

## DETEKSI KUALITAS PEMASANGAN UBIN BERBASIS EKSTRAKSI CIRI BUNYI DENGAN KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR

### *QUALITY DETECTION OF TILES INSTALLATION BASED ON SOUND FEATURE EXTRACTION WITH K-NEAREST NEIGHBOR CLASSIFICATION*

Regha Julian Pradhana<sup>1</sup>, Dr. Ir. Bambang Hidayat<sup>2</sup>, IPM, Ratri Dwi Atmaja, ST. MT.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[reghajulian@gmail.com](mailto:reghajulian@gmail.com), <sup>2</sup>[bbh.avenir@gmail.com](mailto:bbh.avenir@gmail.com), <sup>3</sup>[ratri.dwiatmaja@gmail.com](mailto:ratri.dwiatmaja@gmail.com)

---

#### Abstrak

Saat ini perkembangan teknologi di dunia sangatlah pesat, tak bisa dipungkiri lagi bahwa manusia tak bisa lepas dari kemajuan teknologi setiap harinya. Tanpa disadari pula banyak alat maupun *software* komputer yang secara tak disadari berperan penting dalam membantu manusia melakukan aktivitas. Salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah teknologi dalam bidang pengolahan sinyal. Pengolahan sinyal adalah teknik yang mempelajari dan mengembangkan metode memanipulasi, dan analisa sinyal. Pengolahan sinyal juga dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, salah satunya adalah pengolahan sinyal suara.

Pada tugas akhir ini, dilakukan penelitian dengan cara menjatuhkan bola golf untuk menghantam ubin keramik yang telah terpasang dan direkam bunyi yang dihasilkan menggunakan *microphone* pada *handphone*. Aplikasi ini bekerja dengan ekstraksi ciri *Average Energy* dan *ZCR (Zero Crossing Rate)* serta menggunakan klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*) yang berfungsi untuk membandingkan nilai hasil pengujian ekstraksi ciri yang ditangkap *microphone* dengan suara latih yang sudah disimpan sebelumnya.

Dengan adanya tugas akhir ini dihasilkan sebuah aplikasi pengolahan sinyal suara yang dapat menentukan apakah ubin keramik yang sudah terpasang tersebut sudah perlu diganti atau masih layak digunakan setelah dilakukan ekstraksi ciri *Average Energy* dengan akurasi 61.67% pada ketinggian 40 cm dan *ZCR (Zero Crossing Rate)* dengan akurasi 95% pada ketinggian 50 cm menggunakan nilai *threshold cropping* sebesar 0.1 pada kedua metode serta klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*) dengan  $k=1$  untuk *Average Energy* dan  $k=9$  untuk *ZCR (Zero Crossing Rate)*.

**Kata kunci :** pengolahan sinyal suara, *Average Energy*, *ZCR*, KNN

---

#### Abstract

Current developments of technology in the world is very fast, can't be denied that human beings can't be separated from technology advances every day. Without realizing it anyway, a lot of tools and computer software that the unconscious plays an important role in helping human activity. One technology that is being developed at this time is technology in the field of signal processing. Signal processing is a technique to study and develop manipulating methods, and analyzing the signal. Signal processing can also be divided into several groups, one of that is the audio signal processing.

In this final project, the research conducted by dropping a golf ball to hit the ceramic tile that has been installed and recorded the sound that is generated using the microphone on the phone. This application works with *Average Energy* and *ZCR (Zero Crossing Rate)* feature extraction and using the KNN (*K-Nearest Neighbor*) classification which used to compare the test result value of feature extraction that captured by microphone with a trainer sound which has been previously saved.

With this final project produced an audio signal processing application that can determine whether the ceramic tiles that have been installed is already needs to be replaced or still fit for use after using *Average Energy* with 61.67% accuracy at 40 cm altitude and *ZCR (Zero Crossing Rate)* with 95% accuracy at 50 cm altitude using cropping threshold value 0.1 and KNN (*K-Nearest Neighbor*) classification with  $k=1$  for *Average Energy* and  $k=9$  for *ZCR (Zero Crossing Rate)*.

**Keywords :** audio signal processing, *Average Energy*, *ZCR*, KNN

---

## 1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan teknologi di dunia sangatlah pesat, tak bisa dipungkiri lagi bahwa manusia tak bisa lepas dari kemajuan teknologi setiap harinya. Tanpa disadari pula banyak alat maupun *software* komputer yang secara tak disadari berperan penting dalam membantu manusia melakukan aktivitas. Salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah teknologi dalam bidang pengolahan sinyal. Pengolahan sinyal adalah teknik yang mempelajari dan mengembangkan metode memanipulasi, analisa dan enterpretasi sinyal. Pengolahan sinyal juga dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, salah satunya adalah pengolahan sinyal suara.

Pengolahan sinyal suara digunakan untuk membantu manusia untuk mengklasifikasikan jenis-jenis suara yang didengarkan. Hal ini sangat berguna karena setiap manusia memiliki insting pendengaran akan suara yang berbeda-beda, sehingga pengolahan sinyal suara dapat digunakan untuk membuat suatu standar tertentu. Salah satu manfaat dari pengolahan sinyal suara adalah ketika mendengarkan bunyi bola golf yang dijatuhkan ke ubin lantai yang telah terpasang, dengan bantuan pengolahan sinyal maka setiap orang dapat dengan mudah untuk menentukan apakah ubin tersebut sudah perlu diganti atau masih layak digunakan berdasarkan dengan bunyi yang dihasilkan oleh bola golf yang menghantam ubin lantai tersebut.

Pada tugas akhir ini, dilakukan penelitian bagaimana aplikasi ini bekerja dengan ekstraksi ciri menggunakan metode *Average Energy* dan *ZCR (Zero Crossing Rate)* serta menggunakan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* yang berfungsi untuk mencocokkan kode pengujian hasil ekstraksi ciri yang ditangkap *microphone* dengan suara latihan yang sudah diambil cirinya.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 ZCR (Zero Crossing Rate)<sup>[1]</sup>

*Zero Crossing Rate* adalah suatu parameter atau ratio untuk mendeteksi tinggi rendahnya suatu frekuensi dalam suatu nada. *Zero Crossing* merupakan jumlah rata-rata amplitudo sinyal yang melewati nilai zero (nol) per unit waktu. Dapat dihitung dengan rumus:

$$ZCR = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |sgn(x(n)) - sgn(x(n-1))| \quad (1)$$

Keterangan :  
 N = jumlah sampel per unit waktu  
 ZCR = nilai *zero crossing rate* dari sinyal  
 sgn = sign; sign positif = 0, sign negatif = 1  
 n = sinyal ke - n

### 2.2 Average Energy<sup>[2]</sup>

*Average Energy* adalah suatu parameter atau ratio untuk mendeteksi kenyaringan suatu sinyal audio. *Average Energy* dapat dihitung dengan *mean-square value*, yaitu:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)^2 \quad (2)$$

Keterangan :  
 N = jumlah sampel per unit waktu  
 E = *average energy* dari sinyal x(n)  
 n = sinyal ke - n

### 2.3 KNN (K-Nearest Neighbor)<sup>[3]</sup>

*K-Nearest Neighbor* (KNN) adalah suatu metode yang menggunakan algoritma supervised dimana hasil dari bunyi uji (bunyi yang diberi *noise*) diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada KNN. Tujuan dari algoritma ini adalah mengklasifikasikan objek baru berdasarkan jarak terdekat dengan *training sample*.

*Classifier* tidak menggunakan model apapun untuk dicocokkan dan hanya berdasarkan pada memori. Diberikan bunyi uji, kemudian akan ditemukan sejumlah K objek atau titik *training* yang paling dekat dengan bunyi uji. Klasifikasi menggunakan jumlah terbanyak di antara hasil klasifikasi dari K objek. Algoritma KNN menggunakan klasifikasi ketetanggaan sebagai nilai prediksi dari bunyi uji yang baru.

Algoritma metode KNN sangatlah sederhana, bekerja dengan berdasarkan pada jarak terpendek dari bunyi uji ke bunyi latihan (*training sample*) untuk menentukan KNN-nya. Setelah mengumpulkan KNN, kemudian diambil mayoritas dari KNN untuk dijadikan prediksi dari bunyi uji.

KNN memiliki beberapa kelebihan yaitu bahwa dia tangguh terhadap *training data* yang *noisy* dan efektif apabila data trainingnya besar. Sedangkan kelemahan dari KNN adalah perlu menentukan nilai dari parameter K (jumlah dari tetangga terdekat), pembelajaran berdasarkan jarak tidak jelas mengenai jenis jarak apa yang harus digunakan dan atribut mana yang harus digunakan untuk mendapatkan hasil yang terbaik dan memerlukan waktu komputasi yang tinggi karena diperlukan perhitungan jarak dari tiap bunyi uji pada keseluruhan bunyi latihan (*training sample*).

Berikut ini adalah langkah-langkah menghitung *K-Nearest Neighbor*:

- Tentukan parameter  $k$  (jumlah tetangga terdekat)!
- Hitung jarak antara data yang masuk dan semua sampel latih yang sudah ada dengan *Euclidian Distance*! Rumus *Euclidian Distance* adalah sebagai berikut:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{x=1}^n (x_{ij} - x_{kj})^2} \quad (3)$$

Keterangan :  $i, j$  = matriks yang akan diukur jaraknya  
 $n$  = jumlah data pada matriks  
 $x$  = nilai matriks

- Tentukan  $k$  label data yang mempunyai jarak yang minimal!

## 2.4 Blok Diagram Sistem

Aplikasi yang akan direalisasikan merupakan aplikasi yang dapat membedakan apakah ubin yang diuji masih dalam keadaan baik atau tidak berdasarkan suara dari bola golf yang menghantam ubin tersebut dari ketinggian tertentu. Sebagai alur kerja sistem, aplikasi ini akan melalui beberapa tahapan dari pemrosesan data hingga mendapatkan hasil yang diinginkan.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Dalam perancangan tugas akhir ini ada 3 blok penting yang akan dilalui dan dijalankan yaitu antara lain blok *preprocessing*, blok ekstraksi ciri dan blok klasifikasi. Pada blok *preprocessing* dilakukan proses perubahan suara dari stereo menjadi mono, normalisasi amplitudo dan *thresholding*. Setelah dilakukan *preprocessing*, sinyal suara uji akan diambil cirinya menggunakan metode ekstraksi ciri *Average Energy* maupun *ZCR (Zero Crossing Rate)*. Apabila ciri dari suara uji sudah didapatkan maka akan dilakukan klasifikasi menggunakan *KNN (K-Nearest Neighbor)* untuk menentukan ubin tersebut termasuk dalam ubin yang masih layak pakai atau tidak.

## 3. Pembahasan

### 3.1 Fungsionalitas Sistem

Sistem yang digunakan dalam Tugas Akhir ini bertujuan agar dapat membedakan apakah ubin yang telah terpasang tersebut masih layak digunakan atau tidak. Dalam proses pendeteksian ini, akan dijelaskan penggunaan 2 metode yaitu *ZCR (Zero Crossing Rate)* dan *Average Energy*. Ketiga metode ini berbasis klasifikasi *K-Nearest Neighbor* yang berfungsi untuk mencocokkan nada uji dengan nada latih yang terdapat pada *database*. Pada pengujian ini dilakukan skenario sebagai berikut:

- Pengujian dan analisis pengaruh nilai *threshold cropping* terhadap akurasi output sistem.
- Pengujian dan analisis pengaruh nilai ketetanggaan yang berbasis klasifikasi *K-Nearest Neighbor* terhadap akurasi output sistem.
- Pengujian dan analisis pengaruh parameter distance yang berbasis klasifikasi *K-Nearest Neighbor* terhadap akurasi output sistem.

### 3.2 Pengaruh Nilai *Threshold Cropping* terhadap Akurasi Output Sistem

Dalam skenario ini dilakukan pengujian lima nilai *threshold*, yaitu sebesar 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 dan 0.5 dengan:

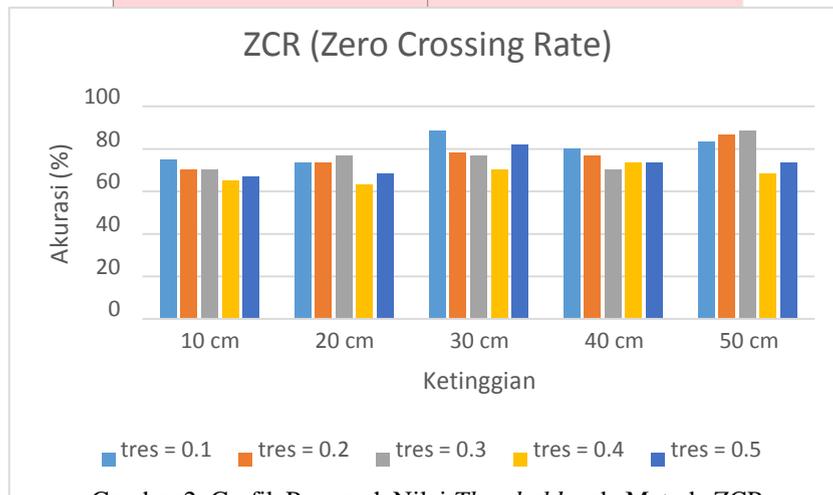
- Data latih tiap ketinggian = 15 data (total = 75 data latih)
- Nilai  $k = 1$ .
- Distance* = Euclidean.
- Pengujian pada ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

Dari hasil pengujian, dilakukan ekstraksi ciri dengan metode *Average Energy* dan *ZCR (Zero Crossing Rate)*. Berikut tabel akurasi hasil dari pengujian untuk skenario tersebut.

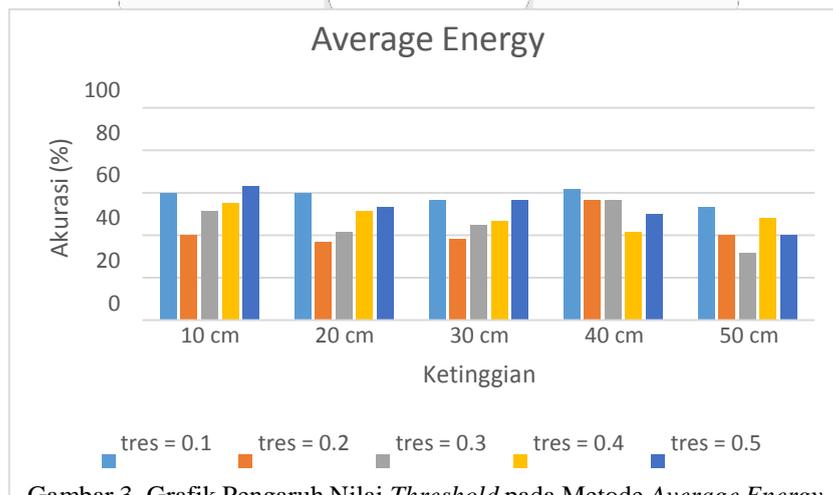
Tabel 1. Tabel Akurasi Hasil Pengaruh Nilai *Threshold*

Metode	Threshold	Akurasi Pada Setiap Ketinggian (%)				
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
ZCR	tres = 0.1	75	73.33	88.33	80	83.33
	tres = 0.2	70	73.33	78.33	76.67	86.67
	tres = 0.3	70	76.67	76.67	70	88.33
	tres = 0.4	65	63.33	70	73.33	68.33
	tres = 0.5	66.67	68.33	81.67	73.33	73.33
Average Energy	tres = 0.1	60	60	56.67	61.67	53.33
	tres = 0.2	40	36.67	38.33	56.67	40
	tres = 0.3	51.67	41.67	45	56.67	31.67
	tres = 0.4	55	51.67	46.67	41.67	48.33
	tres = 0.5	63.33	53.33	56.67	50	40

Berikut grafik akurasi sistem untuk skenario ini:



Gambar 2. Grafik Pengaruh Nilai *Threshold* pada Metode ZCR



Gambar 3. Grafik Pengaruh Nilai *Threshold* pada Metode Average Energy

Dari Tabel 4.1, Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa nilai *threshold cropping* mempengaruhi akurasi *output* sistem dan nilai *threshold* yang paling baik adalah 0.1 untuk tiap metode yang digunakan.

**3.3 Pengaruh Nilai Ketinggian Berbasis Klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*) terhadap Akurasi Output Sistem**

Dalam skenario ini dilakukan pengujian empat nilai ketinggian yaitu k=1, k=3, k=5, k=7 dan k=9 dengan:

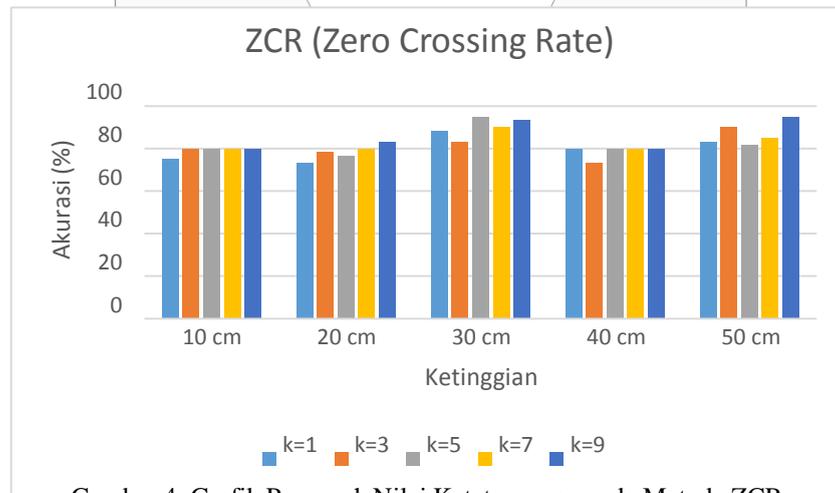
- a. Data latih tiap ketinggian = 15 data (total = 75 data latih)
- b. *Threshold Cropping* = 0.1.
- c. *Distance* = Euclidean.
- d. Pengujian pada ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

Dari hasil pengujian, dilakukan ekstraksi ciri dengan metode *Average Energy* dan *ZCR (Zero Crossing Rate)*. Berikut tabel akurasi hasil dari pengujian untuk skenario tersebut.

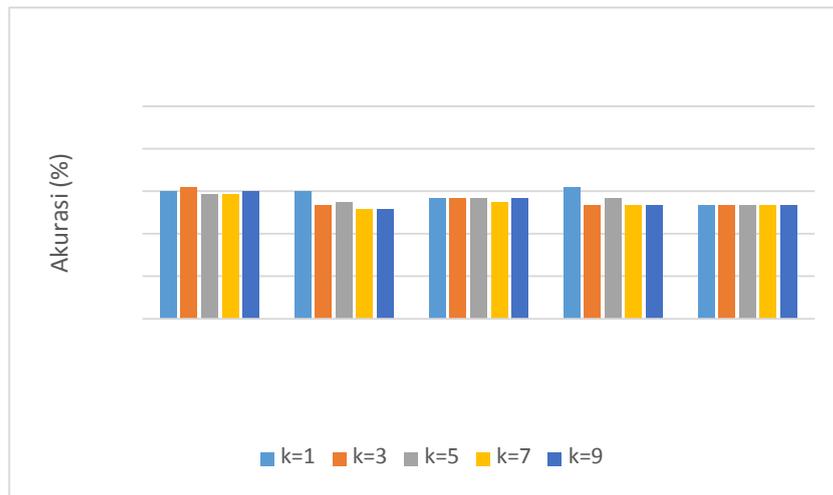
Tabel 2. Tabel Akurasi Hasil Pengaruh Nilai Ketinggian

Metode	Nilai k	Akurasi Pada Setiap Ketinggian (%)				
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
ZCR	k=1	75	73.33	88.33	80	83.33
	k=3	80	78.33	83.33	73.33	90
	k=5	80	76.67	95	80	81.67
	k=7	80	80	90	80	85
	k=9	80	83.33	93.33	80	95
Average Energy	k=1	60	60	56.67	61.67	53.33
	k=3	61.67	53.33	56.67	53.33	53.33
	k=5	58.33	55	56.67	56.67	53.33
	k=7	58.33	51.67	55	53.33	53.33
	k=9	60	51.67	56.67	53.33	53.33

Berikut grafik akurasi sistem untuk skenario ini:



Gambar 4. Grafik Pengaruh Nilai Ketinggian pada Metode ZCR



Gambar 5. Grafik Pengaruh Nilai Ketetangaan pada Metode *Average Energy*

Dari Tabel 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa nilai ketetangaan untuk k=1, k=3, k=5, k=7 dan k=9 mempengaruhi akurasi *output* sistem dan nilai k yang paling baik adalah k=9 untuk metode ZCR (*Zero Crossing Rate*) dan k=1 untuk metode *Average Energy*.

### 3.4 Pengaruh Parameter *Distance* Berbasis Klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*) terhadap Akurasi *Output* Sistem

Dalam skenario ini dilakukan pengujian dua parameter *distance* yaitu *Euclidian Distance* dan *Cityblock Distance* dengan:

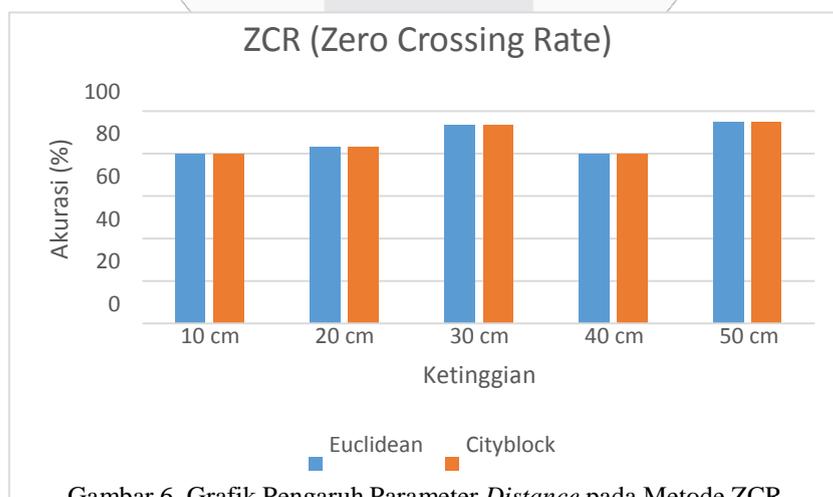
- Data latih tiap ketinggian = 15 data (total = 75 data latih)
- Threshold Cropping* = 0.1.
- Nilai k = 9 untuk metode ZCR (*Zero Crossing Rate*) dan k = 1 untuk metode *Average Energy*.
- Pengujian pada ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

Dari hasil pengujian, dilakukan ekstraksi ciri dengan metode *Average Energy* dan ZCR (*Zero Crossing Rate*). Berikut tabel akurasi hasil dari pengujian untuk skenario tersebut.

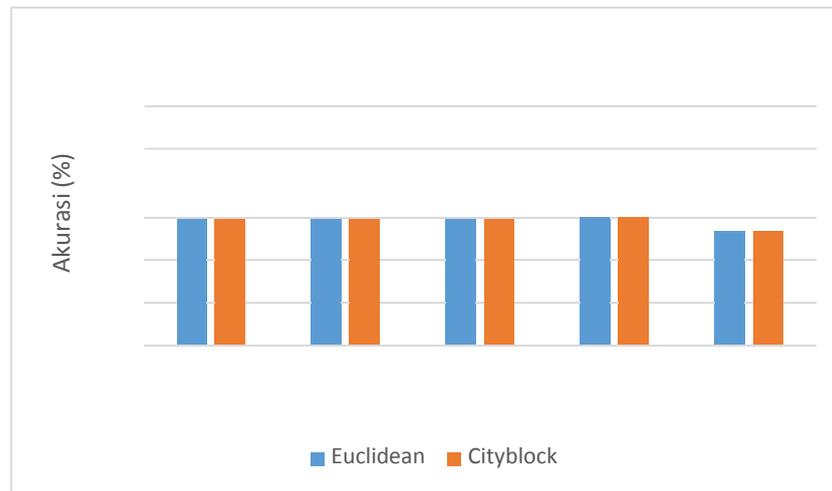
Tabel 3. Tabel Akurasi Hasil Pengaruh Parameter *Distance*

Metode	Distance	Akurasi Pada Setiap Ketinggian (%)				
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
ZCR	Euclidean	80	83.33	93.33	80	95
	Cityblock	80	83.33	93.33	80	95
Average Energy	Euclidean	60	60	56.67	61.67	53.33
	Cityblock	60	60	56.67	61.67	53.33

Berikut grafik akurasi sistem untuk skenario ini:



Gambar 6. Grafik Pengaruh Parameter *Distance* pada Metode ZCR



Gambar 7. Grafik Pengaruh Parameter *Distance* pada Metode *Average Energy*

Dari Tabel 4.3, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa parameter *distance* yaitu *Euclidean Distance* dan *Cityblock Distance* tidak mempengaruhi akurasi *output* sistem baik metode ZCR (*Zero Crossing Rate*) maupun *Average Energy* karena menghasilkan nilai akurasi yang sama.

#### 4. Kesimpulan

Nilai *threshold cropping* mempengaruhi akurasi *output* sistem dan nilai *threshold cropping* yang paling baik adalah 0.1 untuk tiap metode yang digunakan. Nilai ketetangaan untuk  $k=1$ ,  $k=3$ ,  $k=5$ ,  $k=7$  dan  $k=9$  mempengaruhi akurasi *output* sistem dan nilai  $k$  yang paling baik adalah  $k=9$  untuk metode ZCR (*Zero Crossing Rate*) dan  $k=1$  untuk metode *Average Energy*. Parameter *distance* yaitu *Euclidean Distance* dan *Cityblock Distance* tidak mempengaruhi akurasi *output* sistem baik metode ZCR (*Zero Crossing Rate*) maupun *Average Energy* karena menghasilkan nilai akurasi yang sama. Secara keseluruhan, metode ekstraksi ciri yang memiliki performansi paling baik adalah metode ZCR dengan spesifikasi nilai *threshold* = 0.1, nilai  $k = 9$ , parameter *distance* = *euclidean/cityblock* dan paling baik diterapkan pada ketinggian 50 cm karena dapat menghasilkan nilai akurasi sebesar 95%. Metode *Average Energy* dapat dikatakan tidak layak digunakan dalam kasus ini karena akurasi tertinggi hanya sebesar 61.67% yang terbilang sangat buruk untuk suatu sistem.

#### Daftar Pustaka:

- [1] Mcloughlin, Ian. 2009. *Applied Speech and Audio Processing With MATLAB Examples*. Cambridge University Press: New York.
- [2] Yen, Joe. Jurnal: *Wavelet for Acoustics*. R98942097.
- [3] Heradiarsi, Monica. 2012. Tugas Akhir: *Deteksi Frekuensi Nada Dasar Biola dengan Ekstraksi Ciri Menggunakan Statistical Characterization (SSC) dan Zero Crossing Rate (ZCR) Berbasis Klasifikasi K-Nearest Neighbor*. Bandung: Universitas Telkom.
- [4] Fuadi, Vanessa Catalina. 2014. Tugas Akhir: *Implementasi dan Analisis Kondisi Mesin Mobil Berdasarkan Ciri Akustik dengan Metode Transformasi Wavelet pada Platform Android*. Bandung: Universitas Telkom.
- [5] Nafari, Allan. 2011. Tugas Akhir: *Segmentasi dan Klasifikasi Speech/Music Menggunakan Algoritma Segmental CDP*. Bandung: Universitas Telkom.
- [6] Permana, Linggar Aditya. 2015. Tugas Akhir: *Implementasi dan Analisis Kondisi Mesin Motor Berdasarkan Ciri Akustik dengan Metode Transformasi Wavelet dan K-NN pada Platform Android*. Bandung: Universitas Telkom.