
Gambar 4.7 Tampilan Effect DeReverb 38
Gambar 4.8 Perbedaan hasil rekaman audio pada proses penghilangan *noice*. 39
Gambar 4.9 Tampilan Utama situs oTranscribe 40
Gambar 4.10 Tampilan Halaman lembar kerja oTrasdcribe 40
Gambar 4.11 Hasil Transkip percakapan dari audio sample barang bukti 41
Gambar 4.12 Tampilan Objek Praat 42
Gambar 4.13 *Sample text grid* rekaman suara asli dan rekaman suara pembanding 42
Gambar 4.14 proses pengambilan nilai pitch 43
Gambar 4.15 *Menu sound to pitch* 44
Gambar 4.16 Hasil dari *sound to pitch* 44
Gambar 4.17 Tampilan menu sound to *Formant* 51
Gambar 4.18 Tampilan *sound to Formant*. 51
Gambar 4.19 Tampilan menu tabulasi 52

Gambar 4.20 Tampilan menu *Formant list*..... 52
Gambar 4.21 *praat info* subjek rekaman suara. 53
Gambar 4.22 Proses analisis *anova* pada nilai *formant* dan *bandwidth* rekaman suara BB R1 dan rekaman suara S1, pada kata “ingat ya”. 53
Gambar 4.23 Tampilan Input data analisis one-way anova 54
Gambar 4.24 Hasil Analisis anova dengan nilkai F, Fcritical, probability P..... 55
Gambar 4.25 Tampilan *menu chart* pada *Gmuneric spreadsheed*..... 67
Gambar 4.26 *Step 1 select chart type* pada *Gnumeric Spreadsheed*..... 67
Gambar 4.27 *Step 2 select chart type* pada *Gnumeric Spreadsheet*..... 68
Gambar 4.28 Hasil pada *Step 2 select chart type* pada *Gnumeric Spreadsheet.* 69
Gambar 4.29 *Graphical Distribution* F1vs F2 dan F2 vs F3 Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S1 pada kata “ingat ya”..... 69
Gambar 4.30 *Graphical Distribution* F1vs F2 dan F2 vs F3 Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S2 pada kata “ingat ya”..... 70
Gambar 4.31 *Graphical Distribution* F1vs F2 dan F2 vs F3 Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S3 pada kata “ingat ya”..... 70
Gambar 4.32 *Graphical Distribution* F1vs F2 dan F2 vs F3 Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S4 pada kata “ingat ya”..... 71
Gambar 4.33 *Graphical Distribution* F1vs F2 dan F2 vs F3 Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S4 pada kata “ingat ya”..... 71
Gambar 4.34 *Graphical Distribution* F1vs F2 dan F2 vs F3 Rekaman Suara BB R1 dan Rekaman S4 pada kata “ingat ya”..... 72
Gambar 4.35 Analisa *Spectrogram* Rekaman BB R1 dan Rekaman S1 pada kata “Ingat ya” 76
Gambar 4.36 Analisa *Spectrogram* Rekaman BB R1 dan Rekaman S2 pada kata “Ingat ya” 77
Gambar 4.37 Analisa *Spectrogram* Rekaman BB R1 dan Rekaman S3 pada kata “Ingat ya” 78
Gambar 4.38 Analisa *Spectrogram* Rekaman BB R1 dan Rekaman S4 pada kata “Ingat ya” 78
Gambar 4.39 Analisa *Spectrogram* Rekaman BB R1 dan Rekaman S5 pada kata “Ingat ya”. 79

Gambar 4.40 Analisa *Spectrogram* Rekaman BB R1 dan Rekaman S6 pada kata "Ingat ya" 79
Gambar 4.41 Rekaman BB R1 dan Rekaman Suara S1 83
Gambar 4.42 prosedur koefisien *linier predictive Coding* (LPC)..... 84
Gambar 4.43 Perintah untuk mengkalkulasi LPC..... 84
Gambar 4.44 Hasil Nilai Y1 pada proses LPC 85
Gambar 4.45 Hasil nilai Y2 dari proses LPC. 85
Gambar 4.46 Perintah untuk menampilkan hasil kalkulasi LPC 86
Gambar 4.47 Hasil Kalkulasi LPC Rekaman BB R1 dan Rekaman S2 86
Gambar 4.48 Perintah untuk mengkalkulasi nilasi dari LPC yang dimasukkan dalam *function lpcar2ra* 87
Gambar 4.49 perintah untuk menghitung nilai jarak pada metode *itakura-saito distance* yang dimasukkan dalam *function distisar.*..... 87
Gambar 4.50 perintah untuk menjalankan *function itakura-saito distance.* 87
Gambar 4.51 Hasil nilai dari proses metode *itakura-saito distance.* 88
Gambar 4.52 proses seleksi nilai *itakura-saito Distance* dengan rentang N<=0,05 dan N>=0,05. 88
Gambar 4.53 perintah untuk memvisualisasi hasil dari perhitungan metode *itakura-saito distance* 89
Gambar 4.54 Hasil visualisasi dari perhitungan *itakura-saito distance* pada Rekaman BB R1 dan Rekaman S1..... 89

Glosarium

LPC	- *Linear Predictive Coding*
EDI	- *Electronic Data Interchange*
UU-ITE	- Undang-Undang Informasi Transaksi Elektronik
DFAT	- *Digital Forensic Analyst Team*
ACPO	- *Association of Chief Police Officers*
SOP	- *Standart Operational Procedure*