

DETEKSI KUALITAS PEMASANGAN UBIN BERBASIS EKSTRAKSI CIRI ZCR (ZERO CROSSING RATE) DAN LPC(LINIER PREDICTIVE CODING) DENGAN KLASIFIKASI K-NEAREST NEIGHBOR

QUALITY DETECTION OF TILE INSTALLATION BASED ON ZCR(ZERO CROSSING RATE) AND LPC(LINIER PREDICTIVE CODING) FEATURE EXTRACTION WITH K-NEAREST NEIGHBOR CLASSIFICATION

Fransiskus Firdyan Laia¹, Ratri Dwi Atmaja², Nur Andini³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹firdy.pank@gmail.com, ²ratriidwiatmaja@telkomuniversitv.ac.id, ³nurandini@telkomuniversitv.ac.id

Abstrak

Pada masa sekarang ini perkembangan teknologi dibidang pengolahan sinyal digital telah berkembang dengan sangat pesat, salah satu pengembangannya adalah dalam pengolahan sinyal suara dan tak bisa dipungkiri lagi bahwa manusia tak bisa lepas dari kemajuan teknologi setiap harinya. Tanpa disadari pula banyak alat maupun *software* komputer berperan penting dalam membantu manusia melakukan aktivitas. Salah satu teknologi yang sedang berkembang saat ini adalah teknologi dalam bidang pengolahan sinyal suara. Pada penelitian sebelumnya pernah dirancang deteksi kualitas ubin menggunakan metode *Average Energy*. Sehingga pada penelitian penulis akan membuat deteksi kualitas ubin dengan metode *Linier Predictive Coding* dan *Zero Crossing Rate*.

Pada tugas akhir ini, diperlukan suatu metode ekstraksi ciri suara dan metode klasifikasinya. Penelitian dilakukan dengan menjatuhkan bola golf diatas keramik dan bunyi yg dihasilkan direkam menggunakan *handphone* dengan bantuan aplikasi *voice recorder*. Penelitian ini menggunakan ekstraksi ciri yaitu *Linier Predictive Coding* (LPC) dan *Zero Crossing Rate* (ZCR) dengan metode klasifikasinya yaitu *K-Nearest Neighbor* (KNN) yang kemudian akan membandingkan nilai uji ekstraksi ciri yang ditangkap oleh *handphone* dengan suara latih yg telah tersimpan.

Setelah dilakukan pengujian dengan skenario berbeda dalam sistem yg dirancang maka dapat ditentukan apakah ubin keramik yang telah terpasang tersebut harus diganti atau masih layak digunakan, setelah dilakukan ekstraksi ciri *Linier Predictive Coding* (LPC) diperoleh akurasi 95% pada ketinggian 40 cm dengan k=3 dan orde LPC=16, sedangkan pada *Zero Crossing Rate* (ZCR) diperoleh akurasi 91,66% pada ketinggian 10 cm dengan k=5

Kata kunci : pengolahan sinyal suara, Linier Predictive Coding, KNN, ZCR

Abstract

At the present time the development of the technological advances in the field of digital signal processing has been growing rapidly, technology that is being developed at this time is technology in the field of signal processing and that is undeniable that humans growing together with the development of technology in every single time. Without realizing it anyway, a lot of tools and computer software that the unconscious plays an important role in helping human activity. In the previous research, quality detection of tile has been designed using *Average Energy* method. So in this research the authors will make quality detection of tile using *Linier Predictive Coding* and *Zero Crossing Rate* methods.

In this final project, feature extraction methods and classification method are needed. 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 with the voice recorder application. This study will use the voice feature extraction methods called *Linear Predictive Coding* (LPC) and *Zero Crossing Rate* (ZCR) with the classification method, *K-Nearest Neighbor* (KNN) and then compares the value of feature extraction tests that captured by phone with a trainer sound which has been saved.

After testing with different scenarios on the designed system, it can be determine whether the ceramic tiles that have been installed must be replaced or still fit for use. After do the *Linear Predictive Coding* (LPC) feature extraction author got 95% accuracy at 40 cm altitude with k = 3 and LPC order = 16, while the *Zero Crossing Rate* (ZCR) obtained an accuracy of 91.66% at 10 cm altitude with k=5.

Keywords : audio signal processing, Linier Predictive Coding, KNN, ZCR

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di dunia saat ini sangatlah pesat, tak dapat dihindari lagi bahwa manusia selalu mengikuti perkembangan teknologi tersebut setiap saat. Begitu banyak tools dan software yang membantu manusia dalam berbagai kegiatan manusia, teknologi yang mempermudah hidup manusia. Salah satunya adalah teknologi Pengolahan Sinyal Suara. Kadang kita menjadi kesulitan ketika adanya permasalahan yang tidak mampu ditangkap oleh indera manusia namun dengan adanya teknologi ini akan membantu manusia terutama mengatasi keterbatasan indera pendengaran manusia. Pada penelitian sebelumnya[3] pernah dirancang deteksi kualitas ubin dengan menggunakan ekstraksi ciri Average Energy dan klasifikasi nya menggunakan metode KNN. Pada penelitian sebelum nya diperoleh akurasi 61,67% pada ketinggian 40 cm dengan $k=1$ untuk metode Average Energy. Pada penelitian ini penulis akan membuat suatu deteksi kualitas ubin dengan data berbeda dan metode berbeda serta membandingkannya dengan penelitian sebelumnya.

Pengolahan sinyal suara sangat berguna bagi manusia karena manusia memiliki insting pendengaran yang berbeda-beda, sehingga pengolahan sinyal suara ini dapat menghasilkan standarisasi tertentu. Salah satu manfaat dari pengolahan sinyal suara adalah ketika anda mendengarkan bunyi yang dihasilkan dari hasil pantulan bola golf dapat dengan mudah menentukan apakah ubin tersebut masih layak digunakan atau tidak, akan berbanding terbalik apabila didengarkan dengan telinga langsung. Untuk menerapkan ide penelitian ini diperlukan metode ekstraksi ciri Linier Predictive Coding dan Zero Crossing Rate dengan metode klasifikasi nya adalah K-Nearest Neighbor. Metode-metode ini akan diaplikasikan dengan software pemrograman Matlab.

Dengan mengaplikasikan ide penelitian ini diharapkan dapat menjadi suatu kemajuan yang pesat di bidang teknologi pengolahan sinyal suara dan dapat memberikan dampak positif bagi kehidupan manusia terutama dalam mendeteksi ubin yang masih layak atau tidak layak dalam penggunaannya sehari-hari

2. Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini digunakan 2 metode sebagai objek penelitian yaitu ZCR (Zero Crossing Rate) dan Linier Predictive Coding. Menggunakan metode ZCR karena bunyi yang diambil dari ubin memiliki sedikit noise dan menggunakan perhitungan yang sangat sederhana sehingga metode ini dapat berjalan dengan baik. Sedangkan metode Linier Predictive Coding digunakan untuk mengetahui ciri-ciri penting dari sinyal suara tersebut dalam bentuk koefisien-koefisien LPC [2].

2.1 Blok Diagram Sistem

Aplikasi yang telah direalisasikan merupakan aplikasi yang dapat membedakan apakah ubin yang diuji masih dalam keadaan layak atau tidak layak berdasarkan suara pantulan dari bola golf yang memantul pada ubin tersebut yang menghasilkan pantulan sebanyak 3 atau lebih pantulan dari ketinggian tertentu. Sebagai alur kerja sistem, aplikasi ini akan melalui beberapa tahapan dari pemrosesan data hingga mendapatkan hasil yang diinginkan.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Dalam perancangan tugas akhir secara garis besar menggunakan 3 blok besar yaitu antara lain blok preprocessing, blok ekstraksi ciri dan blok klasifikasi. Pada blok preprocessing dilakukan proses perubahan suara dari stereo menjadi mono yang dalam hal ini voice recorder adalah aplikasi yang membantu proses perekaman, normalisasi amplitudo dan thresholding. Setelah melalui tahap-tahap pada blok preprocessing, sinyal suara uji akan diambil cirinya menggunakan metode ekstraksi ciri Linier Predictive Coding dan ZCR (Zero Crossing Rate). Pada tahapan terakhir, 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 layak

2.2 Pengambilan Data

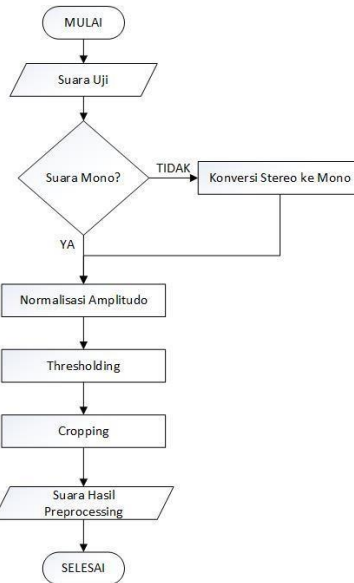
Data diperoleh dari hasil rekaman bola golf yang dijatuhkan dari ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm menuju ubin sehingga timbul pantulan dan menghasilkan bunyi dari pantulan tersebut yang kemudian direkam dengan menggunakan aplikasi voice recorder yang terdapat pada handphone. Hasil perekaman yang dihasilkan dalam .wav mode. Perekaman menggunakan frekuensi sampling 44100 Hz, resolusi 16 bit dan kanal mono.

Frekuensi sampling yang dipilih adalah 44100 Hz karena kualitas yang maksimal dan agar tidak terjadi kesalahan yang disebut aliasing, maka frekuensi sampling harus memenuhi teorema nyquist yaitu frekuensi sampling minimal harus 2 kali frekuensi maksimum yang dikandung sinyal yang bersangkutan.

Resolusi bit yang dipilih adalah 16 bit yang bertujuan untuk memperoleh performansi yang lebih baik karena dalam proses perekaman tidak terlepas dari noise dan semakin tinggi nilai jangkauan makin baik pula kualitas nya, namun juga ukuran file yang diperlukan juga semakin besar.

Dalam mengantisipasi terjadinya error maka kanal yang dipilih adalah mono yang bertujuan untuk mempermudah pemrosesan karena jumlah datanya lebih sedikit daripada menggunakan kanal stereo.

2.3 Diagram Alir Preprocessing



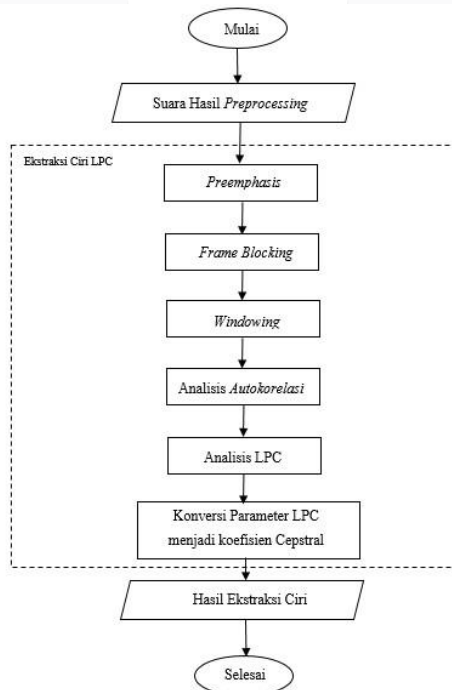
Gambar 3.2 Diagram Alir Preprocessing

Pada tahap ini suara yang akan diuji pertama kali akan dicek terlebih dahulu apakah file suara tersebut memiliki tipe stereo atau mono. Apabila masih berupa stereo, maka akan dikonversi terlebih dahulu ke mono dengan menggunakan bantuan aplikasi yang hasilnya berupa 1 pita saja.

Setelah dilakukan konversi, sinyal suara tersebut akan dirubah nilai amplitudonya ke dalam rentang nilai -1 sampai 1, agar tidak ada sinyal suara yang terlalu kuat atau terlalu lemah. Kemudian sinyal suara yang telah dinormalisasi akan diberikan threshold mulai 0,05. Memakai threshold sebesar 0,05 karena pada nilai tersebut lah suara dari pantulan bola golf sudah mulai dapat didengarkan.

Setelah proses penentuan threshold selesai, sinyal suara tersebut akan dipotong (cropping) pada bagian yang memenuhi threshold saja supaya bisa mendapatkan sinyal suara yang diinginkan untuk diproses selanjutnya.

2.4 Diagram Alir Ekstraksi Ciri Linier Predictive Coding



Gambar 3.3 Diagram Alir Ekstraksi Ciri Linier Predictive Coding

Metode ekstraksi ciri Linier Predictive Coding adalah metode analisis sinyal suara yang menyatakan ciri-ciri penting dari sinyal suara tersebut dalam bentuk koefisien-koefisien LPC, sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Pada diagram alir diatas dapat dilihat bahwa data hasil preprocessing akan memasuki tahapan-tahapan dari ekstraksi ciri LPC untuk mendapatkan koefisien cepstral LPC.

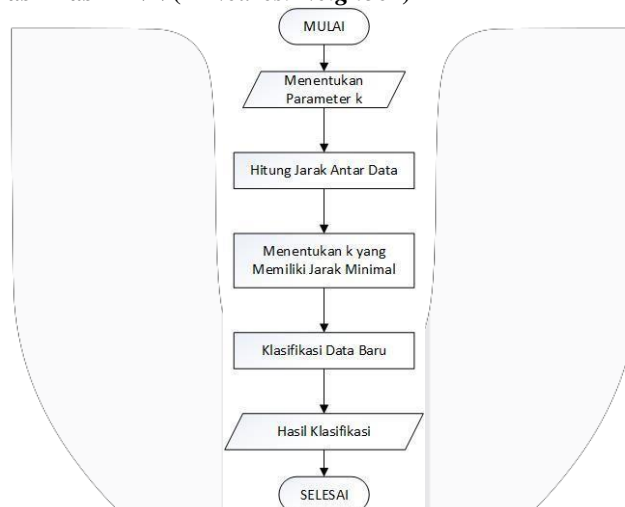
2.5 Diagram Alir Ekstraksi Ciri ZCR (Zero Crossing Rate)



Gambar 3.4 Diagram Alir Ekstraksi Ciri ZCR

Metode ekstraksi ciri ZCR adalah metode yang sering digunakan untuk mengambil ciri dari suara uji dalam pengenalan suara maupun informasi suara. Pertama suara akan memasuki tahap preprocessing, setelah itu sinyal akan dibagi menjadi beberapa frame dimana tiap frame akan menampung nilai koefisien ZCR. Nilai koefisien ZCR didapatkan dengan cara menghitung jumlah suara uji yang melewati garis tiap frame yang telah ditentukan jumlahnya, kemudian itulah yang akan menjadi hasil ekstraksi cinya.

2.6 Diagram Alir Klasifikasi KNN (K-Nearest Neighbor)



Gambar 3.5 Diagram Alir Klasifikasi KNN

Dalam klasifikasi K-Nearest Neighbor terlebih dahulu harus menentukan data latih dan data uji. selanjutnya akan dilakukan klasifikasi KNN untuk menentukan apakah ubin tersebut masih layak digunakan atau tidak. Pada proses KNN, kemudian hal kedua yang dilakukan adalah menentukan parameter k yang akan digunakan. Parameter k adalah variabel yang bernilai ganjil, dipilihnya nilai ganjil agar mengurangi kesalahan algoritma jika peluang kemiripannya sama

Apabila parameter k sudah ditentukan, maka dilakukan penghitungan jarak dari suara uji ke suara latih yang telah disimpan sebelumnya. Banyaknya parameter k tadi akan berpengaruh terhadap penentuan jarak ke beberapa sinyal suara latih sesuai dengan jumlah parameter k. Dekat atau jauhnya tetangga biasanya dihitung berdasarkan jarak Euclidean, Cityblock, Cosine dan Correlation. Pada penelitian ini menggunakan *Euclidean* dan *Cityblock* karena pada penelitian [8] dan [9] menyatakan bahwa *distance* tersebut menghasilkan performansi yang terbaik. Klasifikasi KNN akan mengklasifikasikan suara uji tersebut berdasarkan label mayoritas dari K tetangga terdekat.

2.7 Akurasi dan Error

Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan parameter akurasi dan *error*. Akurasi merupakan ukuran ketelitian sistem dalam mengenali *input* yang diberikan sehingga menghasilkan *output* yang benar. Akurasi sistem secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = \frac{Jumlah\ Data\ Benar}{Jumlah\ Data\ Benar + Jumlah\ Data\ Salah} \times 100\%$$

Sedangkan *error* merupakan tingkat kesalahan sistem dalam mengenali *input* yang diberikan terhadap jumlah data secara keseluruhan. *Error* secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E = \frac{Jumlah\ Data\ Salah}{Jumlah\ Data\ Benar + Jumlah\ Data\ Salah} \times 100\%$$

3. Hasil dan Analisis

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 *Linier Predictive Coding*. 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:

- a. Analisis Pengaruh Orde Analisa LPC (*Linier Predictive Coding*) terhadap Akurasi *Output* Sistem.
- b. Pengujian dan analisis pengaruh nilai ketetangaan yang berbasis klasifikasi *K-Nearest Neighbor* terhadap akurasi *output* sistem.
- c. Pengujian dan analisis pengaruh parameter *distance* yang berbasis klasifikasi *K-Nearest Neighbor* terhadap akurasi *output* sistem.

3.1 Analisis Pengaruh Orde Analisa LPC terhadap Akurasi Output Sistem

Dalam skenario ini dilakukan pengujian lima nilai orde analisa LPC, yaitu sebesar 12, 14, 16, 18 dan 20 dengan:

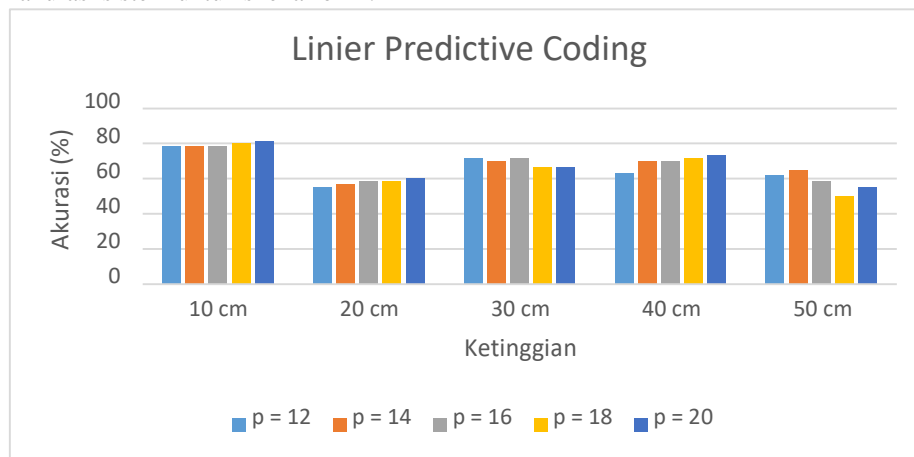
- a. Data latih 15 data untuk masing-masing ketinggian (75 data) Nilai k = 1.
- b. *Distance* = Euclidean.
- c. Pengujian pada ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

Setelah dilakukan pengujian, kemudian dilakukan ekstraksi ciri dengan metode *Linier Predictive Coding*. Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian dengan skenario diatas.

Tabel 4.1 Tabel Akurasi Hasil Pengaruh Orde Analisa LPC

Metode	Orde Analisa LPC	Akurasi Pada Setiap Ketinggian (%)				
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
<i>Linier Predictive Coding</i>	12	78.3	55	71.6	63.3	61.66
	14	78.3	56.6	70	70	65
	16	78.3	58.3	71.6	70	58.3
	18	80	58.3	66.6	71.6	50
	20	81.6	60	66.6	73.3	55

Berikut grafik akurasi sistem untuk skenario ini:



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Orde Analisa pada Metode LPC

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa akurasi pada ketinggian 10 cm, 20 cm dan 40 cm meningkat seiring dengan bertambah nya nilai orde sehingga untuk skenario pengujian ini dapat dianalisa bahwa semakin besar nilai orde maka semakin tinggi akurasinya. Dan dapat kita lihat bahwa akurasi paling tinggi terdapat pada orde 20 di ketinggian 10 cm, yg berarti ciri terbaik pada pengujian ini terdapat pada angka tersebut dengan persentase sebesar 81,6%.

3.2 Analisis Pengaruh Nilai Ketetangaan Berbasis Klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*) terhadap Akurasi Output Sistem

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

- a. Data latih 15 data untuk masing-masing ketinggian (75 data)
- b. *Distance* = Euclidean.
- c. Pengujian pada ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

Dari hasil pengujian, dilakukan ekstraksi ciri dengan metode *Linier Predictive Coding (LPC)* dan *ZCR (Zero Crossing Rate)*. Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian dengan skenario diatas.

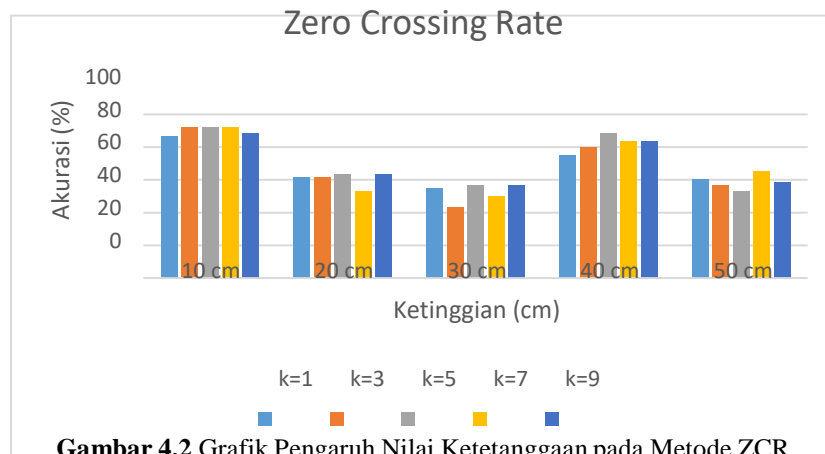
Tabel 4.2 Tabel Akurasi Hasil Pengaruh Nilai Ketetangaan

Metode	Nilai k	Akurasi Pada Setiap Ketinggian (%)				
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
ZCR	k=1	86.66	61.66	55	75	60
	k=3	91.66	61.66	43.33	80	56.66
	k=5	91.66	63.33	56.66	88.33	53.33
	k=7	91.66	53.33	50	83.33	65
	k=9	88.33	63.33	56.66	83.33	58.33
LPC	k=1	81.66	60	66.66	73.3	55
	k=3	70	60	71.66	95	75
	k=5	70	60	73.3	91.66	70
	k=7	73.3	55	71.66	90	70
	k=9	71.66	76.66	70	76.66	66.66

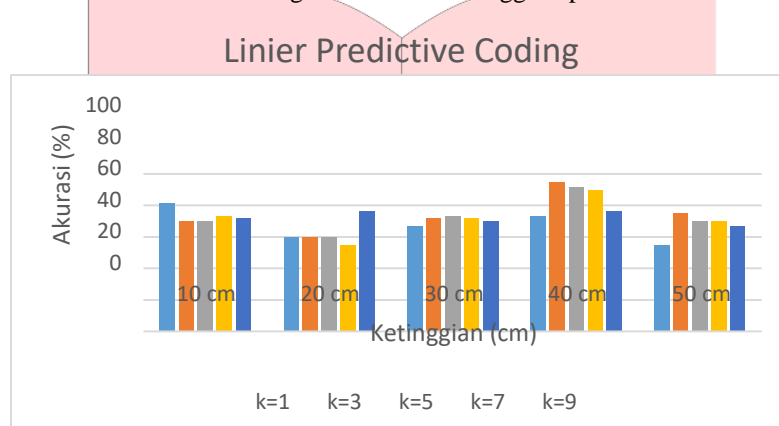
Keterangan **Tabel 4.2**

: Hasil akurasi metode paling tinggi

Berikut grafik akurasi sistem untuk skenario ini:



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Nilai Ketetangaan pada Metode ZCR



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Nilai Ketetangaan pada Metode LPC

Dari Tabel 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 dapat dilihat metode Zero Crossing Rate pada ketinggian 10 cm memiliki rata-rata akurasi yang baik, sedangkan pada Linier Predictive Coding rata-rata akurasi baik ada pada ketinggian 40 cm, sehingga diambil kesimpulan bahwa nilai ketetangaan (k=1, k=3, k=5, k=7, k=9) mempengaruhi akurasi output sistem dan dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai k terbaik untuk metode LPC adalah k=3 dengan ketinggian 40 cm sedangkan pada ZCR adalah k=5 dengan ketinggian 10 cm serta distance yang digunakan adalah euclidean.

3.3 Analisis Pengaruh Parameter Distance Berbasis Klasifikasi KNN (K-Nearest Neighbor) terhadap Akurasi Output Sistem

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

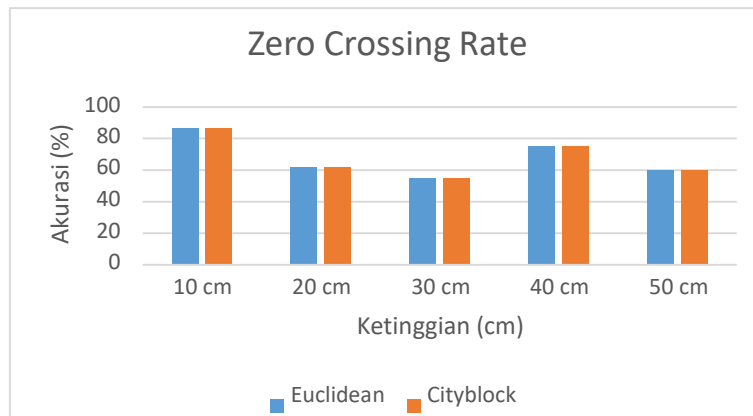
- Data latih 15 data untuk masing-masing ketinggian (75 data)
- Nilai k = 5 untuk metode Zero Crossing Rate dan k = 1 untuk metode Linier Predictive Coding.
- Pengujian pada ketinggian 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm dan 50 cm.

Dari hasil pengujian, dilakukan ekstraksi ciri dengan metode Linier Predictive Coding dan Zero Crossing Rate. Berikut tabel akurasi hasil dari pengujian untuk skenario tersebut:

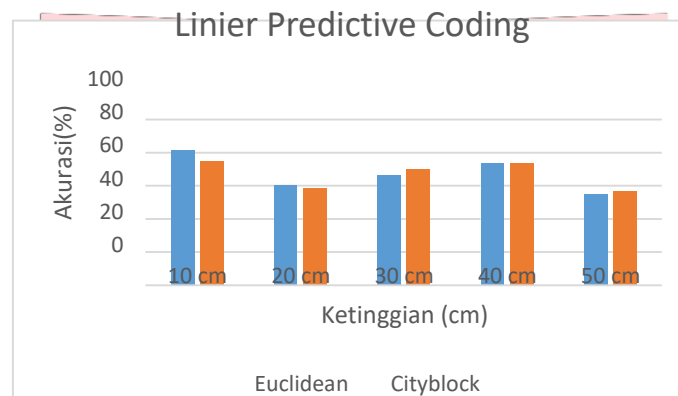
Tabel 4.3 Tabel Akurasi Hasil Pengaruh Parameter Distance

Metode	Distance	Akurasi Pada Setiap Ketinggian (%)				
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm
ZCR	Euclidean	86.66	61.66	55	75	60
	Cityblock	86.66	61.66	55	75	60
LPC	Euclidean	81.66	60	66.66	73.33	55.00
	Cityblock	75	58.33	70	73.33	56.66

Berikut grafik akurasi sistem untuk skenario ini:



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Parameter *Distance* pada Metode ZCR



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Parameter *Distance* pada Metode *Linier Predictive Coding*

Dari Tabel 4.3, Gambar 4.5 dapat diambil kesimpulan bahwa parameter distance yaitu Euclidean Distance dan Cityblock Distance tidak mempengaruhi akurasi output sistem pada metode ZCR (Zero Crossing Rate) sedangkan pada Gambar 4.6 yaitu representasi dari pengaruh parameter distance (Euclidean dan Cityblock) yang ternyata mempengaruhi akurasi output sistem pada metode LPC (Linier Predictive Coding) dengan kesimpulan bahwa semakin rendah ketinggian pantulan maka akurasi akan semakin baik dan pada metode Linier Predictive Coding ini juga menunjukkan euclidean distance memiliki rata-rata akurasi yang lebih baik daripada cityblock distance.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, pengujian serta analisa yang dilakukan oleh penulis, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut: Nilai ketetanggaan sangat mempengaruhi akurasi kedua metode LPC (Linier Predictive Coding) dan ZCR (Zero Crossing Rate). Dengan nilai k yang berbeda ($k=1$, $k=3$, $k=5$, $k=7$, $k=9$) didapatkan nilai k terbaik untuk ZCR adalah $k=5$, sedangkan $k=3$ untuk LPC. Pada Pengujian Orde Analisa LPC dapat kita lihat bahwa akurasi paling tinggi terdapat pada orde 20 di ketinggian 10cm. Parameter distance yaitu Euclidean Distance dan Cityblock Distance mempengaruhi akurasi output sistem pada metode LPC (Linier Predictive Coding) yang mana euclidean distance menjadi parameter terbaik pada ketinggian 10 cm dan parameter distance ini tidak mempengaruhi akurasi output sistem pada metode ZCR (Zero Crossing Rate). Secara keseluruhan pada penelitian ini, Metode ekstraksi ciri dengan tingkat akurasi terbaik adalah metode LPC dengan orde analisa LPC=20, nilai threshold = 0.05, nilai $k = 3$, parameter distance = euclidean dan pada ketinggian 40cm, karena dengan nilai-nilai parameter tersebut didapat akurasi sebesar 95%. Metode Zero Crossing Rate juga layak digunakan meskipun dengan tingkat akurasi tertingginya yang masih berada di bawah akurasi Linier Predictive Coding yaitu: 91,66% pada ketinggian 10cm, $k=5$ serta distance Euclidian/Cityblock.

Daftar Pustaka:

- [1] Firmansyah, A. 2007. Dasar-Dasar Pemrograman Matlab. IlmuKomputer. com.
- [2] McLoughlin, Ian. 2009. *Applied Speech and Audio Processing With MATLAB Examples*. Cambridge University Press: New York.
- [3] R.J. Pradhana, B. Hidayat, R.D. Atmaja, *Deteksi kualitas pemasangan ubin berbasis ekstraksi ciri bunyi dengan klasifikasi K-Nearest Neighbor*. Bandung: Universitas Telkom. 2015

- [4] I.Y. Kurniawan, R. Magdalena, I.N.A. Ramatryana , *Analisis dan Simulasi Identifikasi Judul Lagu Melalui Senandung Manusia Menggunakan Ekstraksi Ciri LPC (Linier Predictive Coding)*. Bandung: Universitas Telkom. 2016.
- [5] L.R. Rabiner, M.R Sambur, "An Algorithm for determining the endpoints of Isolated Utterances", The Bell System Technical Journal, February 1975, pp 298-315.
- [6] M.S. Annas, A. Rizal, and R. D. Atmaja , *Pengenalan Individu Berdasarkan Gait Menggunakan Sensor Gyroscope*. Bandung: Universitas Telkom. 2017.
- [7] Y.S. Angal, R.H. Chile, and R.S. Holambe, "Comparison of Speech Recognition of Isolated Words Using Linear Predictive Coding (LPC), Linear Predictive Cepstral Coding (LPCC) & Perceptual Linear Prediction (PLP) and The Effect of Variation of Model Order On Speech Recogniton Rate," *International Journal of Electronics and Communication Engineering Research and Development (IJE CERD)*, vol. 1, no. 1, pp. 07-19, 2011
- [8] A.N. Fadhilillah, L. Novamizanti, R.D. Atmaja , *Analisis dan Implementasi Klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) pada Sistem Identifikasi Biometrik Telapak Kaki Manusia*. eProceedings of Engineering 2(2)|Vol:| issue: | 2015
- [9] P. D. Wananda, L. Novamizanti, R.D. Atmaja, *Sistem Deteksi Cacat Kayu dengan Metode Deteksi Tepi SUSAN dan Ekstraksi Ciri Statistik*, *Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi & Elektronika (ELKOMIKA)*, Vol.6 No.1, hal. 98-109, 2018

