

Analisis Bentuk Pola Suara Menggunakan Ekstraksi Ciri *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC)

Voice Pattern Form Analysis Using Feature Extraction Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)

Rusydi Umar¹, Imam Riadi², Abdullah Hanif³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Ahmad Dahlan

²Program Studi Sistem Informasi, Universitas Ahmad Dahlan

Jl. Prof. Dr. Soepomo Janturan, Umbulharjo, Yogyakarta 55164.

rusydi_umar@rocketmail.com, imam_riadi@is.uad.ac.id, hurryhans21@gmail.com

Abstrak

Suara merupakan sebagian dari bagian tubuh manusia yang sangat unik dan dapat dibedakan, sehingga penerapannya dapat digunakan dalam teknologi pengenalan pola suara, salah satunya digunakan untuk biometrika suara. Penelitian ini membahas mengenai analisis bentuk pola suara yang bertujuan untuk mengetahui bentuk pola suara dari ciri seseorang berdasarkan inputan suara yang diucapkan. Penelitian ini menggunakan metode *Melf-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) untuk proses ekstraksi ciri dari sinyal ucapan pembicara. Proses MFCC akan mengubah sinyal suara menjadi beberapa vector ciri yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Analisis dan perancangan bentuk pola suara menggunakan *software Matlab 2017a*. Pengujian dilakukan kepada 5 pengguna yang terdiri dari 3 orang laki-laki dan 2 orang perempuan, masing-masing pengguna mengucapkan 1 buah kata "LOGIN" yang telah ditentukan sebelumnya, dimana untuk kata yang diucapkan sebanyak 15 kali. Hasil pengujian yakni di dapatkannya bentuk pola suara antara ciri 1 orang pengguna dengan pengguna lainnya sehingga dapat membuktikan penelitian dengan menggunakan metode MFCC dapat menghasilkan bentuk pola suara yang berbeda.

Kata kunci—Suara, Pola Suara, Ekstraksi Ciri, MFCC

Abstract

Sound is a part of the human body that is unique and can be distinguished, so its application can be used in sound pattern recognition technology, one of which is used for sound biometrics. This study discusses the analysis of the form of a sound pattern that aims to determine the shape of the sound pattern of a person's character based on the spoken voice input. This study discusses the analysis of the form of a sound pattern that aims to determine the shape of the sound pattern of a person's character based on the spoken voice input. This study uses the Melf-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) method for feature extraction process from speaker speech signals. The MFCC process will convert the sound signal into several feature vectors which will then be displayed in graphical form. Analysis and design of sound patterns using Matlab 2017a software. Tests were carried out on 5 users consisting of 3 men and 2 women, each user said 1 predetermined "LOGIN" word, which for 15 words said. The test result is to get the form of sound pattern between characteristic 1 user with other user so can prove the research by using MFCC method can produce different form of voice pattern.

Keywords—Voice, Pattern, Feature Extraction, MFCC

1. PENDAHULUAN

Suara adalah salah satu cara untuk mengetahui dan mengenali karakter seseorang. Manusia dapat mengenali seseorang melalui suaranya, sebagai contoh identitas pembicara, gaya bicara, logat, aksen, emosi serta kondisi kesehatan dari si pembicara [1]. Perkembangan teknologi yang semakin berkembang pesat membuat kebutuhan dalam bentuk komputasi untuk memberikan dan melakukan perintah tidak hanya dari piranti masukan pada umumnya, tetapi dapat dilakukan dengan menggunakan perintah suara [2].

Berdasarkan karakter fisiknya, ciri khas yang dijadikan indikator untuk mengenali seseorang adalah: wajah (*face recognition*), sidik jari (*fingerprint*), retina mata (*iris*) dan suara (*voice recognition*) [3]. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bentuk dari pola suara yang diucapkan oleh pengguna agar dapat terlihat perbedaan dari setiap pengguna sehingga dapat digunakan sebagai perintah suara sesuai dengan keinginan pengguna. Perintah suara dengan mengenali pola suara telah banyak dilakukan, diantaranya perintah suara untuk menjalankan aplikasi-aplikasi pada komputer [4], sistem pengendalian peralatan elektronik rumah tangga [5], identifikasi *gender* manusia [6], sistem untuk buka tutup pintu otomatis [7], mengontrol lampu dengan sensor suara [8], sistem keamanan pada *smart home* [9], untuk analisis hipotirodisme bayi melalui suara tangisan bayi [10] dan pengenalan pola ciri emosi manusia [11].

Terdapat banyak penelitian mengenai pengenalan pola suara, namun belum adanya penelitian yang memberikan sebuah hasil perbedaan bentuk pola suara yang diucapkan oleh pengguna. Oleh karena itu penelitian ini diharapkan dapat mengetahui ciri bentuk pola suara pengguna melalui kata-kata yang diucapkan pengguna. Ekstraksi ciri bertujuan untuk menajamkan perbedaan pola sehingga akan memudahkan dalam memisahkan kategori-kategori klas untuk proses klasifikasi [12]. Ada banyak metode ekstraksi ciri yakni metode *Linear Predictive Coding* (LPC), *Melf-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC), Jaringan Syaraf Tiruan (JST), dan lain sebagainya. Pada penelitian ini, metode ekstraksi ciri yang di gunakan adalah *Melf-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dikarenakan dimana merupakan metode ekstraksi ciri yang mendekati sistem pendengaran manusia [13]. Dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana merancang sebuah simulasi menggunakan *software Matlab 2017a* yang dapat melakukan identifikasi bentuk pola dari suara yang diucapkan pengguna dengan menggunakan metode MFCC sebagai ekstraksi ciri.

1.1 Metode Ekstraksi Ciri MFCC

Metode *Melf-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) merupakan ekstraksi ciri yang paling sering digunakan dalam pemrosesan suara, karena dapat mempresentasikan sinyal dengan baik. Langkah-langkah proses MFCC berdasarkan pada perbedaan dari frekuensi yang terdengar oleh pendengaran manusia melalui panca indranya, sehingga dapat seperti layaknya manusia merepresentasikan sinyal suara. Proses ekstraksi ciri MFCC [14] adalah sebagai berikut:

a. Preemphasis

Preemphasis filter pada proses pengolahan sinyal suara diperlukan setelah proses pengolahan data sampel didapatkan. Tujuan dari proses penyaringan ini adalah untuk mendapatkan bentuk *spectral* dari frekuensi sinyal suara yang lebih bagus. Dimana bentuk *spectral* yang memiliki nilai tinggi untuk daerah kecil akan cenderung turun secara tajam pada daerah dengan fekuensi >2000 Hz. Penyaringan *pre-emphasis* didapatkan oleh hubungan masukan ataupun luaran dalam domain waktu, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1:

$$y(n)=x(n)-ax(n-1) \quad (1)$$

Dimana *alpha* (*a*) adalah sebuah ketetapan filter *pre-emphasis*, dengan nilai $0.9 < a < 1.0$.

b. Frame Blocking

Pada proses frame blocking, sinyal suara yang telah di dapatkan, akan disegmentasikan menjadi beberapa *frame* yang saling bertumpang tindih (*overlap*). Proses ini akan meminimalisir sinyal yang terganggu atau hilang (*deletion*). Dimana proses ini akan terus berlanjut hingga seluruh sinyal yang ada telah masuk ke dalam *frame*.

c. Windowing

Sinyal suara yang telah di proses pada proses sebelumnya dibaca setiap *framenya* dan dalam setiap *frame*-nya akan dilakukan proses *windowing* dengan menggunakan fungsi *window* tertentu. Proses *windowing* digunakan untuk mengurangi sinyal yang tidak berkelanjutan diawal dan akhir setiap *frame*. Luaran yang dihasilkan dari proses *windowing* adalah sinyal, dengan bentuk persamaan seperti persamaan 2:

$$y1(n) = x1(n)w(n), 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

Dimana $w(n)$, menggunakan fungsi *window Hamming*, sehingga bentuk persamaan menjadi:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cdot \cos(2\pi n N-1), 0 \leq n \leq N-1 \quad (3)$$

d. Fast Fourier Transform (FFT)

FFT digunakan untuk mengubah setiap *frame* dengan nilai N sampel data dari domain waktu menjadi bentuk domain frekuensi, seperti pada persamaan sebagai berikut:

$$Xn = \sum_{k=0}^{N-1} xk e^{-2\pi jkn/N} \quad (4)$$

Dimana $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ dan $j = \sqrt{-1}$.

e. Mel-Frequency Wrapping

Persepsi cara pendengaran pada manusia terhadap sebuah frekuensi suara yang terdengar tidak bisa diukur kedalam skala linear. Untuk setiap nada suara yang merupakan frekuensi aktual, f , memiliki bentuk satuan *Hertz* (Hz), “mel” adalah sebuah tinggi rendah nada dalam suara yang dapat diukur dalam sebuah skala. Skala *mel-frequency* adalah sebuah frekuensi rendah yang dengan ukuran <1000 Hz bersifat linear dan sebuah frekuensi tinggi yang dengan ukuran >1000 Hz bersifat logaritmik. Hubungan skala mel dengan frekuensi dalam Hz dapat ditunjukkan pada persamaan berikut ini:

$$F_{mel} = \{ 2595 \cdot \log_{10}(1 + \frac{FHZ}{700}), FHZ > 1000, FHZ < 1000 \} \quad (5)$$

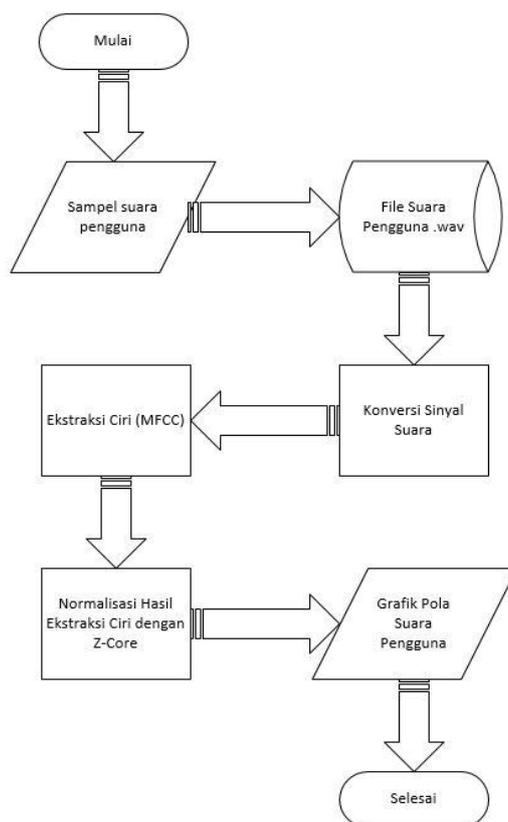
Proses *mel-frequency wrapping* terhadap sinyal suara yang berada dalam domain frekuensi, menggunakan persamaan berikut:

$$Xi = \log_{10}(\sum_{k=0}^{N-1} |X(k)| Hi(k)) \quad (6)$$

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil ekstraksi ciri menggunakan metode MFCC dari suara yang di inputkan pengguna. Penelitian ini menggunakan *software Matlab 2017a*

dengan menggunakan sampel data yang di inputkan oleh pengguna. Berikut alur tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah penelitian:

1. Sampel suara pengguna, tahapan ini adalah menginputkan beberapa sampel suara dari pengguna yang akan digunakan untuk mengakses system.
2. File suara pengguna, tahapan ini adalah proses penyimpanan inputan suara yang di inputkan oleh pengguna.
3. Konversi sinyal suara, tahapan ini adalah mengkonversi sampel ucapan yang telah disimpan ke dalam *database*, menjadi sinyal ucapan sehingga dapat dibaca oleh computer.
4. Ekstraksi ciri MFCC adalah proses untuk mengekstraksi ciri suara pengguna, sehingga dapat diketahui identitas pengguna.
5. Normalisasi Z-Core adalah proses untuk normalisasi hasil ekstraksi ciri yang telah didapatkan sebelumnya. nilai normalisasi yang diperoleh yakni dengan mengurangi sebuah nilai/data dengan rata-rata kumpulan data kemudian membagi dengan simpangan baku.
6. Grafik pola suara pengguna, adalah hasil dari ekstraksi ciri menggunakan MFCC yang kemudian akan ditampilkan dalam bentuk grafik, untuk mengetahui bentuk pola dari suara yang diinputkan oleh pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sampel Suara Pengguna

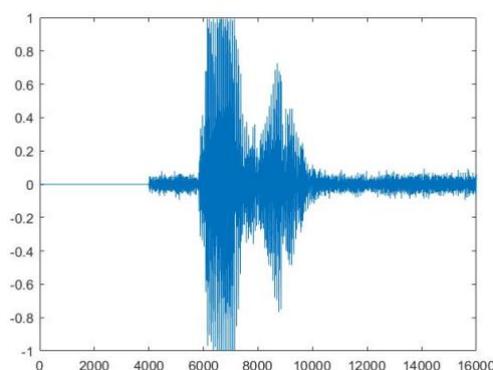
Sampel suara pengguna didapatkan dari rekaman audio yang dilakukan oleh pengguna, kata yang diucapkan adalah “LOGIN” dan pengguna yang berbeda-beda.

3.2 File Suara Pengguna

File suara pengguna merupakan hasil rekaman audio pengguna, yang di simpan di dalam folder nama masing-masing pengguna.

3.3 Konversi Sinyal Suara

Sampel suara pengguna dalam bentuk file *.wav yang digunakan sebagai inputan kemudian direpresentasikan menjadi sinyal suara dalam bentuk matriks dengan menggunakan perintah *audioread* di *Matlab R2017a*. Hasil representasi sampel suara pengguna dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Representasi Matriks Sampel Suara Pengguna

Gambar 3 adalah salah satu sampel suara pengguna yang direkam melalui *software matlab*, dengan durasi perekaman selama 2 detik. Kemudian direpresentasikan menjadi sinyal suara dan ditampilkan ke dalam bentuk grafik.

3.4 Ekstraksi Ciri MFCC

Ekstraksi ciri dengan menggunakan MFCC mempunyai tahapan-tahapan, oleh karena itu diperlukan parameter-parameter dan *function* untuk menghasilkan bentuk pola suara seseorang, parameter yang digunakan berdasarkan pengujian atau percobaan-percobaan sehingga bisa mendapatkan ekstraksi ciri, parameter yang digunakan dapat terlihat seperti berikut:

```
Tw = 20;           % durasi frame(ms)
Ts = 10;          % pergeseran frame (ms)
alpha = 0.99;    % ketetapan preemphasis
M = 30;          % jumlah saluran filterbank
C = 12;          % jumlah koefisien cepstral
L = 22;          % cepstral sinus lifterparameter
LF = 100;        % batasan frekuensi rendah (Hz)
HF = 4600;       % batasan frekuensi tertinggi (Hz)
wav_file = 'sphanif1.wav'; % nama data input suara yang akan digunakan
```

Proses ekstraksi ciri ini didapatkan dengan menggunakan *function* metode MFCC yang terdapat pada *Matlab*, source code ekstraksi ciri MFCC dapat dilihat pada Gambar 4.

```

%% FEATURE EXTRACTION

% Preemphasis filtering (see Eq. (5.1) on p.73 of [1])
speech = filter( [1 -alpha], 1, speech ); % fvtool( [1 -alpha], 1 );

% Framing and windowing (frames as columns)
frames = vec2frames( speech, Nw, Ns, 'cols', window, false );

% Magnitude spectrum computation (as column vectors)
MAG = abs( fft(frames,nfft,1) );

% Triangular filterbank with uniformly spaced filters on mel scale
H = trifbank( M, K, R, fs, hz2mel, mel2hz ); % size of H is M x K

% Filterbank application to unique part of the magnitude spectrum
FBE = H * MAG(1:K,:); % FBE( FBE<1.0 ) = 1.0; % apply mel floor
% DCT matrix computation
DCT = dctm( N, M );

% Conversion of logFBEs to cepstral coefficients through DCT
CC = DCT * log( FBE );

% Cepstral lifter computation
lifter = ceplifter( N, L );

% Cepstral liftering gives liftered cepstral coefficients
CC = diag( lifter ) * CC; % ~ HTK's MFCCs
    
```

Gambar 4 Function Ekstraksi Ciri MFCC pada Matlab

Kemudian dari proses ekstraksi ciri diatas didapatkan 13 ekstraksi ciri dari setiap sampel suara yang diucapkan oleh pengguna, hasil ekstraksi ciri suara dengan sampel salah satu pengguna ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Ekstraksi Ciri Pengguna Mustafa

Sampel	MFCC1	MFCC2	MFCC3	MFCC4	MFCC5	MFCC6	MFCC7	MFCC8	MFCC9	MFCC10	MFCC11	MFCC12	MFCC13
1	75.782	-4.792	-0.990	-3.967	-3.278	3.448	-7.489	1.279	3.457	-0.924	5.073	1.777	-2.371
2	73.958	-3.865	-12.360	-5.626	-4.786	-0.094	4.866	1.843	-10.709	-10.461	-3.087	-8.781	0.534
3	53.016	-4.550	0.560	0.081	-3.057	-3.093	-0.168	-0.672	1.629	1.129	-2.793	-0.494	4.079
4	74.107	-4.328	-2.595	-2.501	-8.317	-6.286	-5.285	8.373	-2.995	-6.683	-3.540	-1.283	-9.720
5	50.525	-5.794	-4.241	0.886	-1.353	-5.541	-1.975	-3.477	-3.895	-3.274	3.877	-3.078	3.097
6	51.955	-6.071	0.494	-3.290	-4.537	-1.523	-8.926	-3.005	4.579	0.380	-1.680	-4.212	-0.784
7	52.373	-5.147	-3.157	-3.635	-2.437	1.547	3.064	1.001	-2.722	3.797	0.052	1.588	2.838
8	72.953	-4.989	0.373	-7.624	-1.376	-1.593	-9.272	0.289	-3.857	2.074	-3.826	3.765	-2.380
9	73.475	-3.747	-0.047	3.816	-4.913	-3.918	-2.669	-0.630	0.701	-6.657	-6.359	2.147	-0.850
10	79.828	-9.128	1.810	-3.565	-8.014	1.424	1.894	-2.905	-0.424	-1.760	5.709	0.074	-1.871
11	70.517	-2.244	-6.823	-1.645	-2.406	-3.713	-4.273	-1.497	-8.104	2.337	0.090	-4.564	6.665
12	76.436	-3.688	-2.201	-1.861	-5.469	4.699	4.094	-6.490	-1.157	0.318	-4.167	-1.434	0.778
13	58.877	-7.024	-0.434	-1.510	-2.107	-2.139	-4.977	-5.162	-3.700	-0.389	-1.965	2.187	1.052
14	73.089	-5.310	-9.024	0.117	-0.261	-8.182	-0.783	6.541	-6.277	-6.097	0.664	-11.048	-2.179
15	73.947	-1.895	-0.648	0.714	-5.462	-2.619	-2.742	-2.709	-3.332	-4.994	1.924	-5.351	-1.429

Proses ekstraksi ciri MFCC menghasilkan data nilai tidak pada skala yang sama, oleh karena itu dilakukan normalisasi dengan menggunakan Z-Score. Hasil normalisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Normalisasi Ekstraksi Ciri Pengguna Mustafa

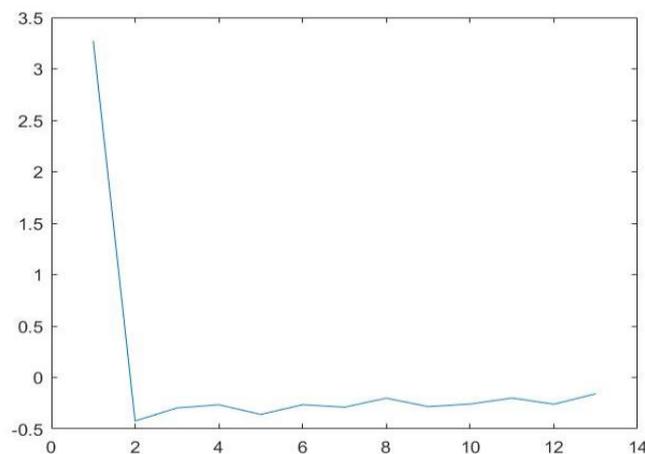
Sampel	MFCC1	MFCC2	MFCC3	MFCC4	MFCC5	MFCC6	MFCC7	MFCC8	MFCC9	MFCC10	MFCC11	MFCC12	MFCC13
1	3.280	-0.462	-0.285	-0.424	-0.392	-0.079	-0.587	-0.180	-0.079	-0.282	-0.004	-0.157	-0.349
2	3.235	-0.247	-0.627	-0.325	-0.288	-0.078	0.144	0.009	-0.553	-0.542	-0.212	-0.467	-0.050
3	3.288	-0.536	-0.196	-0.228	-0.436	-0.439	-0.245	-0.278	-0.125	-0.158	-0.419	-0.266	0.038
4	3.262	-0.297	-0.219	-0.215	-0.478	-0.386	-0.341	0.279	-0.237	-0.404	-0.262	-0.159	-0.542
5	3.259	-0.522	-0.418	-0.074	-0.224	-0.505	-0.266	-0.366	-0.395	-0.353	0.127	-0.340	0.075
6	3.249	-0.510	-0.084	-0.330	-0.410	-0.215	-0.695	-0.311	0.180	-0.092	-0.225	-0.389	-0.167
7	3.265	-0.600	-0.466	-0.498	-0.418	-0.150	-0.048	-0.187	-0.437	0.001	-0.251	-0.147	-0.063
8	3.278	-0.397	-0.144	-0.521	-0.226	-0.237	-0.599	-0.148	-0.343	-0.064	-0.342	0.016	-0.274
9	3.290	-0.360	-0.185	-0.003	-0.415	-0.368	-0.309	-0.213	-0.150	-0.498	-0.484	-0.082	-0.223
10	3.277	-0.611	-0.133	-0.368	-0.562	-0.150	-0.129	-0.339	-0.231	-0.289	0.037	-0.209	-0.294
11	3.284	-0.262	-0.486	-0.233	-0.270	-0.334	-0.361	-0.226	-0.548	-0.039	-0.149	-0.375	0.172
12	3.290	-0.380	-0.312	-0.296	-0.461	0.004	-0.023	-0.508	-0.264	-0.196	-0.402	-0.277	-0.175
13	3.291	-0.557	-0.172	-0.235	-0.270	-0.272	-0.438	-0.448	-0.363	-0.170	-0.262	-0.019	-0.085
14	3.246	-0.354	-0.525	-0.105	-0.122	-0.486	-0.146	0.190	-0.399	-0.390	-0.080	-0.618	-0.210
15	3.310	-0.253	-0.195	-0.131	-0.421	-0.287	-0.293	-0.291	-0.321	-0.399	-0.074	-0.416	-0.231

Setelah proses normalisasi sampel data suara, untuk mengetahui bentuk pola suara pengguna, maka langkah terakhir mencari nilai *mean* (rata-rata) dari 13 ciri yang ada pada data. Hasil nilai rata-rata normalisasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Mean Ekstraksi Ciri Pengguna Mustafa

Sampel	MFCC1	MFCC2	MFCC3	MFCC4	MFCC5	MFCC6	MFCC7	MFCC8	MFCC9	MFCC10	MFCC11	MFCC12	MFCC13
Mustafa	3.274	-0.423	-0.296	-0.266	-0.360	-0.265	-0.289	-0.201	-0.284	-0.258	-0.200	-0.260	-0.159

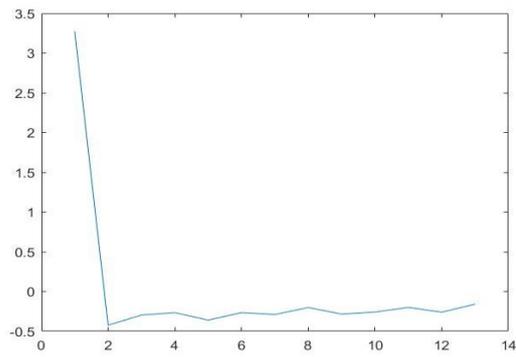
Tabel 3 adalah hasil ekstraksi ciri pengguna, yaitu untuk mencari bentuk pola suara dari 15 data sampel yang dilakukan oleh pengguna, sehingga didapatkan bentuk pola seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



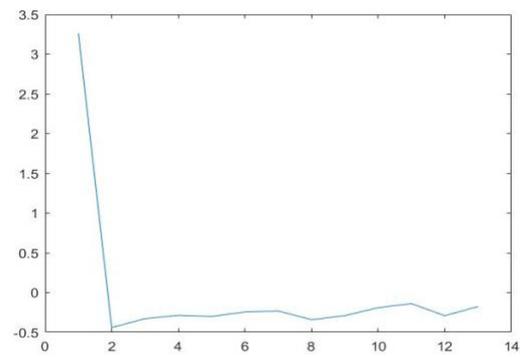
Gambar 5 Bentuk Sampel Pola Suara Pengguna

3.5 Hasil Bentuk Pola Suara 5 Pengguna dalam Bentuk Grafik

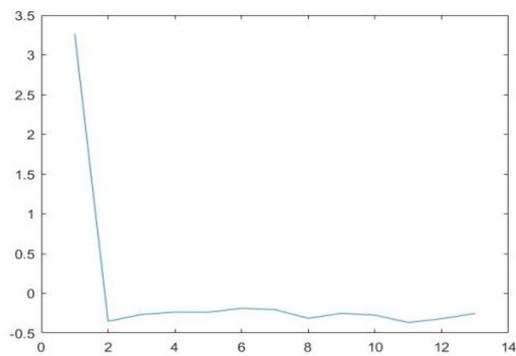
Setelah proses ekstraksi ciri berhasil dilakukan pada setiap pengguna yang berbeda, maka menghasilkan pola suara yang dapat dilihat pada Gambar 6-10.



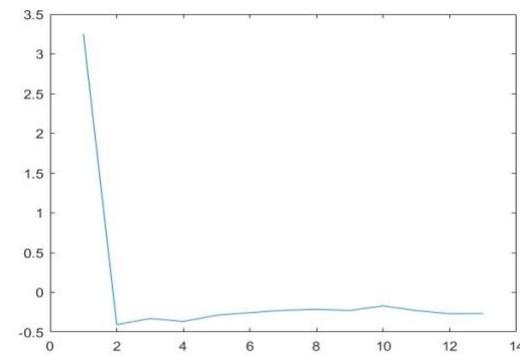
Gambar 6 Pola Suara Pengguna Mustafa



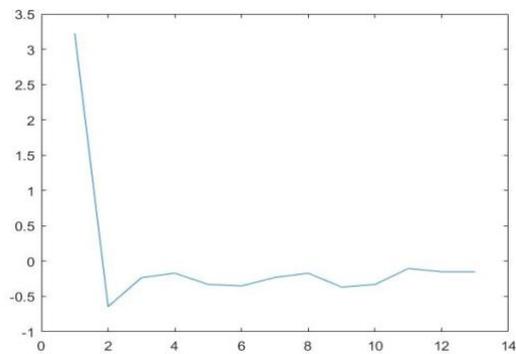
Gambar 7 Pola Suara Pengguna Dila



Gambar 8 Pola Suara Pengguna Bintang

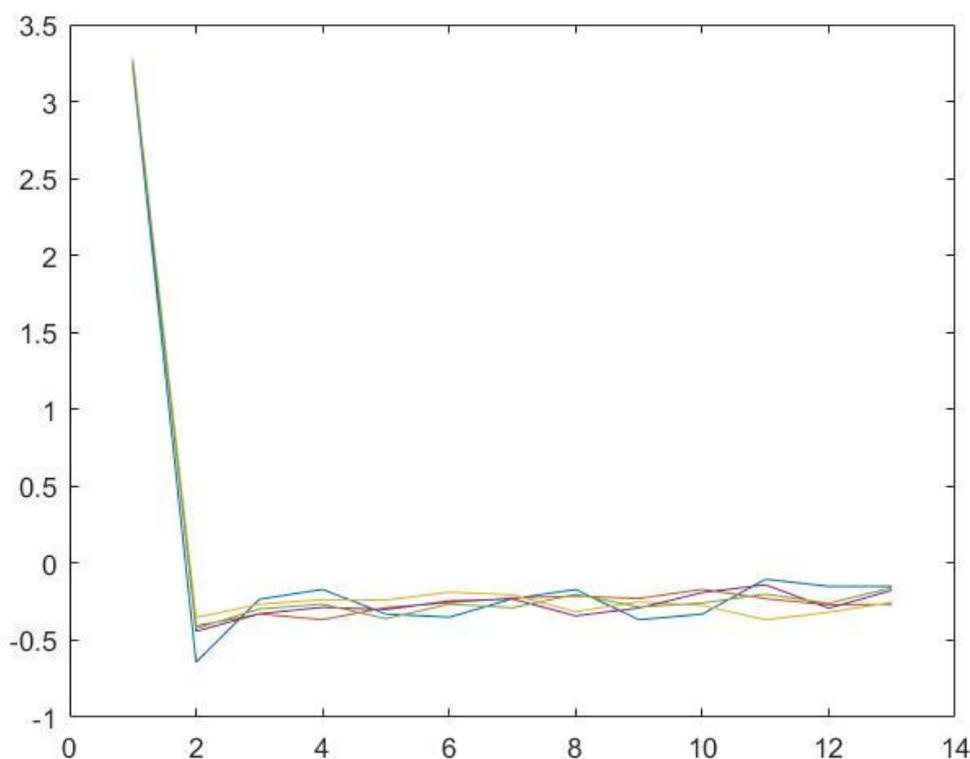


Gambar 9 Pola Suara Pengguna Ema



Gambar 10 Pola Suara Pengguna Hanif

Gambar 5 sampai 9, proses pre-ephasis dengan $\alpha=0.99$, filterbank = 30, dan koefisien = 12 menghasilkan bentuk pola yang berbeda untuk setiap penggunanya. Perbedaan bentuk pola suara 5 pengguna dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Perbedaan Pola Suara Pengguna

Berdasarkan pada Gambar 11 pengujian pola suara yang dilakukan oleh banyak pengguna dengan menggunakan MFCC (Melf-Frequency Cepstral Coefficient) memberikan hasil bentuk pola suara yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan pada penelitian, maka disimpulkan sebagai berikut ini:

1. *Mel Frequency Cepstrums Coeffiecients* (MFCC) adalah metode yang bagus untuk mengekstraksi ciri pada pengenalan pola suara karena setelah dilakukan pengujian dapat memberikan hasil bentuk pola suara yang berbeda dari setiap penggunanya.
2. Normalisasi *Z-Score* dapat digunakan untuk melakukan normalisasi hasil ekstraksi ciri dari metode MFCC.
3. Nilai parameter yang dipergunakan pada proses MFCC akan mempengaruhi hasil proses ekstraksi ciri MFCC itu sendiri.
4. Nilai parameter yang digunakan dalam proses pre-ephasis dengan $\alpha=0.99$, filterbank = 30, dan koefisien = 12 dapat menghasilkan bentuk pola yang berbeda setiap penggunanya.

5. SARAN

Penelitian yang telah dilakukan oleh penulis masih memiliki kekurangan-kekurangan. Oleh sebab itu, saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan sebagai sampel lebih banyak lagi, baik data pengguna maupun data sampel suara yang diucapkan.
2. Penggunaan parameter yang lebih variatif, agar bentuk pola yang didapat lebih terlihat jelas bentuk perbedaan antara pengguna satu dengan pengguna lainnya.
3. Penggunaan metode ekstraksi ciri selain *Mel Frequency Cepstrums Coeffieicients* untuk mengetahui hasil ciri yang didapatkan, sehingga dapat dilakukan analisis perbandingan kedua metode ekstraksi ciri tersebut.
4. Hasil dari pola suara dari ekstraksi ciri menggunakan MFCC selanjutnya dapat dijadikan bahan untuk proses klasifikasi, sehingga dapat mengidentifikasi suara pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Putra. Darma. 2009. *Sistem Biometrika*. Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- [2] Agustini, Ketut., 2007, Biometrik Suara Dengan Transformasi Wavelet Berbasis Orthogonal Daubenchies, *Gematek Jurnal Teknik Komputer*, vol 9, no.2 , hal 50-56.
- [3] Agustina, Ina., Fauziyah, dan Gunaryati, Aris., 2016, Biometrik Pola Suara Dengan Jaringan Saraf Tiruan, *Jurnal Teknik Informatika*, vol 9, no.2, hal 140-147.
- [4] A. D. Andriana, "Perangkat Lunak Untuk Membuka Aplikasi Pada Komputer Dengan Perintah Suara Menggunakan Metode Mel Frequency Cepstrum Coefficients," *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 22-26, 2013.
- [5] Masykur, F., dan Prasetyowati, F., Aplikasi Rumah Pintar (*Smart Home*) Pengendali Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Web, *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 3, No.1, Hal. 51-58, 2016.
- [6] Sharma, S., Anupam, S., dan Pankaj, M., Speaker and Gender Identification on Indian Languages Using Multilingual Speech, *International Journal of Innovative Science, Engineering, and Technology*, Vol.1, No.4, hal. 522-525, India, 2014.
- [7] Ariyanti, S., Adi S, S., dan Purbawanto, S., Sistem Buka Tutup Pintu Otomatis Berbasis Suara Manusia, *ELINVO (Electonic, Informatics, and Vocational Education)*, May 2018, 3(1), pp.83-91.
- [8] Prananda, Y, E., Triyanto, E., dan Suhardi, Rancang Bangun Sistem Kendali Lampu Menggunakan Sensor Suara Berbasis Arduino dengan Aplikasi Pemantauan Pada Smartphone Android, *Jurnal Coding Sistem Komputer Untan*, Vol.05, No.2, Hal. 25-35, 2017.
- [9] Putra, M., Akbar, S., dan Setyawan, G., Perancangan Sistem Keamanan Pada Smart Home Menggunakan Voice Command dengan Konektivitas Bluetooth, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol.2, No.12, Hal.7417-7426, 2018.
- [10] A. Zabidi, W. Mansor, L. Y. Khuan, R. Sahak dan F. Y. Abd Rahman, "Mel-Frequency Cepstrum Coefficient Analysis of Infant Cry with Hypothyroidism," *International Colloquium on Signal Processing & Its Applications*, pp. 204-208, 2009.
- [11] Helmiyah, S. Fadlil, A. dan Yudhana. A, "Ekstraksi Ciri Emosi Manusia Berdasarkan Ucapan Menggunakan Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)", dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SNST UNWAHAS),2018.

-
- [12] Gustina, S., Fadlil, A., dan Umar, R. Sistem Identifikasi Jamur Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Statistik Orde 1 dan Klasifikasi Jarak, *Techno.COM*, Vol 16, No. 4, November 2017: 378-386.
- [13] Riyanto, E., dan Sutejo, 2014, Perbandingan Metode Ekstraksi Ciri Suara MFCC, ZCPA, dan LPC, *HIMSYATECH-Jurnal Teknologi Informasi*, volume 10, no.1.
- [14] Sanjaya, M., dan Salleh, Z., 2014, Implementasi Pengenalan Pola Suara Menggunakan Mel Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Adaptive Neuro-Fuzzy Inferense System (ANFIS) sebagai Kontrol Lampu Otomatis, *ALHAZEN Jurnal of Physic*, vol 1, hal 43-54.