

SISTEM DETEKSI NADA ALAT MUSIK ANGKLUNG MENGGUNAKAN METODE HARMONIC PRODUCT SPECTRUM

TONE DETECTION SYSTEM ON ANGKLUNG MUSICAL INSTRUMENT USING HARMONIC PRODUCT SPECTRUM METHOD

Rachmat Hidayat Ashary¹, Raditiana Patmasari, S.T., M.T.², Sofia Saidah, S.T., M.T.³

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

Jln. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

[1rachmatashary@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:rachmatashary@student.telkomuniversity.ac.id), [2raditiana@telkomuniversity.ac.id](mailto:raditiana@telkomuniversity.ac.id),

[3sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id](mailto:sofiasaidahsfi@telkomuniversity.ac.id)

ABSTRAK

Salah satu alat musik tradisional yang banyak di jumpai di Jawa Barat adalah angklung. Angklung sendiri merupakan alat musik yang terbuat dari tabung-tabung bambu. Suara atau nada dihasilkan dari efek benturan tabung-tabung bambu dengan cara di goyangkan atau digetarkan. Suara yang dihasilkan berupa nada seperti do, re, mi, fa, sol, la, si, dan do tinggi. Cara memainkannya sangat mudah namun bagi pemula biasanya hanya dapat mendengar suara yang dihasilkan dan tidak mengetahui nadanya. Sehingga pada tugas akhir ini akan dibuat sistem yang dapat membantu bagi pemula dan dapat menjadi alternatif pembantu di sekolah musik untuk mengidentifikasi nada-nada pada angklung.

Sistem yang digunakan pada tugas akhir ini menggunakan metode *harmonic product spectrum* yang berfungsi untuk melihat frekuensi dasar yang terdapat pada sinyal masukan. Sistem ini melalui dua tahap yaitu proses perekaman dan proses pengenalan nada. Pada proses perekaman dilakukan untuk membuat referensi atau sampel nada yang akan menjadi acuan untuk mengenali nada yang dimainkan dengan cara merekam nada angklung dan menyimpan filenya dalam bentuk *.wav. Sedangkan proses pengenalan nada yaitu proses secara langsung pada penginputan data yang akan melalui *preprocessing*, *harmonic product spectrum* dan klasifikasi KNN sehingga dapat mendeteksi dan mengenali nada yang sedang dimainkan. Sinyal masukan berasal dari suara yang dihasilkan angklung lalu diubah menjadi frekuensi dan di proses sehingga mendapatkan frekuensi dasar yang dikenali.

Dari hasil pengujian menunjukkan akurasi terbaik pada kombinasi dua ciri statistik orde pertama variansi-skewness, dan jenis KNN yang digunakan yaitu *euclidean* dengan jumlah $K=1$ dengan akurasi sebesar 88.78%. Dengan kata lain sistem deteksi nada alat musik angklung menggunakan metode *harmonic product spectrum* memperoleh hasil yang optimal.

Kata kunci : Angklung, *Preprocessing*, *Harmonic Product Spektrum*.

ABSTRACT

One of the traditional musical instruments that are often found in West Java is angklung. Angklung itself is a musical instrument made of bamboo tubes. Sound or tone is produced from the effects of collision of bamboo tubes in a way that is shaken or vibrated. The sound produced is in the form of tones like do, re, mi, fa, sol, la, si,

and do high. The way to play it is very easy, but for beginners, usually only can hear the sound produced and do not know the tone. So that in this final project a system will be created that can be helpful for beginners and can be an alternative helper in music schools to identify the notes on angklung.

The system used in this final project uses a harmonic product spectrum method which functions to see the basic frequency contained in the input signal. This system goes through two stages, namely the recording process and the tone recognition process. In the recording process is done to make a reference or sample tone that will be a reference to recognize the tone played by recording the angklung tone and saving the file in the form of *.wav. While the tone recognition process is a process directly on inputting data that will go through preprocessing, harmonic product spectrum and KNN classification so that it can detect and recognize the tones being played. The input signal is derived from the sound produced by the angklung and then converted into frequency and processed so that it can get a recognized basic frequency.

From the test results showed the best accuracy in the combination of two first-order statistical characteristics of variance-skewness, and the type of KNN used was euclidean with the number $K = 1$ with an accuracy of 88.78%. In other words, the angklung musical instrument detection system using the harmonic product spectrum method has optimal results.

Keywords: Angklung, Preprocessing, Harmonic Product Spectrum

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu alat musik tradisional yang banyak dijumpai di Jawa Barat adalah Angklung. Angklung sendiri merupakan alat musik yang terbuat dari tabung-tabung bambu. Suara atau nada dihasilkan dari efek benturan tabung-tabung bambu dengan cara di goyangkan atau digetarkan. Alat musik yang sederhana namun dapat menciptakan harmonisasi nada yang diinginkan. Suara yang dihasilkan berupa nada seperti do, re, mi, fa, sol, la, si, dan do tinggi. Butuh latihan ataupun mengasah pendengaran dengan baik untuk dapat mengetahui nada yang sedang dimainkan. Cara memainkannya sangat mudah namun bagi pemula biasanya hanya dapat mendengar suara yang dihasilkan dan tidak dapat mengetahui nadanya. Masalah ini yang mendasari sebagian orang tidak dapat beradaptasi ataupun belajar dengan baik menggunakan angklung. Biasanya hanya dengan sebatas pengenalan nada bagi pemula tanpa ada edukasi yang baik. Sehingga pada tugas akhir ini akan dibuat sistem yang dapat membantu bagi pemula dan dapat menjadi alternatif pembantu untuk mengidentifikasi nada-nada pada angklung.

Pada tugas akhir ini dibuat sebuah sistem deteksi suara yang mengenali nada yang sedang dimainkan pada angklung. Sistem ini dapat membantu bagi pemula dan dapat menjadi alternatif pembantu untuk dapat lebih mudah untuk mempelajari alat musik angklung. Sistem ini menggunakan metode *harmonic product spectrum* yang berfungsi untuk melihat frekuensi dasar yang terdapat pada sinyal masukan. Sistem ini melalui dua tahap yaitu proses perekaman dan proses pengenalan nada. Pada proses perekaman dilakukan untuk membuat data latih atau sample nada yang akan menjadi acuan untuk mengenali nada yang dimainkan. Sedangkan proses pengenalan nada yaitu secara langsung pada peng-input-an data yang akan melalui *preprocessing*, *harmonic product spektrum* dan menggunakan *K-Nearest Neighbor* (KNN) untuk melakukan klasifikasi sehingga dapat mendeteksi dan mengenali nada yang sedang dimainkan.

Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Tedy Gumilar [2] dengan Deteksi Kesalahan Nada Pada String Gitar Dengan Menggunakan *Harmonic Product Spectrum* sistem deteksi kesalahan nada dari hasil pengujian sistem didapatkan tingkat akurasi sistem dengan persentase sebesar 87,7%. Pada penelitian tugas akhir ini digunakan *software* MatLab untuk mengolah data masukan. Hasil dari tugas akhir ini adalah sebuah sistem

yang dapat mendeteksi dan mengenali nada dasar do, re, mi, fa, sol, la, si dan do tinggi yang dihasilkan dari suara angklung dengan akurasi sebesar 88,78%.

2. Dasar Teori

2.1 Angklung

Angklung adalah alat musik multitonal (bernada ganda) yang secara tradisional berkembang dalam masyarakat berbahasa Sunda di Pulau Jawa bagian barat. Alat musik ini dibuat dari bambu, dibunyikan dengan cara digoyangkan (bunyi disebabkan oleh benturan badan pipa bambu) sehingga menghasilkan bunyi yang bergetar dalam susunan nada 2, 3, sampai 4 nada dalam setiap ukuran, baik besar maupun kecil.

2.2 Sinyal Audio (*Gelombang Suara*)

Audio diartikan sebagai suara atau reproduksi suara. Sinyal audio atau gelombang suara adalah gelombang yang dihasilkan dari sebuah benda yang bergetar pada range frekuensi audio (dapat didengar manusia). Telinga manusia dapat mendengar bunyi antara 20 Hz hingga 20 KHz (20.000Hz) sesuai batasan sinyal audio. Karena pada dasarnya sinyal audio adalah sinyal yang dapat diterima oleh telinga manusia. Angka 20 Hz sebagai frekuensi suara terendah yang dapat didengar, sedangkan 20 KHz merupakan frekuensi tertinggi yang dapat didengar.



Gambar 1 Grafik sinyal audio [2].

2.3 Pengolahan Sinyal Digital

Pengolahan sinyal merupakan suatu proses matematik untuk mengolah sinyal menjadi informasi yang berguna. Informasi merupakan hasil pengolahan dari sinyal yang mempunyai daya guna. Pada dasarnya sinyal digital merupakan representasi diskrit, karena pengolahannya memerlukan komputer/mikrokontroler [3].

2.4 Fast Fourier Transform (FFT)

Transformasi Fourier adalah suatu bentuk transformasi yang umum digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Transformasi fourier dapat dituliskan dengan persamaan [4].

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j2\pi t} dt \quad (1)$$

2.5 Harmonic Product Spectrum

HPS (Harmonic Product Spectrum) merupakan suatu metode yang berfungsi untuk melihat frekuensi dasar yang terdapat pada sinyal input. Dengan, HPS adalah hasil spektrum harmonik, k adalah indeks frekuensi spektrum harmonik, Y adalah besar spektrum pada frekuensi positif, dan N merupakan jumlah harmonik yang digunakan. Metode tersebut dilakukan setelah sinyal input telah diubah dalam domain frekuensi menggunakan analisis spektrum dari nilai frekuensi [5].

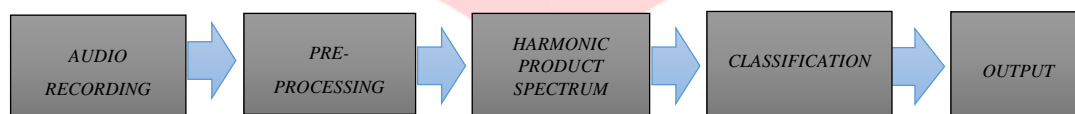
2.6 K-Nearest Neighbor

KNN merupakan salah satu algoritma pengklasifikasian yang cukup mudah dipahami, karena KNN mencari jumlah kesamaan terbanyak antara data yang diuji dengan data latih (data yang ada pada database). Data uji tersebut akan masuk ke dalam kelas dengan jumlah kesamaan terbanyak. Konsep dasar dari K-Nearest Neighbor (KNN) adalah seperti pada algoritma Nearest Neighbor, yaitu mencari jarak terdekat dari nilai yang akan dievaluasi (titik queri) dengan tetangga terdekatnya dalam suatu data. Pada fase training, algoritma ini hanya melakukan penyimpanan vektor-vektor fitur dan klasifikasi data training sample. Pada fase klasifikasi, fitur – fitur yang sama dihitung untuk testing data (klasifikasinya belum diketahui). Jarak dari vektor yang baru ini terhadap seluruh vektor training sample dihitung, dan sejumlah k buah yang paling dekat diambil. Titik yang baru klasifikasinya diprediksikan termasuk pada klasifikasi terbanyak dari titik – titik tersebut.

3. Pembahasan

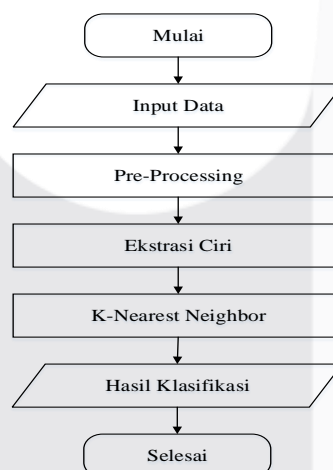
3.1 Perancangan Sistem

Berikut gambaran blok diagram sistem yang akan di buat pada perancangan sistem deteksi nada pada alat musik angklung:



Gambar 2. Diagram blok sistem.

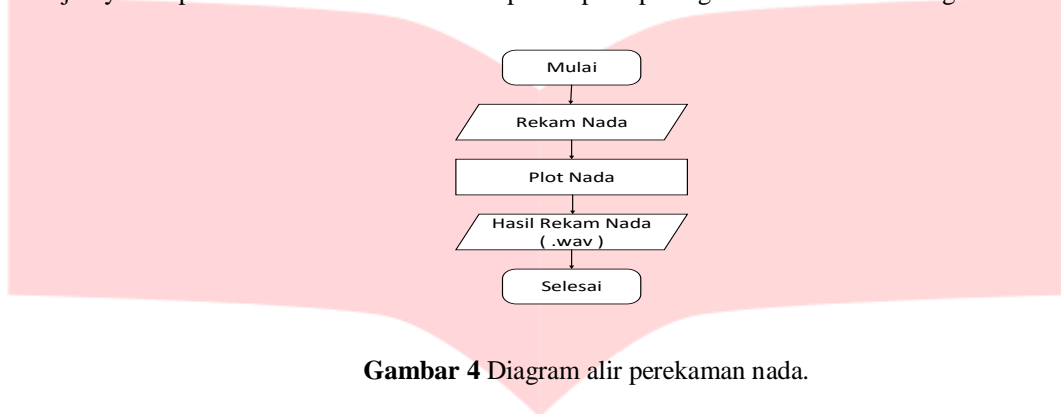
Alur tahapan blok perancangan sistem dijelaskan pada gambar 3.2. Tahapan pertama merupakan input data yang di ambil dari hasil rekaman suara dari alat musik angklung. Proses pengolahan data rekaman nada alat musik angklung pada software JetAudio dan Matlab. Data rekaman nada alat musik Angklung menggunakan format “wav”. Pengambilan data sampel total dilakukan sebanyak 120 kali, setiap satu nada diambil 15 sample dengan variasi waktu selama 2 detik. Data sample selanjutnya akan masuk ke pemrosesan sinyal digital pada perangkat lunak Matlab. Pada program Matlab akan menetapkan metode Harmonic product spectrum (HPS) dan klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN). Yang dimana HPS adalah Proses yang dilakukan dengan cara mengalikan nilai spektrum frekuensi untuk menghilangkan sinyal harmonik pada frekuensi dan dapat mengenali frekuensi dasar dari sinyal masukan. Setelah itu diambil ciri statistik orde pertamanya. Kemudian , Klasifikasi KNN adalah sebuah metode untuk melakukan pencocokan objek berdasarkan data yang paling dekat dengan objek tersebut.. Penjelasan mengenai proses-proses tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 3 Diagram blok perancangan sistem.

3.2 Perekaman dan Pengolahan Data

Pertama, tahap ini merupakan proses pengolahan data rekaman suara alat musik angklung pada software JetAudio dan matlab. Data rekaman nada alat musik Angklung menggunakan format “wav”. Pengambilan data sampel total dilakukan sebanyak 120 kali, setiap satu nada diambil 15 sample dengan variasi waktu selama 2 detik. Selanjutnya sample data ini akan diolah dan di proses pada perangkat lunak matlab sebagai data latih.



Gambar 4 Diagram alir perekaman nada.

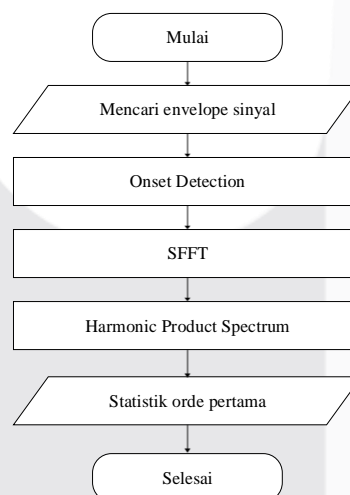
3.3 Preprocessing

Preprocessing meliputi seluruh proses yang dilakukan terhadap data suara sebelum data suara tersebut diekstraksi cirinya. Hal-hal yang dilakukan pada tahap Preprocessing antara lain :

1. Data suara dalam format *.wav. Hal ini dilakukan agar data suara tersebut dapat di olah dan di proses pada MATLAB.
2. Normalisasi energi suara yang dikeluarkan pada nada alat musik angklung yang berbeda-beda membuat perlunya suatu proses untuk menstandarkan amplitude sinyal masukannya. Oleh karena itu energi maksimal setiap nada disamakan dengan proses normalisasi, sehingga semua data masukan mempunyai standar amplitude yang sama sehingga layak untuk diproses secara keseluruhan.

3.4 Ekstraksi Ciri

Setelah semua sample nada di preprocessing, selanjutnya dilakukan tahap ekstrasi ciri. Proses ekstrasi ciri melalui beberapa tahap dan ditunjukkan pada blok diagram berikut :

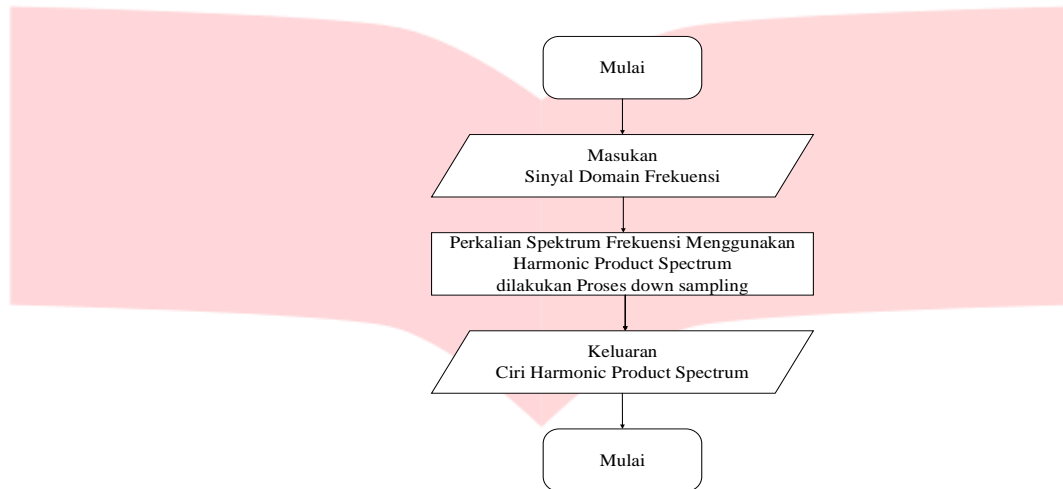


Gambar 5 Diagram blok ekstraksi ciri.

- Harmonic Product Spectrum

Pada tahap ini sinyal diproses berdasarkan algoritma harmonic product spectrum, dimana dari sinyal suara tersebut akan diambil nada harmonik yang merupakan kelipatan dari frekuensi nada dasar. Setelah itu sinyal suara

difaktorkan 2, sehingga harmonik pertama akan berada pada posisi (nomor sampel) sesuai dengan frekuensi dasar dari sinyal asli, begitu pula dengan faktor-faktor selanjutnya dan harmonik-harmonik selanjutnya. Berdasarkan analisis, kita menemukan bahwa menambahkan atau mengalikan sinyal-sinyal ini bersama-sama akan menghasilkan puncak maksimum pada frekuensi dasar sinyal. Setelah proses ini didapatkan ciri dari harmonic product spectrum.



Gambar 6 Alir harmonic product spectrum.

3.5 Klasifikasi *K-Nearest Neighbor*

Setelah melewati proses ekstraksi ciri dan telah didapatkan ciri latihnya maka selanjutnya dilakukan tahap klasifikasi. Klasifikasi K-NN disini adalah sebuah metode perbandingan yang digunakan untuk mengklasifikasikan beberapa buah grup data dengan parameter masukan nilai K dan jenis jarak KNN, dimana nilai K menunjukkan berapa data atau tetangga terdekat yang diperhitungkan. Jumlah nilai K yang dipergunakan pada penelitian ini adalah K=1, K=3, K=5, K=7, dan K=9 dan jenis jarak yang digunakan Euclidean, cosine, correlation, dan cityblock.

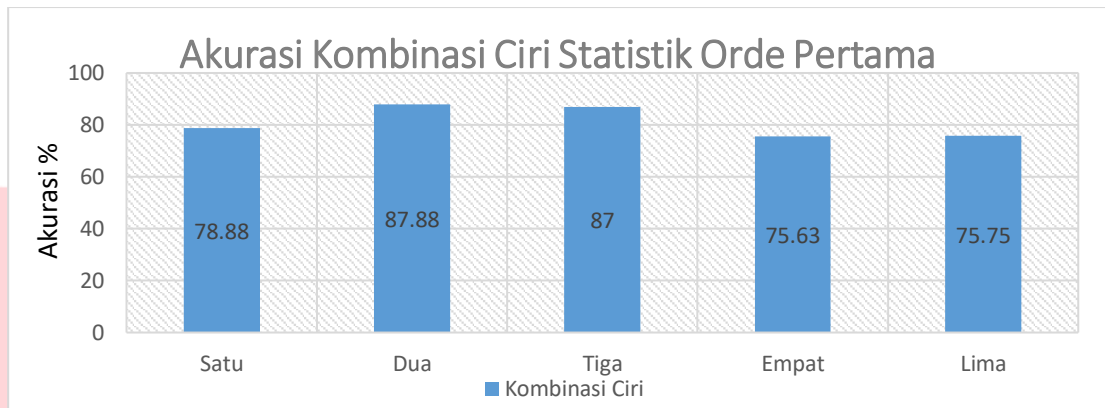
3.6 Performansi Sistem

Performansi sistem ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dibuat. Performansi sistem dapat diketahui pada hasil pelatihan dan pengujian dengan masukan berupa data latih, target sebagai kelas, dan data uji. Parameter untuk mengukur tingkat keberhasilan penelitian ini adalah akurasi dari hasil pelatihan dan pengujian pada sistem.

4. Analisis

4.1 Pelatihan dan Pengujian Sistem

Pengujian skenario pertama adalah berdasarkan ciri statistik orde pertama yang diambil dari data ciri seperti mean, variansi, skewness, kurtosis dan entropy untuk mengetahui akurasi sistem. Pengujian pada tahap ini menggunakan nilai data ciri statistik orde pertama pada mean, variansi, skewness, kurtosis dan entropy. Jenis KNN yang digunakan Eucliden dengan nilai $k=1$. Pengujian dilakukan menggunakan data real time dengan percobaan sebanyak 15 kali setiap nada dengan total percobaan 120 kali untuk satu kali pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi perciri dari ciri statistic orde pertama.

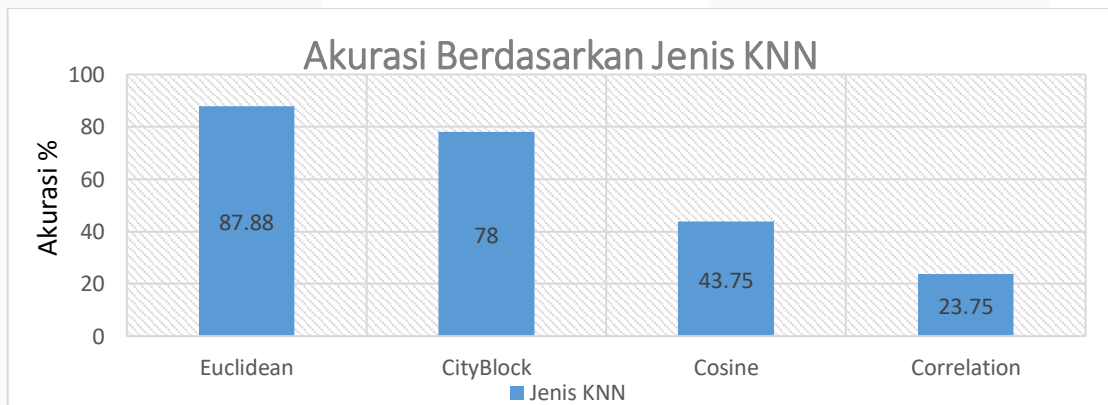


Gambar 7 Akurasi kombinasi ciri statistik orde pertama.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 diambil masing-masing akurasi terbaik setiap kombinasi dan didapatkan akurasi terbesar pada kombinasi dua ciri yaitu variansi-skewness sebesar 87.88% dan akurasi terkecil didapatkan pada kombinasi lima ciri mean-variansi-skewness-kurtosis-entropy yaitu 75.75%. Hal ini disebabkan karena hasil dari nilai statistik kombinasi ciri yang diambil dari data latih yang menyebabkan perbedaan akurasi setiap kombinasi berbeda-beda.

4.2 Pengujian Berdasarkan Jenis dan nilai K pada klasifikasi KNN

Pada pengujian ini bertujuan melihat pengaruh jenis KNN dan nilai k pada KNN terhadap akurasi deteksi nada angklung. Dalam pengujian ini ciri statistik orde pertama yang digunakan yaitu kombinasi dua ciri variansi-skewness yang didapatkan dari hasil terbaik dari pengujian kombinasi ciri statistik orde pertama sebelumnya. Jenis KNN yang digunakan dalam pengujian ini yaitu euclidean, city block, cosine, dan correlation.



Gambar 8 Akurasi berdasarkan jenis KNN

Setelah pengujian jenis Jenis KNN yaitu euclidean, city block, cosine, dan correlation dan jumlah k pada KNN berdasarkan grafik pada Gambar 4.8 akurasi terbaik pada jenis KNN Euclidean. Akurasi terbaik pada jumlah k=1 dengan akurasi sebesar 87.88% untuk jenis euclidean. Hal ini disebabkan secara umum, nilai variable K yang tinggi mengurangi efek noise pada klasifikasi, tetapi membuat batasan antar kelas semakin tidak jelas sehingga membuat akurasi semakin kecil.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada sistem identifikasi nada dan klasifikasi nada pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem dapat mengidentifikasi nada alat musik angklung secara real time menggunakan metode Harmonic Product Spectrum dan klasifikasi K-Nearest Neighbor.
2. Akurasi sistem yang terbaik didapatkan pada kombinasi dua ciri statistik orde pertama variansi-skewness dengan akurasi sebesar 88.78%. Hal ini disebabkan karena hasil dari nilai statistik kombinasi ciri yang diambil dari data latih yang menyebabkan perbedaan akurasi setiap kombinasi berbeda-beda. Akurasi

tertinggi didapatkan pada jenis KNN yang euclidean dengan jumlah $k=1$. Hal ini disebabkan secara umum nilai variabel k yang tinggi mengurangi efek noise pada klasifikasi, tetapi membuat batasan antar kelas semakin kabur sehingga mempengaruhi nilai akurasi menjadi kurang baik.

3. Akurasi tertinggi diperoleh saat nilai dari masing-masing parameter sistem adalah sebagai berikut : pada saat kombinasi dua ciri statistik orde pertama variansi-skewness, dan jenis KNN yang digunakan yaitu euclidean dengan jumlah $K=1$.
4. Akurasi terendah pada nada do tinggi, hal ini disebabkan karena nada do tinggi adalah nada dengan oktaf tinggi sehingga berbeda dengan nada rendah seperti do, re, mi, fa, sol, la dan si.
5. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sistem dalam indentifikasi nada secara real time yaitu kondisi lingkungan, cara pengambilan nada, dan kondisi peralatan.

Daftar Pustaka :

- [1] T. Gumilar, "Deteksi Kesalahan Nada Pada String Gitar Dengan Menggunakan *Harmonic Product Spectrum*". Bandung: Telkom University. 2015.
- [2] A. Purnama. "Sinyal Audio Gelombang Suara". Di akses pada tanggal 4 Mei 2017 dari halaman <http://elektronika-dasar.web.id/sinyal-audio-gelombang-suara/>. 2012.
- [3] Cambridge.org. Applied Speech and Audio processing: With Matlab Examples. Diakses pada tanggal 21 November 2017.
- [4] I.B. Yulio, "Perancangan Dan Implementasi *Tuner* Gitar Berbasis *Fast Fourier Transform* Dan *Harmonic Product Spectrum* Pada *Platform Android*". Bandung: Telkom University. 2016.
- [5] T.G. Permana, Identifikasi Akor Gitar Menggunakan Algoritma *Harmonic Product Spectrum*. Bandung: Telkom University. 2014.
- [6] N. Siripya, T. Nagarajan, "*Pitch Estimation Using Harmonic Product Spectrum derived from DCT*", IEEE 2013..
- [7] F.N. Abdillah. "Implementasi Algoritma Fast Foirier Transform (FFT) dan Algoritma Harmonic Product Spectrum (HPS) Pada *Tuner* Gitae Berbasis Android," Universitas Kuningan, Kuningan, 2017.
- [8] H. Harahap, G. Budiman, L. Novamizanti, Implementasi Teknik Watermarking menggunakan FFT dan Spread Spectrum Watermark pada Data Audio Digital, *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik Telekomunikasi & Elektorika*, ISSN (p), 2338-8323, 2016.
- [9] Z.Z Zukhrufujannah, G. Budiman, L. Novamizanti, "Perancangan Audio Watermarking Stereo dengan Sinkronisasi Menggunakan Metode Hybrid DWT dan SMM Berbasis FFT", Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII), 2017.