

Aplikasi Identifikasi Nada Darbuka Dengan Onset Detection, MFCC, Dan KNN

Hairul Lana^{a1}, Ngurah Agus Sanjaya^{a2}, I Dewa Made Bayu Atmaja^{a3}, Anak Agung Istri Ngurah Eka Karyawati^{a4}, I Made Widiartha^{a5}, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanan^{a6}

^aProgram Studi Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana
Badung, Bali, Indonesia
¹hairullana99@gmail.com
²agus_sanjaya@unud.ac.id
³dewabayu@unud.ac.id
⁴eka.karyawati@unud.ac.id
⁵madewidiartha@unud.ac.id
⁶gungde@unud.ac.id

Abstract

Darbuka is one of the hadrah musical instruments that acts as a marker when the vocals raise or lower the rhythm of the sound. In learning the Darbuka, the trainer needs to check whether the sound produced is correct or not. With the Darbuka tone recognition system, it will be easier for someone to learn hadrah without a coach. The system developed in this study uses onset detection to break the tone pattern. Then each note goes through a feature extraction process using MFCC with parameters of frame length, overlap length, and the number of coefficients. Then the results of feature extraction through a classification process using KNN. The results of the system test show that the best combination of parameters in the identification of Darbuka tones with a frame length of 30 ms, overlap length of 30%, the number of MFCC coefficients as much as 19 and a value of $K=7$ produces a basic tone identification accuracy of 100%, a tone pattern identification accuracy of 86,67%, and the accuracy of basic tone identification in the tone pattern is 72%.

Keywords: Hadrah, Tone, MFCC, KNN, Onset

1. Pendahuluan

Darbuka adalah salah satu alat musik dari kesenian hadrah yang memiliki bentuk seperti dandang dengan rata-rata diameter sepanjang 22 cm dan terbuat dari bahan aluminium [1]. Darbuka memiliki peranan cukup penting sebagai penanda vokal untuk menaikkan atau menurunkan ritme suara dan berperan sebagai melodi dalam instrumen musik umum. Kata "Darbuka" sendiri berasal dari kata "*daraba*" atau "*doroba*" yang berarti "pukul". Sesuai dengan asal katanya, Darbuka dimainkan dengan cara dipukul. Terdapat empat jenis pukulan Darbuka yaitu "dum", "tak", "ka", dan "slap" dimana pukulan "tak" dan "ka" menghasilkan suara nada yang sama, yang membedakan adalah pukulan "tak" menggunakan tangan kanan sedangkan pukulan "ka" menggunakan tangan kiri.

Pada umumnya dalam mempelajari Darbuka dibutuhkan pelatih untuk mengecek nada yang dihasilkan sudah benar atau tidak, namun tidak semua daerah memiliki kelompok hadrah sehingga ketersediaan pelatih Darbuka juga terbatas. Hal ini mengakibatkan sebagian orang kesulitan untuk berlatih Darbuka. Dengan adanya aplikasi identifikasi nada Darbuka diharapkan dapat mengatasi masalah yang dihadapi oleh sebagian orang yang ingin mempelajari Darbuka tanpa pelatih.

Aplikasi identifikasi nada Darbuka yang dikembangkan pada penelitian ini dapat mendeteksi *onset* sehingga sistem dapat melakukan identifikasi pada sebuah pola nada Darbuka. Sistem identifikasi nada Darbuka menggunakan algoritma *Mel Frequency Cepstral Coefficients* untuk ekstraksi fitur suara sehingga didapatkan suatu ciri dari sebuah file suara, kemudian akan dilakukan klasifikasi berdasarkan fitur suara dengan algoritma *K-Nearest Neighbor*.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Sedangkan metode untuk pembuatan sistem identifikasi nada Darbuka menggunakan algoritma *Mel Frequency Cepstral Coefficients* untuk ekstraksi fitur suara dan algoritma *K-Nearest Neighbor* untuk klasifikasi nada Darbuka.

2.1. Data Penelitian

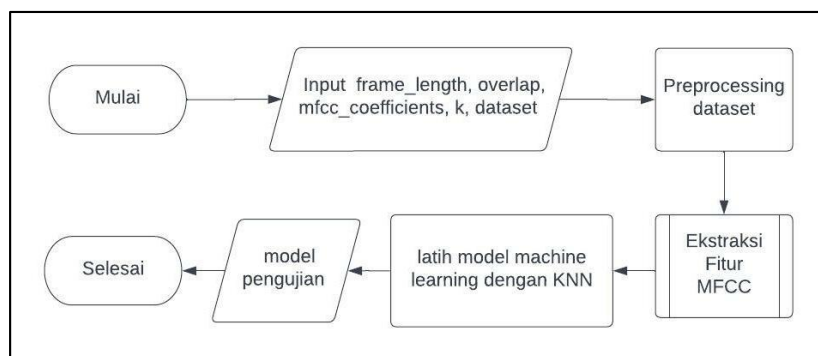
Jenis data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang merupakan hasil perekaman nada Darbuka. Sedangkan dalam pengambilan data yang digunakan adalah metode observasi dimana data diambil secara langsung melalui proses perekaman nada Darbuka yang dilakukan bersama Kelompok Hadrah Masjid Al-Mahdi Kusamba, Kecamatan Dawan, Kabupaten Klungkung. Pengambilan data berupa tiga jenis nada dasar yaitu dum, tak dan slap dengan jumlah setiap nada sebanyak 70 nada. Sedangkan untuk data pola nada yang diambil adalah *baladi*, *maqsum*, dan *sayyidi* sebanyak 10 data tiap pola nada. Jumlah data tiap jenis nada dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Data Penelitian

Jenis Pukulan	Jumlah Data Latih	Jumlah Data Uji
Dum	50	20
Tak	50	20
Slap	50	20
Baladi	-	10
Maqsum	-	10
Sayyidi	-	10

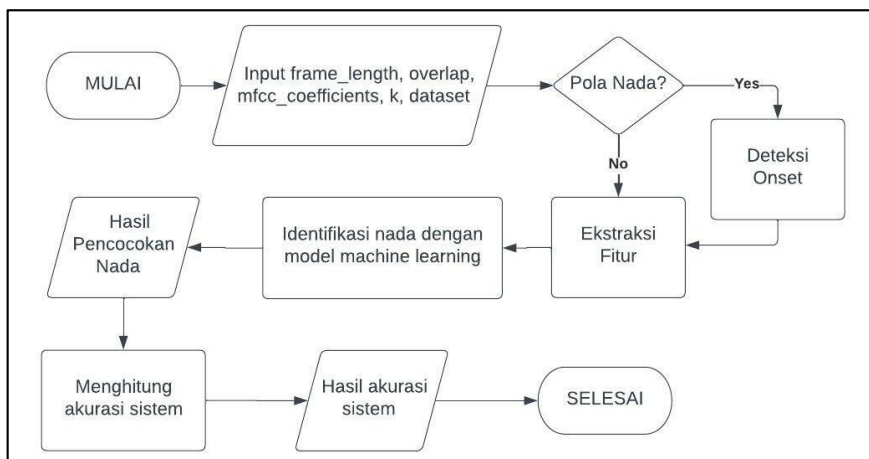
2.2. Desain Sistem

Aplikasi identifikasi nada Darbuka yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan aplikasi berbasis website dengan bahasa pemrograman utama Python dengan *Framework* Django dengan tampilan antarmuka menggunakan HTML, CSS dengan *framework* Bootstrap dan Javascript dengan *library* JQuery. Alur sistem terbagi menjadi dua proses utama yaitu tahap pelatihan dan tahap pengujian. Tahap pelatihan adalah tahap untuk mengambil ciri data latih melalui proses ekstraksi fitur suara menggunakan metode *Mel Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) kemudian dilakukan proses pelatihan menggunakan *K-Nearest Neighbor* sehingga didapatkan suatu model *machine learning* untuk proses identifikasi nada Darbuka. *Flowchart* tahap pelatihan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Tahap Pelatihan

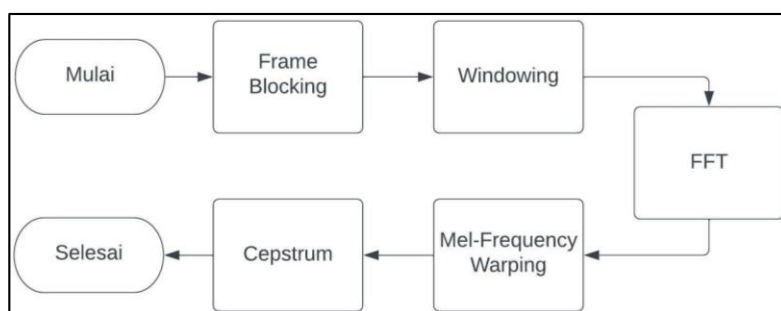
Tahap pengujian adalah tahap untuk menguji apakah data uji sudah benar atau tidak. Berbeda dengan tahap pelatihan, tahap pengujian akan melewati proses deteksi *onset* jika data uji berupa pola nada, proses deteksi *onset* berfungsi untuk mensegmentasikan tiap pukulan dan memecahnya menjadi beberapa pukulan atau nada dasar. Tiap nada dasar akan ekstraksi menggunakan algoritma MFCC, kemudian hasil ekstraksi fitur akan dilakukan identifikasi nada menggunakan algoritma KNN menggunakan model yang sudah dibuat. Kemudian sistem akan memberikan luaran apakah data uji benar atau tidak, selain itu sistem juga akan memberikan informasi akurasi yang dihasilkan sistem. *Flowchart* tahap pengujian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Pengujian

Jika data uji berupa pola nada, maka sistem akan melalui proses deteksi onset untuk memecahnya menjadi nada dasar. Deteksi onset adalah kemampuan untuk melakukan deteksi awal dari suatu *note* dan durasi dari setiap *note* dapat dihitung [5]. Deteksi onset pada penelitian ini bertujuan mendeteksi awal suatu *note*, karena alat musik Darbuka adalah salah satu alat musik dari kesenian Hadrah dan cara memainkannya dengan cara dipukul. Secara umum, deteksi onset akan melalui proses *preprocessing*, *reduction*, dan *peak picking*. Tahap *preprocessing* berfungsi memecah sinyal kepada beberapa pita frekuensi dan memisahkan bagian *transient/steady state*. Tahap *reduction* merupakan kunci dalam proses deteksi *onset*. Metode *reduction* dipecah menjadi dua kelompok yaitu metode *reduction* berdasarkan penggunaan fitur sinyal suara yang sudah ditetapkan secara eksplisit (amplitude sinyal, perubahan frekuensi, dan fase) dan metode *reduction* berdasarkan model probabilistik sinyal [6]. Proses terakhir adalah *peak picking* yang menghasilkan waktu onset dari hadrah, kemudian akan dilakukan pemotongan nada sesuai dengan waktu onsetnya dengan cara memilih fitur yang lebih besar dari ambang sesuai dengan onset.

Ekstraksi fitur suara adalah proses yang bertujuan mendapatkan vektor ciri dari sebuah suara. Pada penelitian ini ekstraksi fitur suara dilakukan menggunakan algoritma MFCC yang didasarkan pada persepsi sistem pendengaran manusia. Secara umum MFCC mempunyai lima proses yaitu *frame blocking*, *windowing*, *FFT*, *mel-frequency wrapping*, dan *cepstrum* [2]. Flowchart ekstraksi fitur menggunakan algoritma MFCC dapat dilihat pada gambar 3.

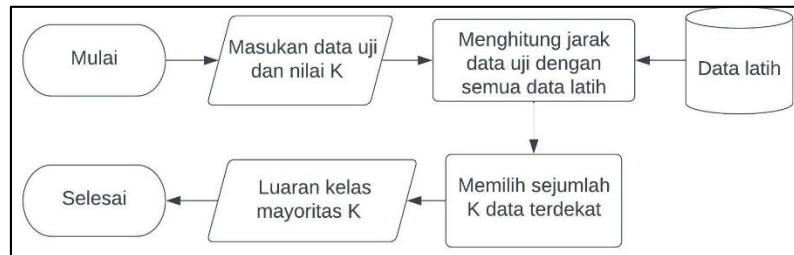


Gambar 3 Flowchart MFCC

Proses pertama MFCC adalah *frame blocking* di mana sinyal dipotong menjadi beberapa bagian yang disebut dengan *frame*. Proses *frame blocking*, sebuah sinyal suara akan dibagi menjadi beberapa potong *frame* yang saling bertumpuk atau *overlap*, proses ini berfungsi untuk meminimalisasi sinyal yang hilang (*deletion*) dimana proses terus berulang sampai semua sinyal masuk ke dalam *frame* [3]. Selanjutnya tiap *frame* akan melalui proses *windowing* untuk meminimalisasi kebocoran spektral yang terjadi karena rendahnya jumlah *sampling rate* atau karena proses *frame blocking* yang menyebabkan sinyal menjadi berhenti [4]. Proses selanjutnya adalah *fast fourier transform* (FFT) merupakan metode analisis *fourier*. Analisis *fourier* adalah metode yang berguna untuk melakukan analisa kepada sinyal yang dimasukkan berupa *spectrogram*. Proses selanjutnya adalah *mel-frequency warping* yang merupakan filter untuk mengetahui ukuran dari sebuah energi dari *frequency band* tertentu dalam sinyal

suara. Proses terakhir adalah *cepstrum* yaitu sebuah teknik untuk meningkatkan kualitas pengenalan sinyal suara.

K-Nearest Neighbor yaitu algoritma klasifikasi yang sederhana, karena KNN akan mencari label dari data latih dengan jarak terpendek sejumlah K. Konsep dasar KNN seperti pada algoritma *Nearest Neighbor*, yaitu dengan mencari jarak terdekat antara data latih dengan data uji [7]. *Flowchart* KNN dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Flowchart KNN

Langkah pertama algoritma KNN adalah menentukan nilai K, penentuan nilai K sangat penting karena akan sangat mempengaruhi tingkat akurasi dari proses klasifikasi. Langkah selanjutnya menghitung jarak antara data latih ke data uji. Ada beberapa persamaan dalam menghitung jarak seperti *Manhattan Distance*, *Minkowsky Distance*, *Chebychev Distance*, dan *Euclidean Distance*. Perhitungan jarak pada penelitian ini menggunakan persamaan *Euclidean Distance*. Penerapan dari rumus *Euclidean Distance* adalah dengan mengakarkan nilai dari variabel data latih dikurangi dengan nilai variabel data uji yang sudah dipangkatkan dengan dua. Jika terdapat lebih dari satu variabel, maka akumulasikan pemangkatan dua yang sebelumnya sudah dilakukan pengurangan data latih dikurangi dengan data uji. Persamaan *Euclidean Distance* dapat dilihat pada persamaan 1.

$$D_{(x,y)} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - x_k)^2} \quad (1)$$

(Prasetyo, Suta Wijaya and Yudo Husodo, 2019)

Keterangan :

$D(x,y)$ = hasil *eucledian distance*

x = data uji

y = data latih

k = variabel data

n = jumlah data latih

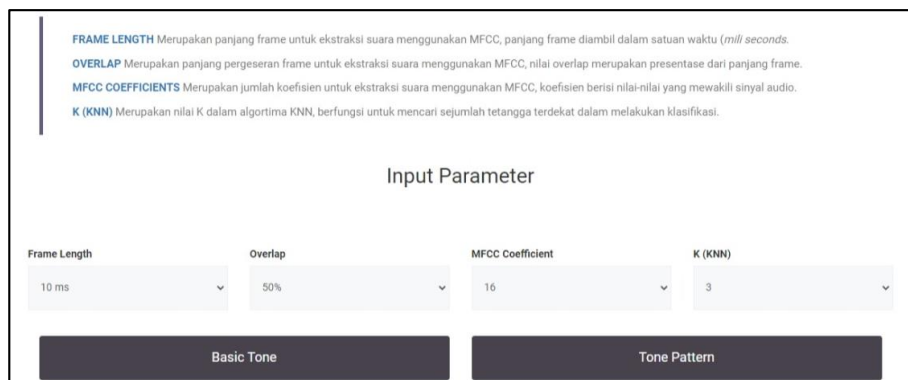
Setelah jarak ditentukan, selanjutnya adalah mencari jarak terdekat antara data uji dengan seluruh data latih dari yang jarak yang terdekat sampai dengan jarak yang terjauh. Kemudian diambil sejumlah K dengan nilai jarak terdekat dengan data uji. Dari nilai K tersebut akan dikelompokkan sesuai dengan mayoritas K sehingga sistem dapat menentukan apakah suatu nada alat musik Darbuka sudah benar atau tidak.

3. Hasil dan Diskusi

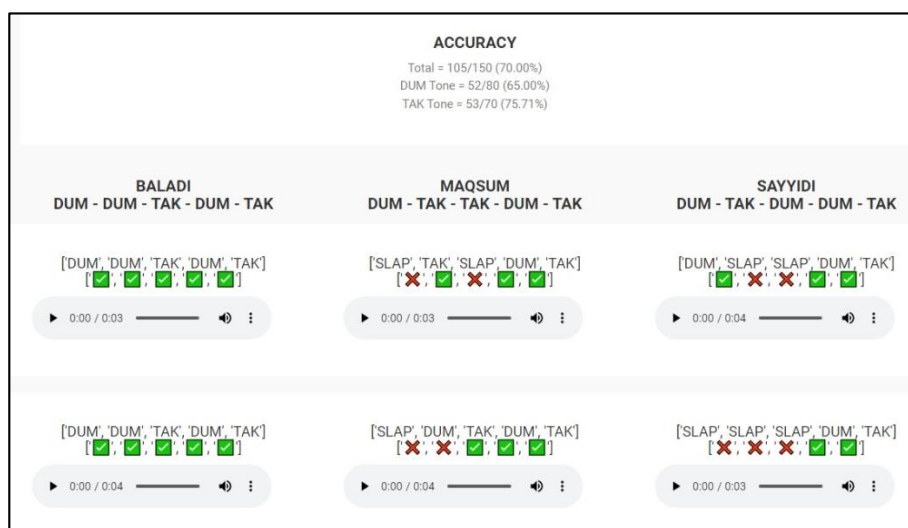
3.1. Tampilan Awal Aplikasi

Aplikasi identifikasi nada Darbuka memiliki tiga halaman yaitu halaman awal, halaman pengujian dan halaman identifikasi. Halaman awal berisi informasi mengenai kesenian Hadrah yang bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada pengguna mengenai kesenian Hadrah terlebih alat musik Darbuka. Sedangkan halaman pengujian adalah halaman untuk melakukan identifikasi seluruh data uji yang ada pada sistem sehingga didapatkan akurasi sistem dalam mengidentifikasi nada Darbuka. Pada halaman pengujian, pengguna diminta memasukkan parameter yang digunakan dalam ekstraksi fitur menggunakan MFCC yaitu panjang *frame*, panjang *overlap*, dan jumlah koefisien MFCC, selain itu pengguna juga diminta untuk memasukkan nilai K untuk proses klasifikasi menggunakan KNN karena halaman pengujian dikhususkan untuk *developer* dalam mencari kombinasi parameter dengan akurasi terbaik. Hasil dari proses pengujian menampilkan hasil identifikasi dari semua data uji yang ada pada

sistem serta akurasi yang didapatkan. Dalam halaman pengujian terdapat dua tombol yaitu “*Basic Tone*” untuk pengujian pada nada dasar dan “*Tone Pattern*” untuk pengujian pada pola nada. Tampilan halaman pengujian dapat dilihat pada gambar 5 dan gambar 6.

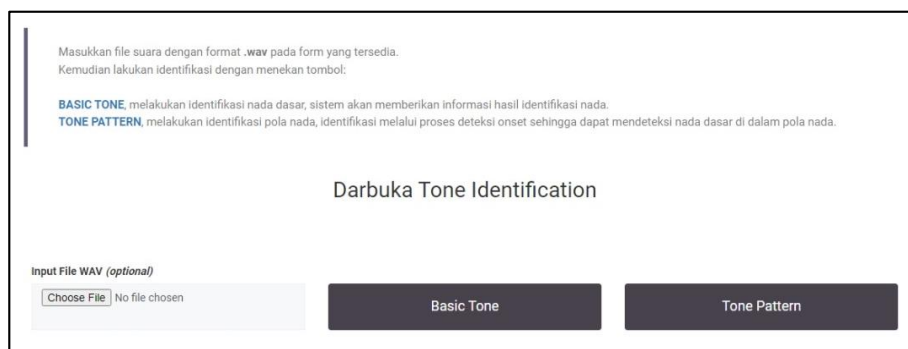


Gambar 5 Antarmuka Halaman Pengujian

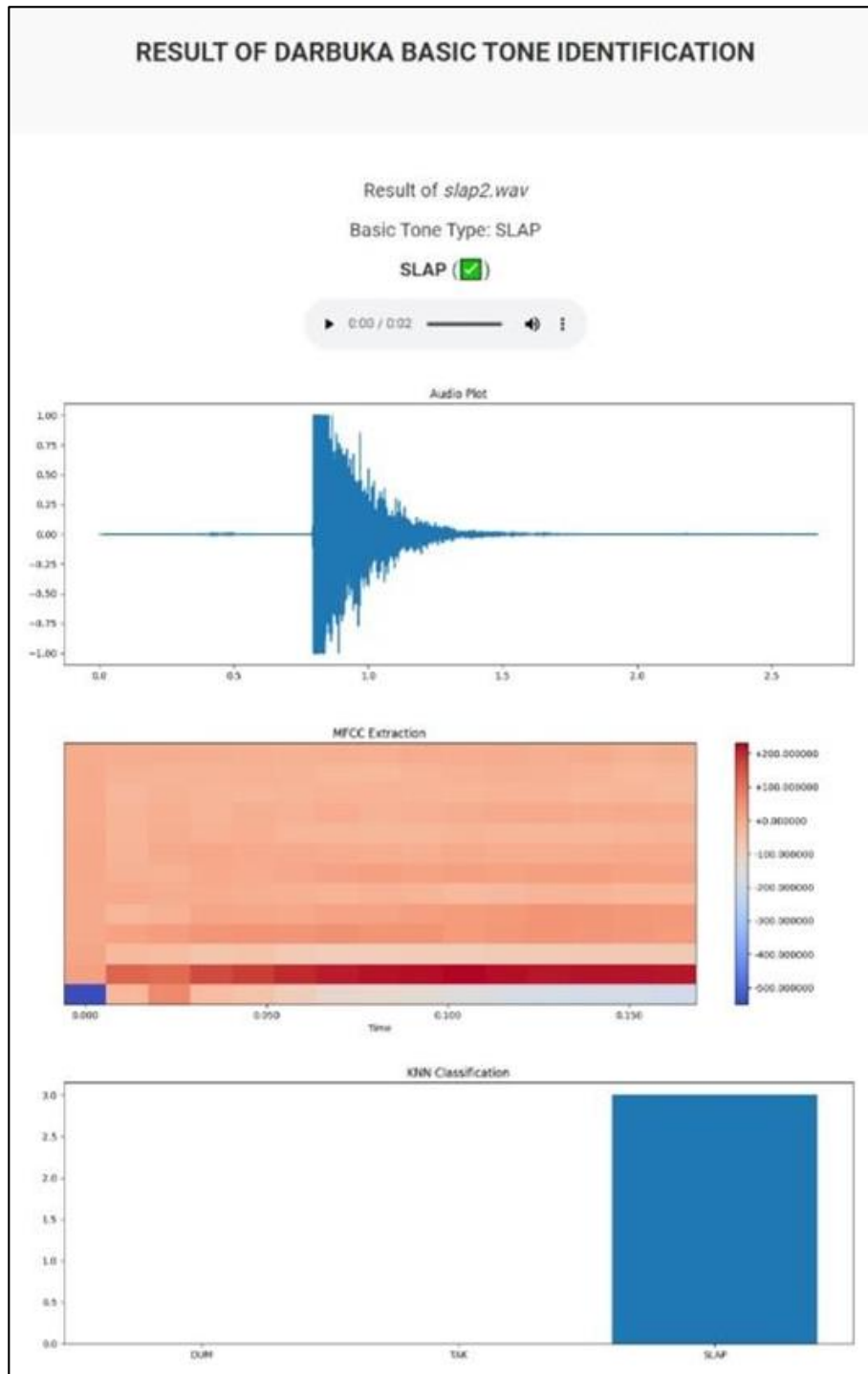


Gambar 6 Antarmuka Hasil Pengujian

Halaman ketiga adalah halaman identifikasi yang berfungsi untuk mengidentifikasi sebuah nada dari file yang dimasukkan oleh pengguna. Pada halaman identifikasi, pengguna tidak perlu memasukkan parameter seperti pada halaman pengujian karena pada identifikasi pada halaman ini menggunakan model terbaik dan dikhususkan untuk pengguna umum. Sama seperti halaman pengujian, halaman identifikasi akan terdapat dua tombol yaitu “*Basic Tone*” untuk pengujian pada nada dasar dan “*Tone Pattern*” untuk pengujian pada pola nada. Tampilan halaman pengujian dapat dilihat pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7 Antarmuka Halaman Identifikasi



Gambar 8 Antarmuka Hasil Identifikasi

3.2. Hasil Analisis Pengaruh Panjang *Frame* dan Panjang *Overlap* Terhadap Akurasi

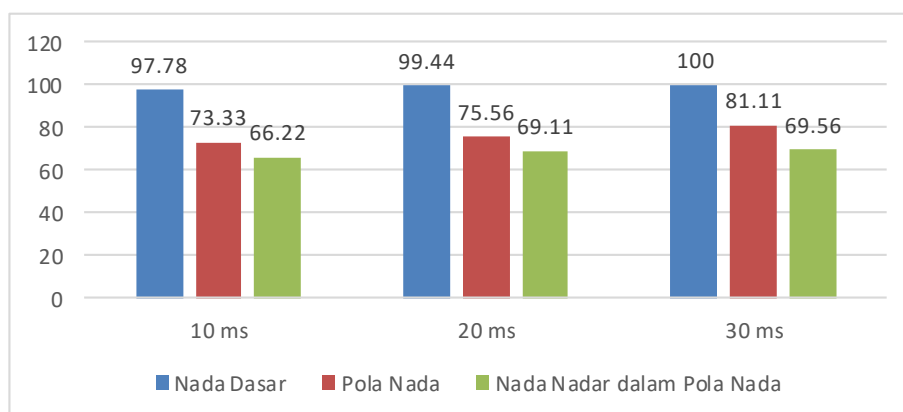
Panjang *frame* dan *overlap* merupakan variabel yang menentukan jumlah *frame* dalam proses ekstraksi fitur MFCC. Pembagian sampling menjadi beberapa *frame* ini terjadi pada proses *frame blocking*. Pengujian ini menggunakan kombinasi panjang *frame* 10, 20 dan 30 dengan *overlap* yang digunakan adalah sebesar 30%, 40%, dan 50%. Sedangkan untuk parameter lain menggunakan parameter terbaik

yaitu jumlah koefisien MFCC sebanyak 19 dan nilai $K=7$. Hasil pengujian pengaruh panjang frame dan panjang *overlap* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Analisis Pengaruh Panjang Frame dan Overlap

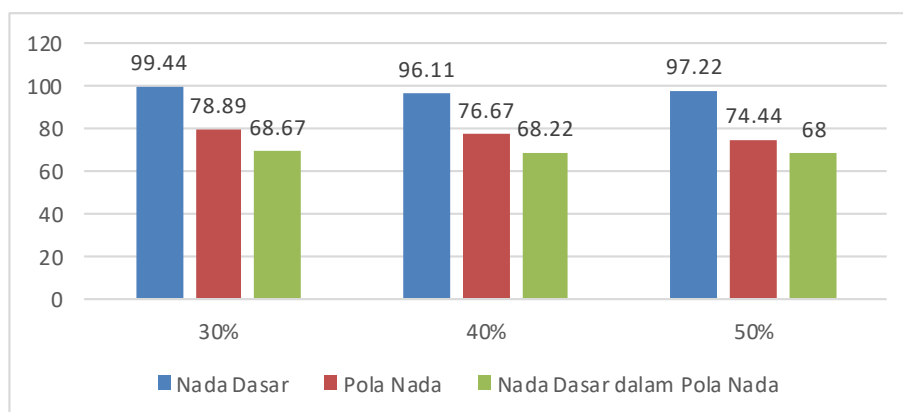
Panjang Frame	Panjang Overlap	Akurasi Identifikasi Nada Dasar	Akurasi Identifikasi Pola Nada	Akurasi Identifikasi Nada Dasar Dalam Pola Nada
10 ms	30%	93,33%	73,33%	66,00%
	40%	88,33%	73,33%	66,00%
	50%	93,33%	73,33%	66,67%
20 ms	30%	100,00%	76,67%	68,00%
	40%	100,00%	76,67%	70,00%
	50%	98,33%	73,33%	69,33%
30 ms	30%	100,00%	86,67%	72,00%
	40%	100,00%	80,00%	68,67%
	50%	100,00%	76,67%	68,00%

Gambar grafik pengaruh panjang *frame* dan dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Grafik Pengaruh Panjang Frame

Melalui grafik pada gambar 9, penggunaan panjang *frame* 30 ms menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dengan rata-rata akurasi 100%, identifikasi pola nada dengan rata-rata akurasi 81,11%, dan identifikasi nada dasar dalam pola nada terbaik dengan rata-rata akurasi 69,56%. Kemudian gambar grafik pengaruh panjang *overlap* dan dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Grafik Pengaruh Panjang Overlap

Melalui grafik pada gambar 10, penggunaan panjang *overlap* 30% menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dengan rata-rata akurasi 99,44%, identifikasi pola nada dengan rata-rata akurasi 78,89%, dan identifikasi nada dasar dalam pola nada dengan rata-rata akurasi 68,67%.

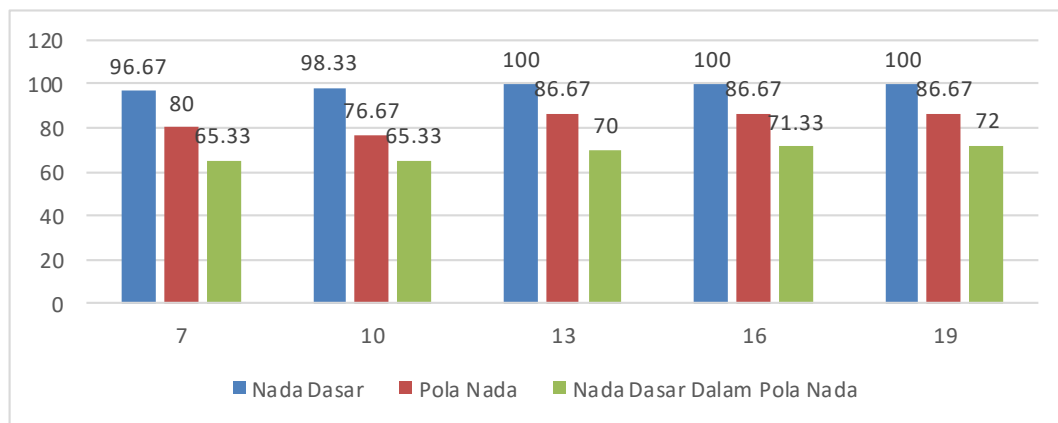
3.3. Hasil Analisis Pengaruh Jumlah Koefisien MFCC Terhadap Akurasi

Koefisien MFCC merupakan jumlah koefisien pada proses *discrete cosine transform* yang terdapat pada proses MFCC. Pengaruh dari koefisien MFCC dapat diketahui dengan menjadikan koefisien MFCC sebagai variabel bebas. Koefisien MFCC yang diuji adalah 7, 10, 13, 16, dan 19. Sedangkan untuk parameter lain menggunakan parameter terbaik yaitu panjang *frame* 30 ms, panjang *overlap* 30%, dan nilai $K=7$. Hasil pengujian pengaruh koefisien MFCC terhadap akurasi identifikasi nada dapat ditampilkan pada tabel 3.

Tabel 3 Analisis Pengaruh Jumlah Koefisien

Jumlah Koefisien MFCC	Akurasi Identifikasi Nada Dasar	Akurasi Identifikasi Pola Nada	Akurasi Identifikasi Nada Dasar Dalam Pola Nada
7	96,67%	80,00%	65,33%
10	98,33%	76,67%	65,33%
13	100,00%	86,67%	70,00%
16	100,00%	86,67%	71,33%
19	100,00%	86,67%	72,00%

Gambar grafik pengaruh panjang *overlap* dan dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Grafik Pengaruh Panjang Overlap

Melalui grafik pada gambar 11, penggunaan jumlah koefisien MFCC sebanyak 13, 16 dan 19 menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dengan akurasi 100% dan identifikasi pola nada dengan akurasi 86,67%. Sedangkan jumlah koefisien MFCC sebanyak 19 menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dalam pola nada dengan akurasi 72%.

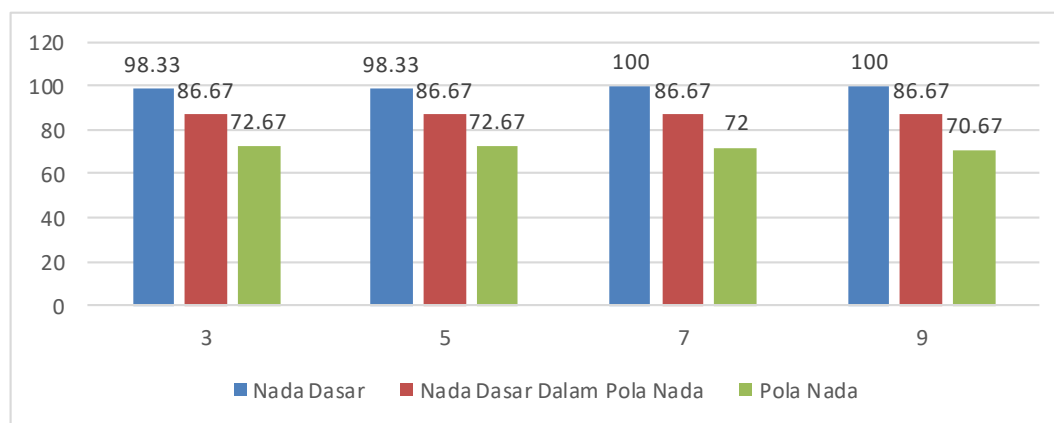
3.4. Analisis Jumlah K Terhadap Akurasi

Jumlah K pada algoritma *K-Nearest Neighbor* sangat mempengaruhi akurasi dalam identifikasi nada alat musik Darbuka, hal ini karena jumlah K mewakili jumlah tetangga terdekat yang merupakan data latih yang menjadi acuan dalam melakukan identifikasi sehingga jumlah K dalam penelitian ini menjadi variabel bebas. Jumlah K yang diuji adalah 1, 3, 5, 7, dan 9. Sedangkan untuk parameter lain menggunakan parameter terbaik yaitu panjang *frame* 30 ms, panjang *overlap* 30%, dan jumlah koefisien MFCC sebanyak 19. Hasil pengujian pengaruh jumlah K terhadap akurasi identifikasi nada dapat ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4 Analisis Pengaruh Jumlah K

K	Akurasi Identifikasi Nada Dasar	Akurasi Identifikasi Pola Nada	Akurasi Identifikasi Nada Dasar Dalam Pola Nada
3	98,33%	86,67%	72,67%
5	98,33%	86,67%	72,67%
7	100,00%	86,67%	72,00%
9	100,00%	86,67%	70,67%

Gambar grafik pengaruh jumlah K dan dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12 Grafik Pengaruh Jumlah K

Melalui grafik pada gambar 12, penggunaan nilai K=7 dan K=9 menghasilkan akurasi terbaik untuk nada dasar sebesar 100%, sedangkan penggunaan nilai K menghasilkan akurasi yang sama untuk identifikasi pola nada dengan akurasi 86,67%, dan penggunaan nilai K=3 dan K=5 menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dalam pola nada dengan akurasi 72,67%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan implementasi penelitian yang telah dilakukan dan hasil yang telah didapat, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan panjang *frame* 30 ms menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dengan akurasi 100%, identifikasi pola nada dengan akurasi 81,11%, dan identifikasi nada dasar dengan akurasi 69,56%. Sedangkan penggunaan panjang *overlap* 30% menghasilkan akurasi terbaik untuk identifikasi nada dasar dengan akurasi 99,44%, identifikasi pola nada dengan akurasi 78,89%, dan identifikasi nada dasar dalam pola nada dengan akurasi 68,67%. Sehingga dapat dikatakan semakin besar panjang *frame* dan semakin kecil panjang *overlap* maka semakin besar akurasi yang didapat.
2. Jumlah koefisien MFCC memiliki korelasi yang kuat terhadap tingkat akurasi identifikasi nada dasar alat musik Darbuka. Korelasi yang bersifat positif di mana semakin besar nilai koefisien MFCC yang digunakan akan semakin besar nilai akurasi yang didapatkan. Pada penelitian ini penggunaan panjang *frame* 13, 16, dan 19 menghasilkan akurasi tertinggi pada identifikasi nada dasar dengan akurasi 100% dan identifikasi pola nada dengan akurasi 86,67%, sedangkan pada identifikasi nada dasar dalam pola nada menghasilkan akurasi terbaik sebesar 72% dengan jumlah koefisien MFCC sebesar 19.
3. Jumlah K pada algoritma *K-Nearest Neighbor* sangat mempengaruhi tingkat akurasi dalam identifikasi nada alat musik Darbuka karena jumlah K mewakili jumlah tetangga terdekat yang merupakan data latih yang menjadi acuan dalam melakukan identifikasi. Nilai K=7 dan K=9 menghasilkan akurasi terbaik identifikasi nada dasar dengan akurasi 100%. Kemudian untuk identifikasi pola nada memiliki akurasi yang sama untuk semua nilai K yang diujikan dengan akurasi 86,67%. Sedangkan untuk identifikasi nada dasar dalam pola nada menghasilkan akurasi terbaik sebesar 72,67% dengan penggunaan K=3 dan K=5.

4. Aplikasi identifikasi nada alat music Darbuka menggunakan MFCC, dan KNN sudah berjalan dengan akurasi yang cukup tinggi sampai dengan 100% untuk identifikasi nada dasar Darbuka, namun masih perlu pengembangan lebih lanjut terlebih dalam identifikasi pola nada Darbuka dengan akurasi yang terbilang kecil, sehingga dapat membantu orang-orang dalam belajar alat musik Darbuka.

References

- [1] N. Marufah, "Komunikasi Seni Hadrah Majelis Ahbaabul Musthofa Yogyakarta," *Alhadharah J. Ilmu Dakwah*, vol. 19, no. 2, pp. 91–116, 2020.
- [2] N. Nurhamidah, E. C. Djamal, and R. Ilyas, "Perintah Menggunakan Sinyal Suara dengan Mel-Frequency Cepstrum Coefficients dan Learning Vector Quantization," *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf. 2017*, pp. 11–16, 2017.
- [3] R. Umar, I. Riadi, and A. Hanif, "Analisis Bentuk Pola Suara Menggunakan Ekstraksi Ciri Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)," *CogITo Smart J.*, vol. 4, no. 2, p. 294, 2019, doi: 10.31154/cogito.v4i2.130.294-304.
- [4] F. Muhammad, Y. Indrawaty, and I. Amelia, "Identifikasi Nada Antara Suling Sunda Dan Suling Rekorder Dengan Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients (Mfcc) Dan Dynamic Time Warping (Dtw)," *JTIK J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 145–154, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071649.
- [5] A. Suryarismi and R. Pulungan, "Penyusunan Notasi Musik dengan Menggunakan Onset Detection pada Sinyal Audio," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.*, vol. 7, no. 2, p. 167, 2013, doi: 10.22146/ijccs.3357.
- [6] J. P. Bello, L. Daudet, S. Abdallah, C. Duxbury, M. Davies, and M. B. Sandler, "A Tutorial on Onset Detection in Music Signals," *Speech Audio ...*, pp. 1–13, 2005, [Online]. Available: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1495485.
- [7] A. F. Ryamizard, B. Hidayat, and S. Saidah, "Deteksi Nada Tunggal Alat Musik Kecapi Bugis Makassar Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficient (Mfcc) Dan Klasifikasi K-Nearest Neighbour (Knn)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 4715–4721, 2018.