

**DETEKSI PULPITIS REVERSIBEL MELALUI SINYAL WICARA DENGAN METODA  
ZERO CROSSING RATE DAN AVERAGE ENERGY SERTA KLASIFIKASI LEARNING  
VECTOR QUANTIZATION**

**DETECTION OF PULPITIS REVERSIBLE USING SPEECH SIGNALS WITH ZERO  
CROSSING RATE AND AVERAGE ENERGY METHOD AND LEARNING VECTOR  
QUANTIZATION CLASSIFICATION**

**Lutfi Ahmad<sup>1</sup>, Bambang Hidayat<sup>2</sup>, Aptanti M.H<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>2</sup>RSGM Ladokgi RE Martadinata

<sup>1</sup>ahmdlutfi795@gmail.com, <sup>2</sup>bhidayat@telkomuniversity.co.id <sup>3</sup>aptanti2000@gmail.com

**Abstrak**

Suara merupakan salah satu sarana manusia untuk berkomunikasi. Suara juga salah satu pembeda antar individu yang satu dengan yang lainnya. Hal ini dapat dijadikan suatu sarana untuk mendeteksi penyakit lewat suara manusia. Untuk mendeteksi suatu penyakit melalui suara manusia diperlukan bantuan proses pengambilan informasi yang diinginkan melalui rekaman sinyal suara yang disebut speech processing. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi suara manusia yaitu dari proses pembentukan suara yang terjadi pada individu itu sendiri dan juga dari struktur giginya.

Tugas akhir ini membuat sebuah aplikasi yang dapat mendeteksi penyakit pulpitis reversibel dengan menggunakan beberapa parameter akustik suara yaitu frekuensi dasar (F0), durasi, amplitudo, gelombang spektrum suara, dan kualitas vokal. Dari parameter akustik suara akan dihitung nilai *sample rate* sebagai inputan awal untuk mendapatkan ciri dan juga klasifikasi yang ditargetkan. Proses pengambilan ciri ini menggunakan metode *Zero Crossing Rate (ZCR)* dan *Average Energy (AE)* yang merupakan metode analisis pengambilan ciri atau fitur berdasarkan panjang *frame* dari rekaman sinyal suara. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization (LVQ)*. Klasifikasi bertujuan untuk mengklasifikasikan audio ke dalam dua kondisi yaitu sehat dan pulpitis reversibel.

Dari penelitian ini diperoleh hasil dengan tingkat akurasi tertinggi yaitu 72.5% dengan parameter *pre-processing* yang digunakan yaitu *non-center clipping* dan *non-overlapping*. Parameter statistik yang digunakan *variance* serta parameter LVQ yaitu *epoch = 750* dan *hidden layer = 40*.

**Kata kunci :** Suara, *Barodontalgia*, *Pulpitis Reversibel*, *Zero Crossing Rate Quantization Average Energy*, *Learning Vector Quantization*

**Abstract**

Sound is one of the human means to communicate. Sound is also one differentiator between individuals with each other. This can be used as a means to detect disease through the voice of humans. To detect a disease through human voice is needed the help of the desired information retrieval process through recording voice signals called speech processing. There are several factors that can affect human voice, namely from the sound formation process that occurs in the individual itself and also from the structure of the teeth.

This final project creates an application that can detect reversible pulpitis by using several sound acoustic parameters, namely the basic frequency (F0), duration, amplitude, sound spectrum waves, and vocal quality. From the sound acoustic parameters, the value of the sample rate will be calculated as the initial input to get the targeted characteristics and classification. The process of taking this feature uses the Zero Crossing Rate (ZCR) and Average Energy (AE) method, which is a method of analyzing characteristics or features based on the length of the sound signal recording. The classification process is done using the Learning Vector Quantization (LVQ) method. Classification aims to classify audio into two conditions namely healthy and reversible pulpitis.

From this study the results obtained with the highest accuracy were 72.5% with the pre-processing parameters used namely non-center clipping and non-overlapping. The statistical parameters used are variance and LVQ parameters, namely epoch = 750 and hidden layer = 40.

**Keywords:** Sound, *Barodontalgia*, *Pulpitis Reversibel*, *Zero Crossing Rate Quantization and Average Energy*, *Learning Vector Quantization*

## 1. Latar Belakang

Gigi manusia terdiri dari dua macam jaringan, jaringan keras yaitu *email* dan *dentin* serta jaringan lunak yang berada dalam gigi yaitu pulpa. Pulpa merupakan bagian dalam gigi yang terdiri dari pembuluh darah, saraf, dan jaringan lunak lainnya. Bagian ini berguna untuk memberikan nutrisi dan menghantarkan rangsang dari luar gigi ke otak [1]. Penyakit gigi dapat muncul dari dua keadaan yaitu menyerang jaringan keras dan jaringan lunak gigi. Salah satu penyakit gigi yang menyerang jaringan lunak pada pulpa disebut pulpitis. Pulpitis memiliki dua jenis yaitu reversibel dan irreversibel. Pulpitis reversibel dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu kuman dan traumatik [2].

Penelitian tugas akhir ini menggunakan pengolahan audio untuk mengidentifikasi penyakit gigi pulpitis reversibel, dimana data yang digunakan adalah rekaman suara manusia. Pada prinsipnya suara memiliki beberapa komponen seperti *pitch*, *formant* dan *spectrogram*. Komponen tersebut merupakan ciri khas suara yang dimiliki setiap manusia. Sehingga dengan menggunakan rekaman suara manusia penulis membuat sistem yang dapat mengidentifikasi penyakit gigi pulpitis [3]

Ditinjau dari masalah diatas, penulis membuat sistem untuk mendapatkan karakteristik atau ciri dari penyakit gigi pulpitis reversibel dengan menganalisa suara manusia yang memiliki penyakit gigi pulpitis reversibel menggunakan aplikasi MATLAB. Pada sistem ini digunakan metode ZCR dan AE merupakan metode untuk mendapatkan ciri dari sinyal audio dengan menghitung nilai dari setiap frame yang akan diproses selanjutnya. Untuk metode klasifikasi yang digunakan adalah LVQ yang merupakan metode pengelompokkan di mana setiap unit output mempresentasikan sebuah kelas. Metode pembelajaran LVQ memiliki pelatihan yang dilakukan secara signifikan sehingga lebih cepat dibandingkan algoritma lainnya.

## 2. Landasan Teori

### 2.1 Pulpa

Bagian gigi paling dalam disebut pulpa. Bagian gigi ini memiliki peran yang penting dalam pertumbuhan dentin. Pulpa merupakan jaringan lunak yang di dalamnya terdiri pembuluh darah dan saraf. Pembuluh darah memiliki fungsi memberikan nutrisi kepada gigi sehingga kuat dan sehat, sedangkan saraf berperan dalam menghantarkan rangsang dari luar gigi ke otak sehingga jika terjadi kerusakan bisa terdeteksi [1].

### 2.2 Pulpitis Reversible

Pulpitis reversible merupakan suatu kondisi inflamasi pulpa ringan sampai sedang yang disebabkan oleh peradangan, tetapi pulpa mampu kembali pada keadaan tidak terinflamasi setelah peradangan ditiadakan [2].

### 2.3 Suara

Proses pembentukan suara manusia melibatkan organ tubuh yang meliputi paru-paru, tenggorokan, laring, faring, (rongga hidung, dan rongga mulut). Terdapat suatu lintasan vokal yang terdiri dari *faring* (penghubung antara kerongkongan dan mulut) dan mulut. Lintasan vokal tersebut memiliki bentuk dan dapat berubah sesuai pergerakan rahang, lidah, bibir dan organ internal lainnya. Kegiatan mengembang dan mengempis pada paru-paru untuk mengambil dan melepaskan udara. Udara yang dihembuskan oleh paru-paru keluar melewati daerah yang dinamakan *glotal*. Pada keadaan ini pita suara bervibrasi membentuk berbagai macam gelombang suara. Perbedaan pola pada suara dinamakan *spectrogram* [4] [5].

### 2.4 Spectrogram

*Spectrogram* merupakan gambaran spektral yang beragam terhadap waktu yang menunjukkan tingkat intensitas energi spektral. *Spectrogram* oleh para ahli dikenal dengan istilah sidik jari suara (*voice fingerprint*). *Spectrogram* membentuk pola umum dari percakapan kata yang khas dan membentuk pola khusus masing-masing formant dalam pengucapan suku kata, sehingga *spectrogram* dapat digunakan untuk analisa indentifikasi suara seseorang [6].

### 2.5 Speech Processing

Speech processing merupakan proses ekstraksi informasi yang dibutuhkan dari sebuah sinyal suara. Pemrosesan suatu sinyal dengan sebuah komputer digital, sinyal harus diimplementasikan dalam bentuk digital sehingga sinyal tersebut dapat digunakan oleh komputer digital. Gelombang suara tersebut harus diubah dalam bentuk sinyal digital sesuai *voice processing*. Sebuah *microphone* atau *handphone handset* merupakan alat yang berfungsi mengubah gelombang suara ke dalam sinyal analog. Sinyal analog yang telah *ter-antialiasing filter* dapat diubah ke dalam bentuk sinyal digital oleh *analog-to-digital (A/D) converter* [7].

#### 2.5.1 Sampling

Sampling adalah sinyal waktu kontinu yang diubah menjadi sinyal waktu diskrit yang diperoleh dengan mengambil sampel sinyal waktu kontinu pada saat waktu diskrit [8].

#### 2.5.2 Sample Rate

Untuk menyatakan banyaknya sampel yang direkam dalam 1 detik disebut *sample rate*. Banyak sedikitnya *frame* yang bergerak tiap detiknya dapat mempengaruhi kualitas suara yang diterima [9].

### 2.5.3 Framming

Pada tahap ini sampel suara akan dibagi menjadi frame-frame berdurasi singkat (framing) yang memiliki panjang *frame* 10-30 ms atau 256-1024. Proses memotong sampel kedalam *frame-frame* kecil maka sinyal suara akan lebih stabil sehingga didapatkan karakteristik suara yang akurasi [9].

### 2.5.4 Overlapping [9]

Untuk menjaga kualitas audio, maka diperlukan proses overlapping pada sinyal yang sudah dibagi kedalam bentuk frame. Frame yang telah ter-overlapping dengan frame yang lainnya akan meminimalisir hilangnya informasi pada saat proses selanjutnya.

### 2.6 Windowing

Setiap *frame* diberikan perkalian dengan fungsi *window* untuk meminimalisir diskontinuitas pada awal dan akhir *frame* yang telah *overlapping* pada proses *framing* [10].

### 2.7 Zero Crossing Rate

*Zero Crossing Rate* merupakan metode yang bekerja pada domain waktu. ZCR terjadi ketika sampel sebelumnya memiliki tanda aljabar yang berbeda dengan sampel saat ini. Secara garis besar *zero crossing rate* mengubah audio yang melintas pada sumbu x dari positif ke negatif, atau sebaliknya. *Zero Crossing Rate* dapat dihitung dengan persamaan [11] :

$$ZC = \frac{\sum_{n=1}^N |\text{sgn}x(n) - \text{sgn}x(n-1)|}{2N} \quad (2.1)$$

dengan, ZC= *Zero Crossing Rate*, n = sinyal ke-(1,2,3...dst), N = jumlah sampel

### 2.8 Average Energy

*Average energy* merupakan ciri yang digunakan untuk menyatakan nyaring atau tidaknya sinyal audio. *Average Energy* dapat dihitung dengan persamaan berikut [11]:

$$E = \frac{\sum_{n=1}^N x(n)^2}{N} \quad (2.2)$$

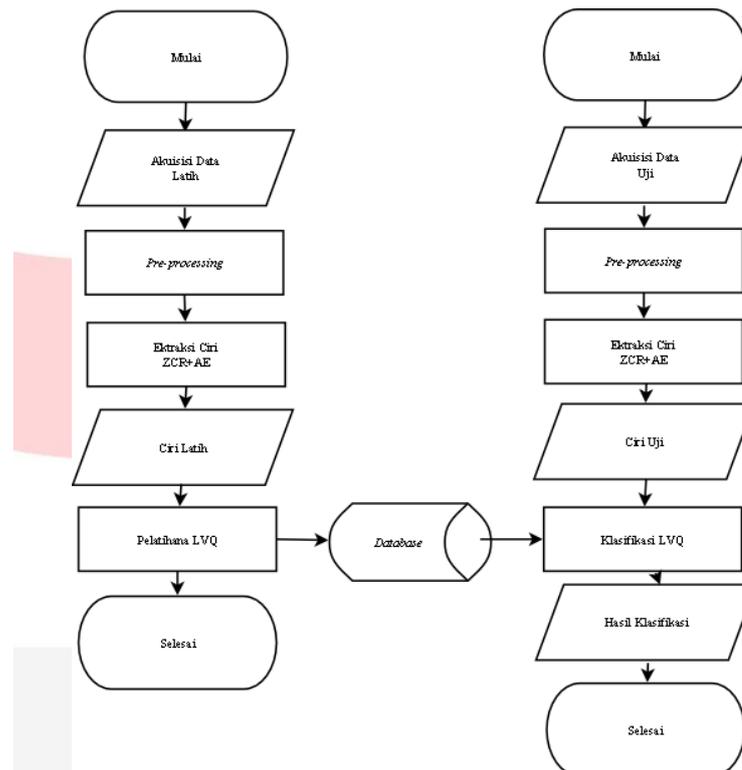
dengan, E = rata-rata energi, n = nilai dari sample, N = jumlah total sampel

### 2.9 Learning Vector Quantization [12]

Learning vector quantization merupakan jaringan syaraf tiruan yang memiliki tujuan melatih jaringan syaraf tiruan sehinggadapat mengeluarkan keluaran sesuai dengan target yang ditentukan. Jaringan syaraf tiruan tersebut bekerja berdasarkan ciri yang didapat dari proses ekstraksi ciri. Pada LVQ memiliki lapisan kompetitif dan lapisan linier. Lapisan kompetitif untuk mengkalsifikasikan vektor masukan ke dalam banyak cara. Sedangkan lapisan linier mengubah lapisan kelas kompetitif ke dalam klasifikasi target yang didefinisikan oleh pengguna..

## 3. Perancangan Sistem

Metodologi penelitian Tugas Akhir ini menggunakan pendekatan eksperimental. Secara garis besar, sistem deteksi ini dibagi menjadi 4 tahap utama, yaitu akuisisi atau pengambilan data suara menggunakan mikrofon, ekstraksi ciri dan pembuatan database menggunakan data latih, deteksi kesehatan melalui spectrogram sinyal bicara menggunakan data uji, dan menganalisis performansi sistem melalui akurasi sistem. Diagram blok data uji dan tahap data latih dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Diagram Blok Uji

### 3.1 Performansi Sistem

Pada tahap terakhir ini dilakukan pengujian performansi sistem, hal ini dilakukan guna memperoleh tingkat akurasi, kekurangan, dan kelebihan sistem. Performansi sistem dapat diukur berdasarkan parameter sebagai berikut :

#### 1. Tingkat Akurasi

Akurasi merupakan ukuran dalam keakuratan sistem dalam mendapatkan masukan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Akurasi Sistem} = \frac{N_B}{N_T} \times 100\% \quad (3.1)$$

dimana,  $N_B$  = jumlah data benar,  $N_T$  = jumlah data total

#### 2. Waktu Komputasi

Waktu komputasi adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan suatu proses. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

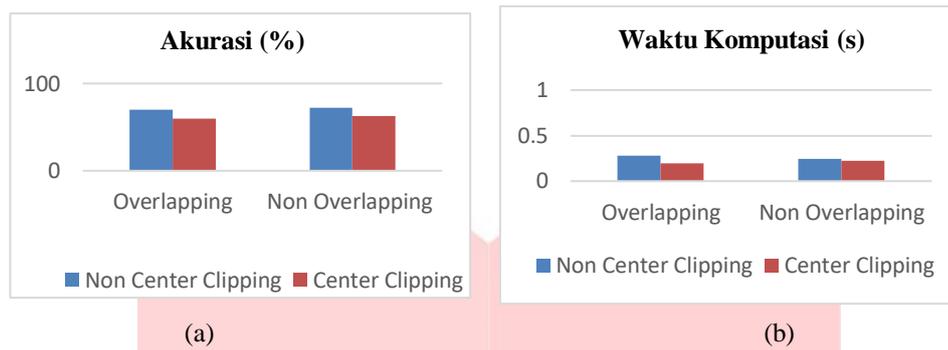
$$\text{Waktu Komputasi} = w_s - w_m \quad (3.2)$$

dimana,  $w_s$  = waktu selesai,  $w_m$  = waktu mulai

## 4. Analisis Dan Keluaran Sistem

### 4.1 Pengujian Tahap Preprocessing

Dalam skenario ini digunakan parameter data *non-overlapping*, ekstraksi ciri gabungan ZCR dan AE, parameter statistik *variance* serta klasifikasi LVQ dengan *epoch* = 750 dan *hidden layer* = 40 yang akan diuji pada penggunaan *center clipping* dan *non-center clipping*. Grafik akurasi dan waktu komputasi pada setiap orde dapat dilihat pada Gambar 4.1.

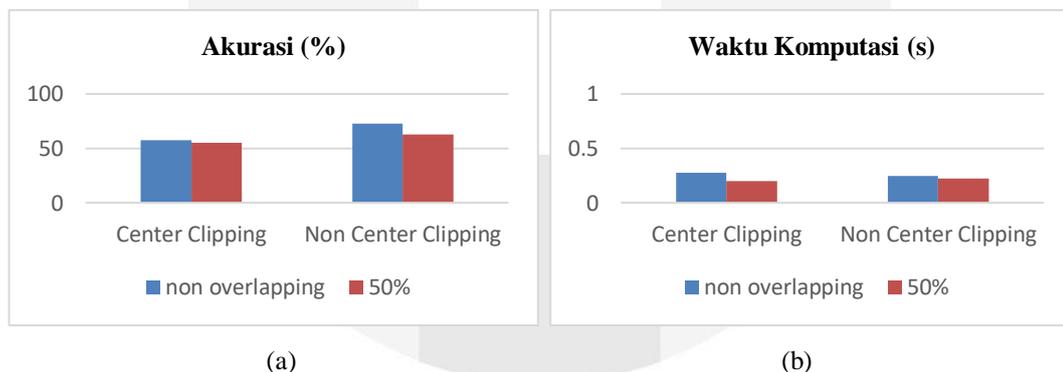


**Gambar 4.1** (a) Akurasi Pengaruh *Center Clipping*; (b) Waktu Komputasi Pengaruh *Center clipping*

Pada tahapan ini didapatkan nilai akurasi tertinggi yaitu 72.5 % dengan waktu komputasi 0.2464 sekon terdapat pada *non-center clipping*. Sehingga dapat disimpulkan penggunaan *non-center clipping* tidak dapat digunakan dikarenakan penggunaan frekuensi sampling yang begi besar yaitu 44.100 Hz menyebabkan terlalu banyak amplitudo diatas batas maksimum yang dihilangkan sehingga dapat mengurangi ciri dari audio tersebut.

#### 4.2 Pengujian Pengaruh Overlapping Pada ZCR dan AE

Tahap ini menggunakan paramter *non-center clipping* pada *preprocessing* dengan menggunakan ciri gabungan ZCR dan AE, serta paramter statistik *variance*. Paramter klasifikasi LVQ yang digunakan yaitu *epoch = 750* dan *hidden layer = 40* yang akan menguji pengaruh *overlapping* dan *non-overlapping*. Grafik akurasi dan waktu komputasi pada setiap orde dapat dilihat pada Gambar 4.2.

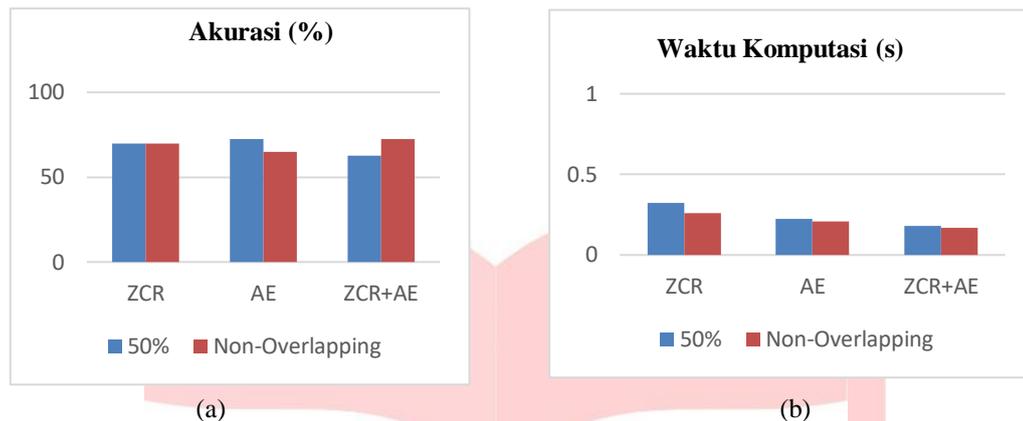


**Gambar 4.2** Akurasi dan Waktu Komputasi Berdasarkan Nilai Overlapping

Dari gambar 4.2 sistem ini nilai Overlapping yang paling baik digunakan adalah non-overlapping. Karena semakin kecil nilai overlapping-nya maka semakin baik hasil dari sebuah identifikasi. Akurasi tertinggi yaitu 72.5% dengan waktu komputasi 0.1686 sekon. Kesimpulan dari tahap pengujian ini yaitu nilai dari *overlapping* yang digunakan yaitu dibawah 50% atau dengan tanpa *overlapping*.

#### 4.3 Pengujian Tahap ekstraksi Ciri ZCR dan AE

Dalam pengujian tahap ini menggunakan paramter *non-center clipping* pada *preprocessing*, *non-overlapping* serta parameter statistik *variance*. Paramter kalsifikasi LVQ yang digunakan *epoch = 750* dan *hidden layer = 40* yang kan menguji pengaruh ZCR dan AE. Grafik akurasi dan waktu komputasi pada setiap orde dapat dilihat pada Gambar 4.3.

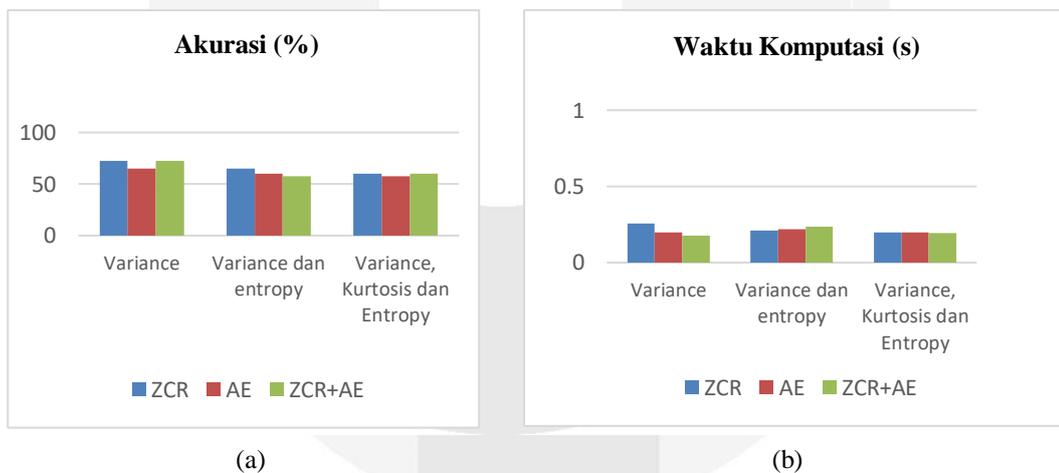


**Gambar 4.3** Akurasi dan Waktu Komputasi Berdasarkan Pengaruh Ekstraksi Ciri

Dari percobaan ini nilai akurasi tertinggi didapat pada penggabungan ZCR dan AE dengan akurasi 72.5% serta waktu komputasi sebesar 0.1669 detik. Hal tersebut terjadi dikarenakan nilai sample rate yang didapatkan berdasarkan tiap sinyal suara. Ciri yang diperoleh dari proses ini lebih dominan berada penggunaan penggunaan ciri ZCR dan AE.

**4.4 Pengujian Pengaruh Parameter Statistik pada ZCR dan AE**

Pada pengujian tahap ini akan melihat nilai akurasi dan waktu komputasi berdasarkan parameter statistik. Parameter statistik yang digunakan yaitu *variance*, *kurtosis*, dan *entropy*. Pada pengujian ini parameter ekstraksi ciri yang digunakan ZCR dan AE serta parameter LVQ *epoch* = 750 dan *hidden layer* = 40. Grafik akurasi dan waktu komputasi pada setiap orde dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Akurasi dan Waktu Komputasi Berdasarkan Pengaruh Nilai Parameter Statistik

Dari gambar 4.4 pengujian tahap ini nilai akurasi tertinggi adalah 72.5%. Hal ini dikarenakan nilai terbaik disetiap sinyal audio yang digunakan didominasi oleh parameter statistik *variance* dibandingkan kedua parameter serta gabungan dari ketiga parameter statistik yang lain.

**4.5 Pengujian Pengaruh Epoch dan Hidden Layer pada LVQ**

Pada tahap ini dilakukan pengujian nilai akurasi dan waktu komputasi terhadap pengaruh parameter *epoch* dan *hidden layer* pada LVQ. Dimana parameter *epoch* yang digunakan untuk pengujian tahap ini adalah sebesar 500,750 dan 1000 dan parameter *hidden layer* yang diujikan adalah 10,20,30 dan 40. Parameter lain yang digunakan adalah non-overlapping, ekstraksi ciri gabungan ZCR dan AE serta parameter statistik *variance*. Grafik akurasi dan waktu komputasi pada setiap orde dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gaambar 4.5** Akurasi dan Waktu Komputasi Berdasarkan Pengaruh Nilai Parameter LVQ

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai *epoch* dan *hidden layer* mempengaruhi nilai akurasi dan waktu komputasi sistem. Nilai waktu komputasi terbaik didapat pada parameter *epoch* = 750 dan nilai *hidden layer* = 40 yaitu akurasi sebesar 72.5% dan waktu komputasi 8 detik.

### 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem deteksi penyakit gigi pulpitis reversibel dengan metode ekstraksi ciri ZCR dan AE serta klasifikasi LVQ dapat digunakan untuk mendeteksi penyakit gigi dengan kelas sakit pulpitis reversibel dan sehat, sistem ini akan optimal jika menggabungkan kedua metode yaitu ZCR dan AE. Namun sistem ini akan kurang optimal jika hanya menggunakan salah satu metode ekstraksi ciri.
2. Parameter yang mempengaruhi performansi sistem pada penelitian ini yaitu pada tahap *pre-processing* menggunakan *non-center clipping* dan *non-overlapping* karena frekuensi sampling yang digunakan adalah 44.100 Hz sehingga jika menggunakan *center clipping* dan *overlapping* maka akan banyak informasi dari sinyal suara yang terpotong dikarenakan akan muncul banyak gelombang yang terdistorsi, sehingga banyak ciri yang akan menghilang. Parameter statistik yang digunakan yaitu *variance* karena *variance* merupakan variasi atau perbedaan elemen pada histogram dari suatu audio dan merupakan orde pertama yang sama dengan orde audio. Parameter LVQ yang digunakan yaitu nilai *epoch* = 750 dan nilai *hidden layer* = 40 karena jika menggunakan nilai *epoch* dibawah 750 dan nilai *hidden layer* dibawah 40 maka proses pelatihan sistem kurang optimal dan akan mengakibatkan performansi sistem kurang optimal serta bila nilai *epoch* yang digunakan diatas 750 maka proses pelatihan sistem akan menghasilkan akurasi yang sama dengan nilai *epoch* 500.
3. Performansi dengan indikator baik yang diperoleh dari semua pengujian sistem didapatkan akurasi 72.5% dan waktu komputasi yang dihasilkan yaitu 0.19 detik, pada kondisi 29 suara teridentifikasi sesuai dengan identitas sebenarnya dari total 70 data yang terbagi 30 data latih dan 40 data uji.

### Daftar Pustaka

- [1] Rahmadhan, Ardyan Gilang, *Serba Serbi Kesehatan Gigi dan Mulut*, Jakarta Selatan: Bukune, 2010.
- [2] Grossman, Louis I; Seymour, Oliet; Carlos E, Del Rio, *Endodontic Practice Eleventh Edition*, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A: Lea & Febiger, 1988.
- [3] Joseph Picone, *Fundamentals of Speech Recognition*, New Orleans: Texas Instruments, 1996.
- [4] Dyah Trinsnawati Fathonah, Haryo Mustiko D, and Murti Indrastuti, "Pengaruh Lama Adaptasi Bicara Pemakaian Gigi Tiruan Lengkap Resin Akrilik Terhadap Kualitas Suara Pengucapan Huruf /S/," vol. 6, no. 3, pp. 271-277, Juli 2015.
- [5] Philip Lieberman, "The Evolution of Human Speech Its Anatomical and Neural Bases," vol. 48, no. 1, pp. 39-66, 2007.
- [6] V, R C Putri; , Sunarno, "Analisis Rekaman Suara menggunakan Teknik Audio Forensik Untuk Keperluan Barang Bukti Digital," pp. 50-59, Juni 2014.
- [7] David, "Penerapan Algoritma Levenbreg-Marquadt dan Backpropagation Neural Network Untuk Klasifikasi Suara Manusia," vol. 4, pp. 1-10, 2013.
- [8] Khairunnisa; Yoenie, Indrasary, "Simulasi Akuisi Data Sinyal Audio," vol. 5, no. 2, pp. 76-84, 2016.
- [9] Wikessa, Putu Cinthia, *Perancangan Aplikasi Deteksi Kemacetan Berdasarkan Audio Processing Menggunakan Metode Zero Crossing Rate Dan Average Energy Berbasis Android*, Telkom University, 2017.
- [10] Susetyo Bagas Bhaskoro; Irma Ariani; Anandha A. Alamsyah, "Transformasi Pitch Suara Manusia Menggunakan Metoda PSOLA," *Jurnal ELKOMIKA*, vol. 2, no. 2, pp. 129-151, Juli-Desember 2014.
- [11] D.S., Shete; Prof. S.B, Patil, "Zero Crossing Rate and Energy of the Speech Signal of Devanagari Script," *IOSR Journal of VLSI and Signal Processing*, vol. 4, no. 1, pp. 1-5, January 2014.
- [12] S. T, *Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2011.