

Rancang Bangun Aplikasi Pengenalan *Pupuh* Bali Menggunakan Metode *Mel Frequency Cepstral Coefficients*

(Design of Balinese *Pupuh* Recognition Application using *Mel Frequency Cepstral Coefficients* Method)

I Dewa Gede Budi Dharma Prabhawa*, Duman Care Khrisne, Made Sudarma
 Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
 Jl. Kampus Bukit Jimbaran, Bali, INDONESIA
 Email: budi_prabhawa@icloud.com, duman@unud.ac.id, msudarma@unud.ac.id

*Penulis korespondensi

Abstract- *Pupuh* is a basic of *tembang* for someone that can later be used for further learning to a higher level that is *Sekar Madya* and *Sekar Agung*. Balinese culture is an important feature to determine the ethnicity, identity of a group. Then it should be the Balinese using and preserve *Pupuh* that has been inherited by the ancestors. The media for Balinese *pupuh* learning will be use an Android Device with MFCC method. To attract the interest of young peoples to learn Balinese *pupuh*, then this Balinese *pupuh* learning system based-Android was created. This application will use the sound recorded by an Android devices and sent to the Python server for systematic calculations, then returned to the Android devices and will get the correct or wrong answer which according to server calculation. By developed this Balinese *pupuh* learning system, expected can help the teachers or Balinese language teachers to teach their students about Balinese *pupuh* on a mobile and practical.

Keywords: *balinese language, balinase pupuh, learning, android, python*

I. PENDAHULUAN

Kebudayaan Bali merupakan ciri penting untuk menentukan identitas keetnikian suatu kelompok, maka idealnya orang bali menggunakan dan menjaga *pupuh* yang telah diwariskan oleh leluhur [1]. *Pupuh* sangat dekat dengan masyarakat Bali sehingga bisa sebagai sarana media untuk menyampaikan pesan moral dan pendidikan. Namun yang terjadi pada *pupuh* di Bali adalah keadaan sebaliknya, orang cenderung mengikuti gaya hidup wisatawan asing sebagai akibat dari aktivitas pariwisata di Bali, selain itu masyarakat Bali di Kota hampir sebagian besar menggunakan bahasa Indonesia atau bahasa asing daripada menggunakan Bahasa Bali [2]. Keadaan tersebut akan diperparah oleh aktivitas masyarakat yang menggunakan *gadget* dan *internet* yang cenderung menggunakan Bahasa Indonesia dan bahasa asing sebagai bahasanya sehingga masyarakat Bali mengabaikan *pupuh* sebagai warisan budaya dan Bahasa Bali sebagai ciri identitas Bali. *Tembang macepat* juga sering disebut dengan *sekar alit*. Contoh dari *sekar alit* adalah *pupuh ginada*, *pupuh ginanti* dan *pupuh maskumambang*. Istilah

tembang macepat diambil dari bahasa jawa yang berarti suatu sistem untuk membaca syair *tembang* atas empat suku kata. Di Bali *tembang macepat* juga disebut *pupuh* yang berarti rangkaian *tembang*. Selain dipergunakan sebagai alat komunikasi, *pupuh* juga sering digubah untuk menceritakan suatu kisah atau cerita-cerita rakyat dan disebut *gaguritan*. *Pupuh* sebagai alat komunikasi memiliki sifat-sifat yang diekspresikan, dimana ekspresi dari berbagai jenis *pupuh* berbeda satu sama lain. Banyak penelitian terdahulu yang berupaya untuk membantu menajada dan melestarikan kebudayaan Bali dengan cara membuat aplikasi IT dengan nuansa hiburan untuk merangsang ketertarikan generasi milenial pada kebudayaan Bali, Contohnya adalah “Aplikasi Pembelajaran Nyanyian *Pupuh* Tradisional Bali Berbasis Android di Sekolah Dasar”. [3] membuat aplikasi *game* pembelajaran *pupuh* Bali berupa *quiz* yang dapat dijawab melalui pilihan ganda oleh pengguna. Dan contoh lain adalah “Aplikasi *Game* Edukasi *Pupuh* Sekar Alit Berbasis Android” hampir sama dengan contoh yang pertama, akan tetapi [4] lebih memfokuskan aplikasi *game* ini pada tebak lirik *pupuh* Bali. Dari penelitian sebelumnya pembelajaran budaya Bali berhasil disampaikan dengan menggabungkan sisi hiburan dan teknologi, maka penulis pada penelitian ini ingin membuat aplikasi pengenalan *pupuh* Bali sebagai sarana untuk melestarikan budaya Bali yang dikhususkan pada cara melafalkan *pupuh*. Pelafalan adalah dasar untuk mempelajari kesusastraan Bali. Pelafalan berasal dari kata lafal yang merupakan suatu cara seseorang atau sekelompok orang dalam mengucapkan bunyi bahasa. Dalam pelafalan Bahasa Bali sering huruf dan pelafan berbeda, maka dari itu pembelajaran pelafalan Bahasa Bali perlu dilakukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut (Putra, 2015), dalam penelitian ini berjudul: “Aplikasi Pembelajaran Nyanyian *Pupuh* Tadisional Bali Berbasis Android Di Sekolah Dasar”. Maha Putra

membuat game edukasi berupa quiz sebagai sarana pembelajaran pupuh tradisional Bali [3].

Menurut (Surya, dkk., 2016), dalam penelitian ini berjudul: “Aplikasi Game Edukasi Pupuh Sekar Alit Berbasis Android”. Eka Suryadana, Agung Cahyawan dan Ika Marini membuat game edukasi berupa tebak lirik pupuh sebagai sarana pembelajaran pupuh tradisional Bali [4].

Menurut (Resmawan, 2016), dalam penelitian ini berjudul: “Verifikasi Biometrika Suara Menggunakan Metode MFCC Dan DTW. Adi Resmawan memasukan Metode *Mel Frequency Cepstrum* dan *Dynamic Time Warping*” untuk verifikasi biometrika suara [5].

Menurut (Krishna, dkk., 2011), dalam penelitian ini berjudul: “*Emotion Recognition using Dynamic Time Warping Technique for Isolated Words*”. N. Murali Krishna, P.V Lakshmi, Y. Srinivas dan J. Sirisha Devi memasukan Metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficients*, *Dynamic Time Warping* dan *Support Vector Machine* untuk pengenalan emosi [6].

Menurut (Gursimran, dkk., 2011), dalam penelitian ini berjudul: “*Music Genre Classification Using MFCC, SVM and BPNN*”. Gursimran Kour dan Neha Mehan memasukan Metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficients* dan *Support Vector Machine* untuk klasifikasi *genre music* [7].

Menurut (Harvianto, dkk., 2011), dalam penelitian ini berjudul: “*Analysis and Voice Recognition In Indonesian Language Using MFCC and SVM Method*”. Harvianto, Livia Ashianti, Jupiter dan Suhandi Junaedi memasukan Metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficients* dan *Support Vector Machine* untuk analisa dan *voice recognition* dalam bahasa Indonesia [8].

Menurut (Darmadi, dkk., 2011), dalam penelitian ini berjudul: “*Deteksi Sleep Apnea Melalui Analisis Suara Dengkuran Dengan Metode Mel Frekuensi Cepstrum Coefficient*”. Fively Darmadi, Achmad Rizal dan Unang Sunarya memasukan Metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficients* dan *K Nearest Neighbor* untuk mendeteksi *sleep apnea* melalui suara dengkuran. mendeteksi *sleep apnea* melalui suara dengkuran [9].

Dari penelitian – penelitian sebelumnya, penulis membuat aplikasi pelafalan *pupuh* Bali menggunakan metode yang bernama MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*). Metode MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*) merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam bidang *speech recognition*. Metode ini digunakan untuk melakukan *feature extraction*, sebuah proses yang mengkonversikan signal suara menjadi beberapa parameter. Dengan adanya metode MFCC ini, diharapkan penggunaan *speech recognition* dapat memberikan keputusan benar atau salah suara dan nada yang dilafalkan.

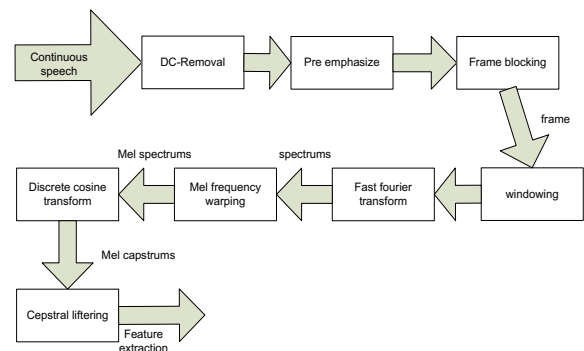
III.METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

A. MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*)

MFCC (*Mel Frequency Cepstrum Coefficients*) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam bidang *speech technology*, baik *speaker recognition* maupun *speech recognition*. Metode ini digunakan untuk melakukan *feature extraction*, sebuah proses yang mengkonversikan *signal* suara menjadi beberapa parameter [10]. Beberapa keunggulan dari metode ini adalah:

- Mampu untuk menangkap karakteristik suara yang sangat penting bagi pengenalan suara, atau dengan kata lain dapat menangkap informasi-informasi penting yang terkandung dalam *signal* suara
- Menghasilkan data seminimal mungkin, tanpa menghilangkan informasi-informasi penting yang dikandungnya
- Mereplikasi organ pendengaran manusia dalam melakukan persepsi terhadap *signal* suara.

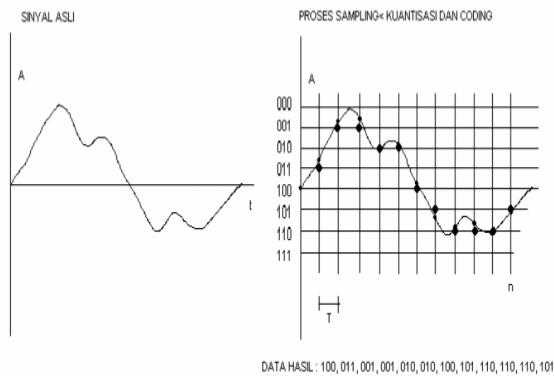


Gambar 1. Block Diagram MFCC

B. Konversi Analog Menjadi Digital

Proses *sampling* adalah suatu proses untuk mengambil data *signal continue* untuk setiap periode tertentu. Dalam melakukan proses *sampling* data, berlaku aturan Nyquist, yaitu bahwa frekuensi *sampling* (*sampling rate*) minimal harus 2 kali lebih tinggi dari frekuensi maksimum yang di *sampling*. Jika *signal sampling* kurang dari 2 kali frekuensi maksimum *signal* yang di *sampling*, maka timbul efek *aliasing*. *Aliasing* adalah suatu efek dimana *signal* yang dihasilkan memiliki frekuensi yang berbeda dengan *signal* aslinya. Proses kuantisasi adalah proses untuk membulatkan nilai data ke dalam bilangan-bilangan tertentu yang telah ditentukan terlebih dahulu. Semakin banyak level yang dipakai maka semakin akurat pula data *signal* yang disimpan tetapi menghasilkan ukuran data besar dan proses yang lama.

Proses pengkodean adalah proses pemberian kode untuk tiap-tiap data *signal* yang telah terkuantisasi berdasarkan level yang ditempati.



Gambar 2. Proses Pembentukan *signal* digital.

C. DC-Removal

Remove DC Components bertujuan untuk menghitung rata-rata dari data sampel suara, dan mengurangi nilai setiap sampel suara dengan nilai rata-rata tersebut. Tujuannya adalah mendapat normalisasi dari data suara input.

$$y[n] = x[n] - \bar{x}, 0 \leq n \leq N-1 \quad (1)$$

Dimana $y[n]$ = sampel *signal* hasil proses DC removal

- $x[n]$ = sampel *signal* asli
- \bar{x} = nilai rata-rata sampel *signal* asli.
- N = panjang *signal*

Perancangan “Rancang Bangun Aplikasi Pengenalan Pupuh Bali Menggunakan Metode *mel frequency cepstrum coefficients*” menggunakan pemodelan UML (*Unified Modeling Language*). Pada UML nantinya menunjukkan bagaimana sistem secara fisik ditempatkan dan diterapkan sehingga dapat menunjukkan arah aliran data suatu proses.

D. Pre-Emphasize Filter

Pre – emphasize Filter merupakan salah satu jenis *filter* yang sering digunakan sebelum sebuah *signal* diproses lebih lanjut. *Filter* ini mempertahankan frekuensi-frekuensi tinggi pada sebuah spektrum, yang umumnya tereliminasi pada saat proses produksi suara.

E. Frame Blocking

Karena *signal* suara terus mengalami perubahan akibat adanya pergeseran artikulasi dari organ produksi vocal, *signal* harus diproses secara *short segments (short frame)*. Panjang *frame* yang biasanya digunakan untuk pemrosesan *signal* adalah antara 10-30 milidetik. Panjang *frame* yang digunakan sangat mempengaruhi keberhasilan dalam analisa spektral. Di satu sisi, ukuran dari *frame* harus sepanjang mungkin untuk dapat menunjukkan resolusi frekuensi yang baik. Tetapi di lain sisi, ukuran *frame* juga harus cukup pendek untuk dapat menunjukkan resolusi waktu yang baik.

F. Windowing

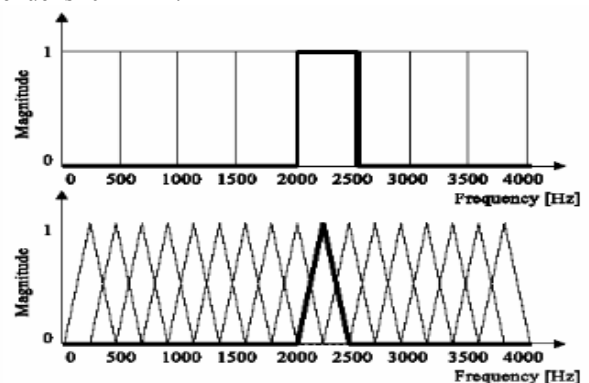
Proses *framing* dapat menyebabkan terjadinya kebocoran spektral (*spectral leakage*) atau *aliasing*. *Aliasing* adalah *signal* baru dimana memiliki frekuensi yang berbeda dengan *signal* aslinya. Efek ini dapat terjadi karena rendahnya jumlah *sampling rate*, ataupun karena proses *frame blocking* dimana menyebabkan *signal* menjadi *discontinue*. Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kebocoran spektral, maka hasil dari proses *framing* harus melewati proses *window*. Sebuah fungsi *window* yang baik harus menyempit pada bagian *main lobe* dan melebar pada bagian *side lobe*-nya.

G. Analisis Fourier

Analisis *fourier* adalah sebuah metode yang memungkinkan untuk melakukan analisa terhadap *spectral properties* dari *signal* yang diinputkan. Representasi dari *spectral properties* sering disebut sebagai *spectrogram*. Dalam *spectrogram* terdapat hubungan yang sangat erat antara waktu dan frekuensi. Hubungan antara frekuensi dan waktu adalah hubungan berbanding terbalik. Bila resolusi waktu yang digunakan tinggi, maka resolusi frekuensi yang dihasilkan semakin rendah.

H. Mel Frequency Wrapping

Mel Frequency Wrapping umumnya dilakukan dengan menggunakan *Filterbank*. *Filterbank* adalah salah satu bentuk dari *filter* yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui ukuran energi dari *frequency band* tertentu dalam *signal* suara. *Filterbank* dapat diterapkan baik pada domain waktu maupun pada domain frekuensi, tetapi untuk keperluan MFCC, *filterbank* harus diterapkan dalam domain frekuensi. Gambar 3 menunjukkan dua jenis *filterbank magnitude*. Dalam kedua kasus pada Gambar 3 *filter* yang dilakukan adalah secara linear terhadap frekuensi 0-4 kHz.



Gambar 3. *magnitude* dari *rectangular* dan *triangular filterbank*

I. Discrete Cosine Transform (DCT)

DCT merupakan langkah terakhir dari proses utama MFCC *feature extraction*. Konsep dasar dari DCT adalah mendekorelasikan *mel spectrum* sehingga menghasilkan representasi yang baik dari property spektral local. Pada dasarnya konsep dari DCT sama dengan *inverse fourier*

transform. Namun hasil dari DCT mendekati PCA (*principle component analysis*). PCA adalah metode static klasik yang digunakan secara luas dalam analisa data dan kompresi. Hal inilah yang menyebabkan sering kali DCT menggantikan *inverse fourier transform* dalam proses MFCC *feature extraction*.

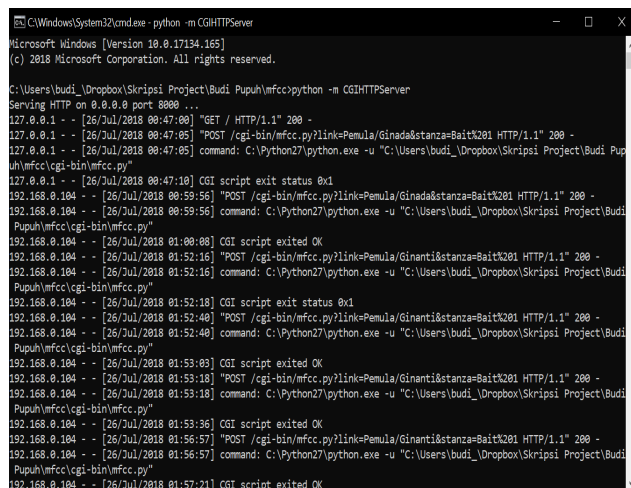
J. Cepstral Liftering

Hasil dari proses utama MFCC *feature extraction* memiliki beberapa kelemahan. *Low order* dari *cepstral coefficients* sangat sensitif terhadap *spectral slope*, sedangkan bagian *high order*nya sangat sensitif terhadap *noise*. Oleh karena itu, *cepstral liftering* menjadi salah satu standar teknik yang diterapkan untuk meminimalisasi sensitifitas tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Integrasi Sistem Server Python

Server Python bertujuan untuk mengolah perhitungan matematis yang telah dibuat sehingga tidak membebani kinerja pada smartphone. Tampilan *server* Python dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Tampilan Server Python

B. Integrasi Mel Frequency Cepstral Coefficients

Pada tahap ini akan dilakukan inisiasi *library* MFCC pada bahasa pemrograman Python. Fungsi dari *library* MFCC adalah untuk membuang suara *noise* sehingga memudahkan untuk proses pencocokan suara *sample* dan suara user.

C. Integrasi Librosa

Pada tahap ini akan dilakukan inisiasi *library* Librosa pada bahasa pemrograman Python. Fungsi dari *library* Librosa adalah untuk membaca file audio dan membantu proses ekstraksi MFCC.

D. Integrasi Dynamic Time Warping

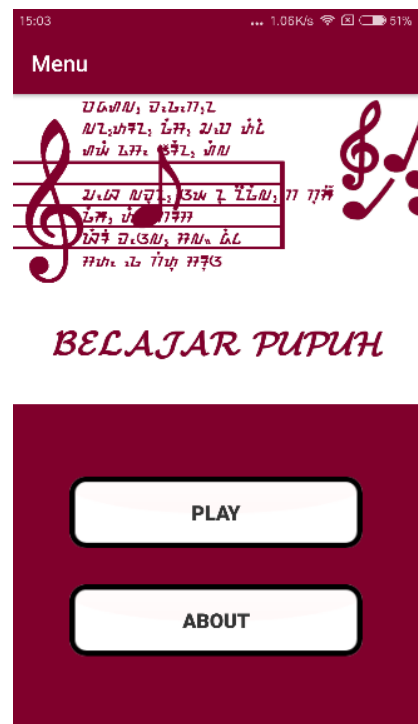
Pada tahap ini akan dilakukan inisiasi *library* DTW pada bahasa pemrograman Python. Fungsi dari *library* DTW adalah untuk menghitung kesamaan antara dua suara yang akan dibandingkan sehingga mendapatkan hasil benar atau salah.

E. Integrasi Sistem Android

Pengujian antarmuka android merupakan pengujian semua aspek dari cara penggunaan sistem yang dibuat. Dari awal aplikasi dibuka akan menampilkan tampilan menu yang memiliki tombol navigasi ke *play* dan *about*. Pada tombol *play* akan membawa pengguna mulai belajar untuk menyanyikan pupuh. Sedangkan pada tombol *about* hanya akan menampilkan tentang pembuat aplikasi.

F. Pembahasan Tampilan Menu

Menu merupakan tampilan yang pertama kali muncul saat membuka aplikasi PupuhApp. Tampilan *menu* dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada Gambar 5 berikut.

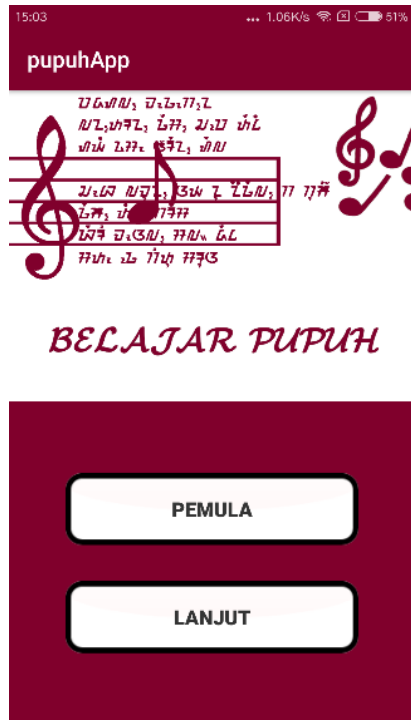


Gambar 5. Tampilan Menu

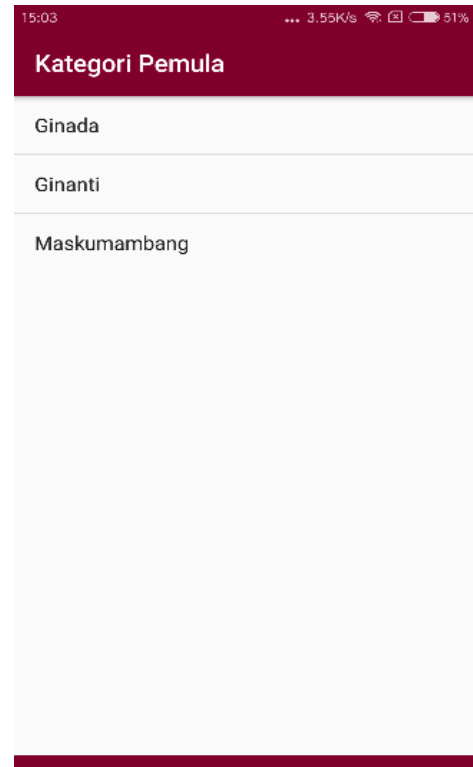
Pada tombol *play* untuk masuk ke tampilan kategori dan tombol *about* untuk masuk kedalam tampilan tentang pembuat aplikasi. Berikut merupakan penggalan *source code* dari tampilan *menu* dapat dilihat pada lampiran.

G. Pembahasan Tampilan Kategori

Tampilan kategori muncul saat menekan tombol *play* pada tampilan menu. Tampilan kategori memiliki *interface* yang sama seperti tampilan menu hanya beda pada fungsi tombol navigasinya, terdapat 2 tombol, yaitu : *pemula* dan *lanjut*. Tampilan kategori dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6 Tampilan Kategori



Gambar 7 Tampilan Judul Pupuh

Pada tombol pemula untuk masuk ke tampilan judul *pupuh* kategori pemula dan tombol lanjut untuk masuk kedalam tampilan judul *pupuh* kategori lanjut. Berikut merupakan penggalan *source code* dari tampilan kategori dapat dilihat pada lampiran.

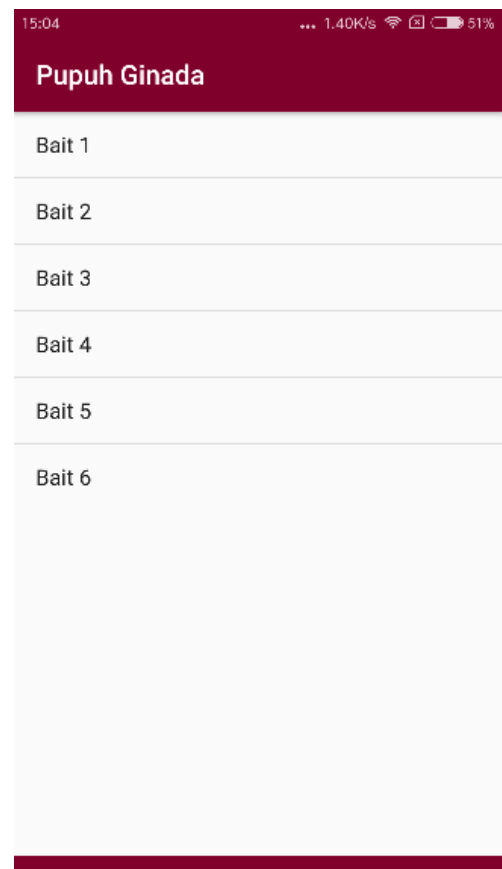
H. Pembahasan Tampilan Pemilihan Judul Pupuh

Tampilan judul *pupuh* muncul saat menekan tombol pemula atau lanjut pada tampilan kategori. Tampilan judul *pupuh* memiliki *interface list view* yang bisa menampilkan banyak data pada satu tampilan aplikasi. Tampilan judul *pupuh* dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada Gambar 7 berikut.

Pada tampilan di atas pengguna dapat memilih judul *pupuh* yang akan dinyanyikan. Berikut merupakan penggalan *source code* dari tampilan judul *pupuh* dapat dilihat pada lampiran.

I. Pembahasan Tampilan Pemilihan Bait Pupuh

Tampilan pemilihan bait *pupuh* muncul saat memilih judul *pupuh* pada tampilan judul *pupuh*. Tampilan pemilihan bait *pupuh* memiliki *interface list view* yang bisa menampilkan banyak data pada satu tampilan aplikasi. Tampilan pemilihan bait *pupuh* dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada Gambar 8 berikut.

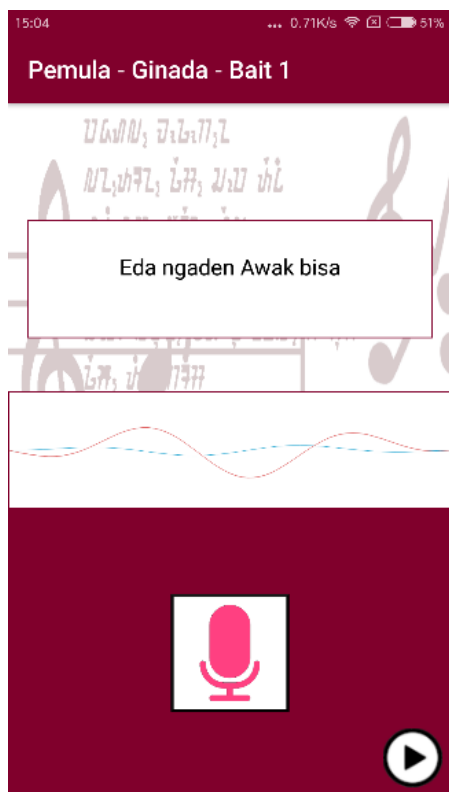


Gambar 8 Tampilan Pemilihan Bait Pupuh

Pada tampilan di atas pengguna dapat memilih pemilihan bait *pupuh* yang akan dinyanyikan. Berikut merupakan penggalan *source code* dari tampilan bait *pupuh* dapat dilihat pada lampiran.

J. Pembahasan Tampilan Stage

Tampilan *stage* muncul saat memilih bait *pupuh* yang akan dinyanyikan. Tampilan ini adalah ini dari aplikasi PupuhApp dan tampilan ini yang akan merekam suara dan memproses pengenalan suara ke *server* Python. Tampilan *stage* dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada Gambar 9 berikut.

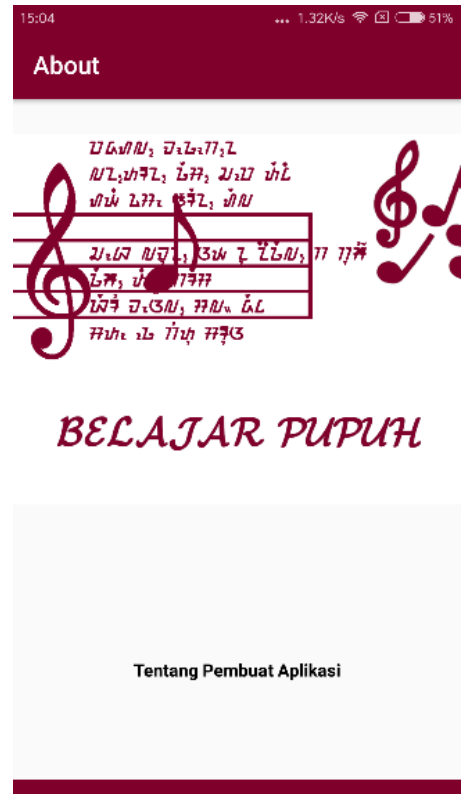


Gambar 9 Tampilan *Stage*

Pada tampilan di atas pengguna dapat membaca lirik dari pupuh, mendengar contoh nyanyian melalu suara yang dapat diakses melalui tombol yang berada pada pojok kanan bawah dan tombol *mic* untuk mulai merekam suara. Berikut merupakan penggalan *source code* dari tampilan *stage* dapat dilihat pada lampiran.

K. Pembahasan Tampilan About

Tampilan *about* muncul saat menekan tombol *about* atau lanjut pada tampilan *menu*. Tampilan *about* berisi tentang info pembuat aplikasi. Tampilan *about* dari aplikasi PupuhApp bisa dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10 Tampilan *About*

L. Pupuh Ginada

Pupuh Ginada memiliki 6 bait *pupuh* dan memiliki 2 data latih. Adapun hasil pengujian *pupuh ginada* bait 1 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

M. Jarak (Threshold)

Jarak (*Thershold*) adalah nilai ambang batas atau toleransi dari pengujian data *sample* dan data uji.

TABEL I HASIL PENGUJIAN PUPUH GINADA BAIT 1

Nilai Ambang Batas (<i>Threshold</i>)	Rekaman Asli		Rekaman Orang Dewasa	
	FMR (%)	FNMR (%)	FMR (%)	FNMR (%)
100	0	0	0	0
140	20	0	0	0
160	20	0	0	0
180	50	0	90	0
200	100	0	100	0
220	100	20	100	20
240	100	80	100	60
260	100	100	100	80
280	100	100	100	100
300	100	100	100	100

Berdasarkan Tabel I hasil pengujian *Pupuh Ginada* bait 1, dapat disimpulkan jarak **200** adalah jarak terbaik yang dapat digunakan oleh *Pupuh Ginada* bait 1 karena memiliki 100% FMR dan 0% FNMR pada rekaman orang dewasa. Sedangkan jarak terbaik pada rekaman asli adalah

200 karena memiliki 100% FMR dan 0% FNMR. Detail dari pengujian dapat dilihat di lampiran.

N. Pupuh Ginanti

Pupuh Ginanti memiliki 6 bait *pupuh* dan memiliki 3 data latih. Adapun hasil pengujian *pupuh ginanti* bait 1 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel II berikut.

TABEL II HASIL PENGUJIAN PUPUH GINANTI BAIT 1

Nilai Ambang Batas (Threshold)	Rekaman Asli		Rekaman Orang Dewasa	
	FMR (%)	FNMR (%)	FMR (%)	FNMR (%)
100	0	0	0	0
120	0	0	0	0
140	0	0	0	0
160	0	0	0	0
180	50	0	0	0
200	100	40	20	0
220	100	90	80	0
240	100	100	100	30
260	100	100	100	50
280	100	100	100	100
300	100	100	100	100

Berdasarkan Tabel II hasil pengujian *Pupuh Ginanti* bait 1, dapat disimpulkan jarak **220** adalah jarak terbaik yang dapat digunakan oleh *Pupuh Ginanti* bait 1 karena memiliki 800% FMR dan 0% FNMR pada rekaman orang dewasa. Sedangkan jarak terbaik pada rekaman asli adalah **200** karena memiliki 100% FMR dan 40% FNMR.

O. Pupuh Maskumambang

Pupuh Maskumambang memiliki 5 bait *pupuh* dan memiliki 2 data latih. Adapun hasil pengujian *pupuh maskumambang* bait 1 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel III berikut.

TABEL III HASIL PENGUJIAN PUPUH MASKUMAMBANG BAIT 1

Nilai Ambang Batas (Threshold)	Rekaman Asli		Rekaman Orang Dewasa	
	FMR (%)	FNMR (%)	FMR (%)	FNMR (%)
100	0	0	0	0
120	0	0	0	0
140	0	0	0	0
160	0	0	0	0
180	90	20	0	0
200	100	50	0	0
220	100	100	20	0
240	100	100	100	0
260	100	100	100	40
280	100	100	100	100
300	100	100	100	100

Berdasarkan Tabel III hasil pengujian *Pupuh Maskumambang* bait 1, dapat disimpulkan jarak **240** adalah jarak terbaik yang dapat digunakan oleh *Pupuh Maskumambang* bait 1 karena memiliki 100% FMR dan 0% FNMR pada rekaman orang dewasa. Sedangkan jarak terbaik pada rekaman asli adalah **180** karena memiliki 90% FMR dan 20% FNMR.

V. KESIMPULAN

Rancang bangun sistem *pupuh* Bali sudah dapat mengenali *pupuh* Bali sesuai dengan pengujian yang dilakukan dan dapat berjalan dengan baik pada *platform* Android. Pada pengujian akurasi sistem didapatkan hasil *pupuh* Ginada memiliki akurasi sebesar 76.67%, *pupuh* Ginanti memiliki akurasi 78,33% dan *pupuh* Maskumambang memiliki akurasi sebesar 94%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Narmada, I. N., Darmawiguna, I. G. M. & Sunarya, I. M. G., 2015. Pengembangan Game Edukasi Tradisional Pupuh Berbasis Android. *Karmapati*, 4(5).
- [2] Suarjana, 2008. *Sor Singgih Bahasa Bali Dalam Bahasa dan Kebudayaan*. Singaraja: Rhika Dewata.
- [3] Putra, I. G. A. M., 2015. Aplikasi Pembelajaran Nyanyian Pupuh Tadisional Bali Berbasis Android Di Sekolah Dasar. *e-Proceeding of Applied Science*, Volume I, p. 1051.
- [4] Surya, P. E., Cahyawan, A. A. K. A. & Marini, N. M. I., 2016. Aplikasi Game Edukasi Pupuh Sekar Alit Berbasis Android. *Merpati*, Volume 4.
- [5] Resmawan, A., 2011. "Verifikasi Biometrika Suara Menggunakan Metode MFCC dan DTW" (Tugas Akhir), Denpasar: Universitas Udayana.
- [6] Krishna, M., Lakshmi, Srinivas & Devi, S., 2011. Emotion Recognition Using Dynamic Time Wrapping Technique for Isolated Words. *International Journal of Computer Science Issues*, 8(5), pp. 306-309.
- [7] Gursimran, K. & Neha, M., 2015. Music Genre Classification Using MFCC, SVM and BPNN. *International Journal of Computer Applications*, Volume 112 – No. 6, p. 0975 – 8887.
- [8] Harvianto, Ashianti, L., Jupiter & Junaedi, S., 2016. *Analysis And Voice Recognition In Indonesian Language Using MFCC and SVM Method*.
- [9] Darmadi, F., Rizal, A. & Sunarya, U., 2015. Deteksi Sleep Apnea Melalui Analisis Suara Dengkuran Dengan Metode Mel Frekuensi Cepstrum Coefficient. *e-Proceeding of Engineering*, p. 2.
- [10] Manunggal, H., 2005. *Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak Pengenalan Suara Pembicara dengan Menggunakan Analisa MFCC Feature Extraction*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.