

Ekstraksi Ciri Pelafalan Huruf Hijaiyyah Dengan Metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients*

YOULLIA INDRAWATY¹, IRMA AMELIA DEWI², RIZKI LUKMAN³

Institut Teknologi Nasional Bandung
Email : rizkilap@gmail.com

ABSTRAK

Huruf hijaiyyah merupakan huruf penyusun ayat dalam Al Qur'an. Setiap huruf hijaiyyah memiliki karakteristik pelafalan yang berbeda. Tetapi dalam praktiknya, ketika membaca huruf hijaiyyah terkadang tidak memperhatikan kaidah bacaan makhrijul huruf. Makhrijul huruf adalah cara melafalkan atau tempat keluarnya huruf hijaiyyah. Dengan adanya teknologi pengenalan suara, dalam melafalkan huruf hijaiyyah dapat dilihat perbedaannya secara kuantitatif melalui sistem. Terdapat dua tahapan agar suara dapat dikenali, dengan terlebih dahulu melakukan ekstraksi sinyal suara selanjutnya melakukan identifikasi suara atau bacaan. MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) merupakan sebuah metode untuk melakukan ekstraksi ciri yang menghasilkan nilai cepstral dari sinyal suara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai cepstral pada setiap huruf hijaiyyah. Hasil pengujian yang telah dilakukan, setiap huruf hijaiyyah memiliki nilai cepstral yang berbeda.

Kata kunci: Huruf hijaiyyah, Speech Recognition, MFCC

ABSTRACT

The hijaiyyah is the one verse forming in the Qur 'an. Each hijaiyyah letter has different pronunciation characteristics. But in practice, when reading Hijaiyyah letters sometimes do not pay attention to the rules of reading Makhrijul letters. Makhrijul letters are a way to pronounce the hijaiyyah letters. Makhrijul letter is a way to pronounce the hijaiyyah letters. With Speech Recognition technology, in pronouncing hijaiyyah letters, the difference can be seen quantitatively through the system. There are two stages of making the sound identifiable, first performing an extraction of the sound signal next doing voice identification. MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients) is a method of creating a characteristic process that results in the cepstral value of the signal. The study was meant to find out the cepstral value in each of the hijaiyyah letters. The test results have already been done, each hijaiyyah letter has a different cepstral value.

Keywords: Hijaiyyah Letters, Speech Recognition, MFCC

1. PENDAHULUAN

Makhoriul huruf merupakan cara melafalkan atau tempat keluarnya huruf hijaiyyah, dimana dalam membaca Al-Qur'an makhoriul huruf harus diketahui dan benar-benar dipahami dalam rangka untuk menciptakan bacaan Al-Qur'an yang baik dan benar (**Ahmad, Dadan, 2013**). Dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat ucapan manusia dapat dikenali oleh komputer. Salah satu teknologi yang mendukung adalah *speech recognition* (pengenalan ucapan).

Speech Recognition merupakan salah satu teknik untuk mengenali suara ucapan dengan menerima masukan berupa huruf atau kata yang diucapkan sampai ucapan dikenali atau diidentifikasi sehingga dapat dimanfaatkan dalam sebuah aplikasi pengenalan ucapan (**Triansyah, Ersa, 2015**). Terdapat beberapa metode agar suara yang diucapkan dapat dikenali oleh komputer, salah satunya dengan menggunakan metode *Mel-frequency cepstral coefficients* (MFCC).

MFCC 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 sinyal suara menjadi beberapa parameter (**Manunggal, 2005**). MFCC membantu untuk mengetahui nilai *cepstral* pada suara dihasilkan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat sistem untuk mengetahui nilai ekstraksi ciri dari setiap huruf hijaiyyah dengan menggunakan metode MFCC sebagai ekstraksi suara.

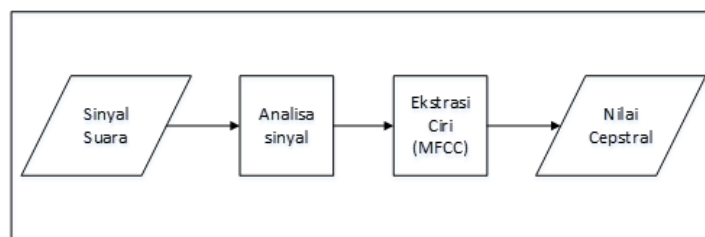
Adapun ruang lingkup penelitian yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Huruf hijaiyyah yang dibahas sebanyak 28 huruf dengan tanda baca *fathah*,
2. Pelafalan huruf hijaiyyah dilakukan oleh orang dewasa,
3. Durasi pengucapan selama 2 detik,
4. Frekuensi *sampling* standar 44100Hz,
5. Jenis suara yang digunakan *mono*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram

Perancangan sistem yang dibangun tersebut meliputi tahapan yang dijelaskan pada Gambar 1.

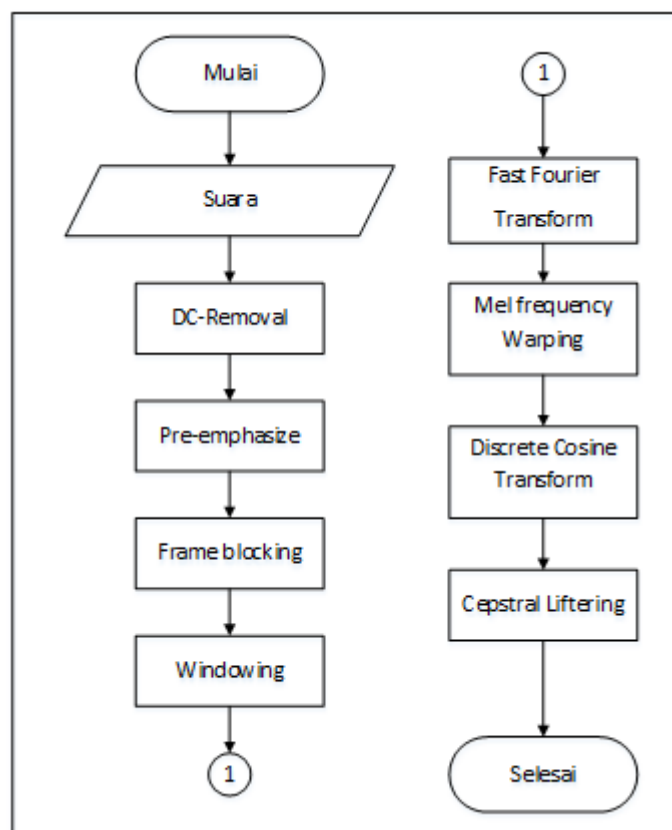


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 1, ditunjukkan blok diagram pada sistem yang dibangun. Sinyal suara yang telah direkam akan dianalisa terlebih dahulu, selanjutnya melakukan proses ekstraksi ciri menggunakan metode MFCC dan hasil akhirnya berupa nilai *cepstral*.

2.2. Flowchart MFCC

Untuk proses MFCC ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan sehingga didapatkan nilai ekstraksi ciri. Pada Gambar 2 dijelaskan alur proses dari MFCC.



Gambar 2. Flowchart MFCC

Pada Gambar 2 merupakan tahapan-tahapan yang digunakan dalam proses *feature extraction* MFCC berikut penjelasannya:

1. Sinyal ucapan di rekam melalui *microphone* pada *smartphone* yang disimpan dalam format *.mp3*,
2. Melakukan proses *DC-Removal* untuk mendapatkan nilai normalisasi dari sampel sinyal.
3. Melakukan proses *Pre-emphasize* untuk memperbaiki sinyal dari *noise* (bising).
4. Melakukan proses *Frame Blocking* bertujuan untuk membagi sampel sinyal menjadi beberapa *frame*.
5. Melakukan proses *Windowing* untuk mengurangi efek *aliasing* pada ujung-ujung *frame* yang dihasilkan oleh proses *frame blocking*.
6. Melakukan proses FFT (*Fast Fourier Transform*) sehingga diperoleh sampel sinyal dalam frekuensi domain.
7. Melakukan proses *Mel Frequency Waring* untuk untuk mendapatkan nilai *diskrit* dari sinyal untuk proses DCT (*Discrete Cosine Transform*).
8. Melakukan proses DCT untuk mendapatkan *mel cepstrums*.
9. Melakukan proses *Cepstral Liftering*, bertujuan menghaluskan *spectrum* sinyal.
10. Spectrum sinyal yang telah hasil bernilai *cepstral coefficient* digunakan sebagai fitur ekstraksi.

2.3. Penerapan Proses MFCC

Data sinyal suara diperoleh dengan cara merekam suara melalui mikrofon yang dihubungkan dengan komputer. Perekaman suara yang dilakukan dalam aplikasi menggunakan frekuensi *sampling* standar 44100Hz. Suara dengan format *.mp3* ini dapat menggunakan 16 *bits/sample* dan 1 untuk *channel mono*. Durasi suara yang direkam apabila lebih pendek lebih mudah untuk diambil perbedaannya. Dalam analisis ini digunakan contoh durasi rekaman yang diambil adalah 2 detik. Penghitungan untuk menentukan data *sampling*:

$$X = FS \times dt(\text{detik}) \times \left(\frac{\text{bit}}{8}\right) \times j \dots\dots(1)$$

Keterangan:

X = Data *sampling* sinyal

Fs = Frekuensi *sampling*

bit = Jumlah bit resolusi

dt = Durasi rekaman (detik)

j = *Channel (mono = 1)*

Perhitungan pada proses akuisi data untuk pengambilan *sampling* adalah:

$$X = 44100 \times 2 \times \left(\frac{16}{8}\right) \times 1 = 176400 \text{ byte}$$

Untuk menghitung *sample rate*, gunakan cara $\frac{FS}{Ts}$ dengan waktu 2s maka didapatkan

$$\frac{FS}{Ts} = \frac{176400}{2} = 88200 \text{ Hz.}$$

1. DC-Removal

DC-Removal 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. Input dari proses ini adalah sample suara dalam bentuk *array* dan keluarannya adalah *array* sampel suara yang sudah dinormalisasi.

Untuk menghitung *DC Removal* maka untuk sampel data sinyal sebagai berikut (9, 11, 13, 10, 15, 22, 14, 7) adalah

Hitung Sampel sinyal uji:

$$\bar{x} = \frac{9+11+13+10+15+22+14+7}{8} = \dots\dots(2)$$

Setelah nilai rata-rata diketahui, kurangkan nilai sinyal awal dengan hasil *DC Removal*/sehingga nilai sinyal menjadi:

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

Keterangan :

y[n]= sampel sinyal hasil proses *DC-Removal*

x[n]= sampel sinyal asli

\bar{x} =Nilai rata-rata sampel sinyal asli

N = Panjang sinyal

Proses ini menggunakan Persamaan 3 perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} y_0 &= 9 - 12,6 = -3,6 & y_4 &= 15 - 12,6 = 2,4 \\ y_1 &= 11 - 12,6 = -1,6 & y_5 &= 22 - 12,6 = 9,4 \\ y_2 &= 13 - 12,6 = 0,4 & y_6 &= 14 - 12,6 = 1,4 \\ y_3 &= 10 - 12,6 = -2,6 & y_7 &= 7 - 12,6 = -5,6 \end{aligned}$$

Sehingga hasil data sinyal setelah dilakukan *DC Removal* adalah : (- 3,6 , - 1,6 , 0,4 , - 2,6 , 2,4 , 9,4, 1,4 , - 5,6)

2. Pre-Emphasize

Pre-emphasize dilakukan untuk memperbaiki sinyal dari gangguan *noise*, sehingga dapat meningkatkan tingkat akurasi dari proses *feature extraction*. Default nilai *alpha* yang digunakan dalam proses ini adalah 0.97 .

Dalam melakukan penghitungan *pre-emphasize* dengan data hasil dari *DC- removal* (-3,6 , -1,6 , 0,4 , -2,6 , 2,4 , 9,4, 1,4 , -5,6) diketahui $\alpha = 0,97$.

$$y[n] = s[n] - \alpha s[n - 1] , 0.9 \leq \alpha$$

Keterangan :

$y[n]$ = sinyal hasil *pre-emphasize filter*

$s[n]$ = sinyal sebelum *pre-emphasize*

$$Y_0 = -3.6$$

$$4,922$$

$$Y_1 = (-1,6 - (-3,6 * 0,97)) = 1,892$$

$$7,072$$

$$Y_2 = (0,4 - (-1,6 * 0,97)) = 1,952$$

$$7,718$$

$$Y_3 = (-2,6 - (0,4 * 0,97)) = -2,988$$

$$6,958$$

$$Y_4 = (2,4 - (-2,6 * 0,97)) =$$

$$7,322$$

$$Y_5 = (9,4 - (2,4 * 0,97)) =$$

$$16,472$$

$$Y_6 = (1,4 - (9,4 * 0,97)) = -$$

$$7,718$$

$$Y_7 = (-5,6 - (1,4 * 0,97)) = -$$

$$6,958$$

Data sinyal baru adalah data sinyal sebelum proses *pre-emphasis* ditambah dengan data hasil *pre-emphasis* Persamaan 4. Sehingga sinyal setelah *pre-emphasis* :

$$N_n = N_n + Y_n \dots(5)$$

N_n = N_n baru

Y_n = signal hasil dari *pre-emphasize*

N_n = N_n lama(hasil nilai *pre-emphasize*)

$$N_0 = -3,6 + (-3,6) = -7,2$$

$$N_1 = -1,6 + (1,892) = 0,292$$

$$N_2 = 0,4 + (1,952) = 2,867$$

$$N_3 = -2,6 + (-2,988) = -2,352$$

$$N_4 = 2,4 + (4,922) = 7,322$$

$$N_5 = 9,4 + (7,072) = 16,472$$

$$N_6 = 1,4 + (-7,718) = -6,318$$

$$N_7 = -5,6 + (-6,958) = -12,558$$

Begitu juga dengan data yang lainnya, sehingga didapatkan nilai sinyal setelah *pre-emphasis* adalah :

(-7,2 , 0,292 , 2,867 , -2,352 , 7,322 , 16,472 , -6,318 , -12,558)

3. Frame Blocking

Hasil perekaman suara merupakan sinyal *analog* yang masih bergantung terhadap waktu atau sering disebut *variant time*. Oleh karena itu sinyal tersebut harus dipotong-potong dalam slot-slot waktu tertentu agar bisa dianggap *invariant*.

Frame blocking adalah suatu proses yang bertujuan untuk membagi sampel suara menjadi beberapa *frame* atau slot dengan panjang tertentu. Pada penelitian yang dilakukan sinyal suara akan dipotong sepanjang 20 ms disertai pergeseran sepanjang 10ms.

Pada *frame blocking* melanjutkan perhitungan sebelumnya, pada tugas akhir ini data yang dibuat dengan waktu = 20 ms dan *sampel rate*=88200 Hz, $N = 88200 * 0,02 = 1764$ Sample Point dan $M = 1764/2 = 882$.

Waktu = 20 ms = 0,02 s.

$I = 88200$ Hz hasil dari *sample rate*

$N =$ *sampel point*

$$\text{jumlah frame} = ((I - N) / M + 1)$$

$$\text{Jumlah frame} = ((88200 - 1764) / 882 + 1) = 99$$

4. Windowing

Ada banyak fungsi *windowing* namun yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hamming window* karena mempunyai hasil yang lebih baik dalam pembatasan sinyal yang akan dianalisis. Proses *windowing* berfungsi untuk mengurangi efek *diskontinuitas* pada ujung-ujung *frame* yang dihasilkan oleh proses *frame blocking*. Berdasarkan Persamaan 7, maka penghitungan *Hamming window* dengan sampel *point* 1764, sebagai berikut :

$$W(n) = 0.54 - 0.46 * \cos(2 * \pi * j) / (N - 1)$$

$$W_0 = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2 \times 3.14 \times 0}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_4 = 0.54 - 0.46 \cos$$

$$\frac{2 \times 3.14 \times 5}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_1 = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2 \times 3.14 \times 1}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_5 = 0.54 - 0.46 \cos$$

$$\frac{2 \times 3.14 \times 6}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_2 = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2 \times 3.14 \times 2}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_6 = 0.54 - 0.46 \cos$$

$$\frac{2 \times 3.14 \times 7}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_3 = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2 \times 3.14 \times 3}{1764 - 1} = 0.08$$

$$W_7 = 0.54 - 0.46 \cos$$

$$\frac{2 \times 3.14 \times 8}{1764 - 1} = 0.08$$

Selanjutnya melakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 8, sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut:

$$x(n) = x_i(n) * w(n) \quad , n = 0.1, \dots, N - 1 \quad \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

$x(n)$ = nilai sampel sinyal

N = *frame size*, merupakan kelipatan 2

$x_i(n)$ = nilai sampel dari *frame* sinyal ke-1

$w(n)$ = fungsi *window*

$$X_0 = -7,2 * 0.08 = -0,58$$

$$X_4 = 7,322 * 0.08 = 0,59$$

$$X_1 = -0,292 * 0.08 = 0,01$$

$$X_5 = 16,472 * 0.08 = 1,32$$

$$X_2 = 2,867 * 0.08 = 0.23$$

$$X_6 = -6,318 * 0.08 = -0,51$$

$$X_3 = 2,352 * 0.08 = 0.19$$

$$X_7 = -12,558 * 0.08 = -1,005$$

Sehingga dan diperoleh nilai sebagai berikut : (-0,58 , 0,01 , 0,23 , 0,19 , 0,59 , 1,32 , -0,51 , -1,005)

Maka penghitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H_0 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,031/2 = 16128,80 \\
 H_1 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,061/2 = 8196,60 \\
 H_2 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,092/2 = 5434,70 \\
 H_3 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,123//2 = 4064,98 \\
 H_5 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,184/2 = 2717,35 \\
 H_6 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,197/2 = 2538,03 \\
 H_7 &= 2595 \cdot \log(1+1000/700) / 0,245//2 = 2040,79
 \end{aligned}$$

Maka penghitungan *filterbank* sebagai berikut :

$$Y[t] = \sum_{j=1}^N S[j] H_i [j] \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- N = jumlah *magnitude spectrum* ($N \in N$)
- S[j] = Magnitude spectrum pada frekuensi j
- H_i[j] = koefisien *filterbank* pada frekuensi j ($1 \leq i \leq M$)
- M = jumlah *channel* dalam *filterbank*

$$\begin{aligned}
 Y_0 &= 0,031 \cdot 16128,80 = 499.99 & Y_4 &= 0,153 \cdot 3267,93 = 499.99 \\
 Y_1 &= 0,061 \cdot 8196,60 = 499.99 & Y_5 &= 0,184 \cdot 2717,35 = 499.99 \\
 Y_2 &= 0,092 \cdot 5434,70 = 499.99 & Y_6 &= 0,197 \cdot 2538,03 = 499.99 \\
 Y_3 &= 0,123 \cdot 4064,98 = 499.99 & Y_7 &= 0,245 \cdot 2040,79 = 499.99
 \end{aligned}$$

7. Algoritma Discrete Cosine Transform (DCT)

Proses DCT adalah langkah terakhir dari proses *feature extraction*. Melalui proses ini akan diperoleh beberapa nilai yang merupakan dimensi dari *vector* yang bersangkutan.

Berdasarkan Persamaan 12 maka untuk melakukan penghitungan DCT sebagai berikut :

Nilai hasil *filterbank* = (499.99 , 499.99 , 499.99 , 499.99 , 499.99 , 499.99 , 499.99 , 499.99)
 Koef (k) = 8

$$C_n = \sum_{k=1}^k (\log SK) \cos \left[n \left(K - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{k} \right] \dots(12)$$

Keterangan :

- SK= keluaran dari proses *filterbank* pada *index* K
- K= jumlah koefisien yang diharapkan

Untuk n = 0 maka,

$$\begin{aligned}
 C_0 &= \log(499.99) \cos[0(0-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(1-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(2-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(3-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(4-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(5-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(6-1/2)3.14/8] + \\
 &\log(499.99) \cos[0(7-1/2)3.14/8] \\
 &= 21.592
 \end{aligned}$$

Lakukan perhitungan sama sampai C₇, sehingga didapatkan nilai (21.592, 5.304, -0.008, 4.494, 2.906, 2.996, 0.010, 1.043)

8. Cepstral Liftering

Hasil dari proses DCT adalah *cepstrums* yang sebenarnya sudah merupakan hasil akhir dari proses *feature extraction*. Tetapi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa untuk dapat meningkatkan kualitas pengenalan, maka *cepstrums* hasil dari proses DCT harus melewati proses *cepstral liftering*.

Berdasarkan Persamaan 13 maka untuk melakukan penghitungan *Cepstral Liftering* sebagai berikut :

$$W[n] = \begin{cases} \frac{L}{2} \sin\left(\frac{n\pi}{L}\right), & n = 1, 2, \dots, L \\ 0 & \end{cases}$$

Nilai Hasil DCT = (21.592, 5.304, -0.008, 4.494, 2.906, 2.996, 0.010, 1.043)

Sehingga:

$$\begin{aligned} W_1 &= 21.592 * 8/2 * \sin(1 * 3.14/8) = 0.5917 & W_5 &= 2.906 * 8/2 * \sin(5 * 3.14/8) \\ &= 0.3978 & & \\ W_2 &= 5.304 * 8/2 * \sin(2 * 3.14/8) = 0.2907 & W_6 &= 2.996 * 8/2 * \sin(6 * 3.14/8) \\ &= 0.4924 & & \\ W_3 &= -0.008 * 8/2 * \sin(3 * 3.14/8) = -0.0007 & W_7 &= 0.010 * 8/2 * \sin(7 * 3.14/8) \\ &= 0.0019 & & \\ W_4 &= 4.494 * 8/2 * \sin(4 * 3.14/8) = 0.4925 & W_8 &= 1.043 * 8/2 * \sin(8 * 3.14/8) \\ &= 0.2285 & & \end{aligned}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan mengucapkan seluruh huruf hijaiyyah yang dilakukan oleh suara laki-laki. Dan didapatkan nilai ekstraksi ciri pada tabel berikut:

Tabel 1. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /a/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /a/				
-49.415627	4.6025367	3.7764504	4.6324067	2.2539566
-19.603992	-7.649221	-4.322	-2.805502	-2.7494075
-0.9955674	4.0762067	3.261625	4.2760873	2.896796
-4.481654	-4.3630357	-4.3545766	-1.9089619	-2.9616673
8.591028	3.5876276	3.3489664	2.3986554	2.2152941
3.83546	-4.242295	-4.2981215	-2.8023164	-1.7102306
2.0533178	4.738666	4.242403	3.024245	1.6247779
-2.6351454	-4.049485	-3.1217382	-3.5239003	-2.3653364

Tabel 1 adalah nilai ekstraksi huruf /a/ dengan range nilai -49.415627 sampai 8.591028.

Tabel 2. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ba/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ba/				
-62.509323	2.193612	3.1608431	4.4871116	2.133211
-26.217062	-5.8374753	-4.307515	-2.7739506	-2.6769571
7.337936	1.4483207	3.1336215	4.3060665	2.8263094
9.864458	-2.467735	-4.185477	-1.84825	-2.9058812
11.092244	3.2555027	3.101538	2.4720087	2.1532943
-4.371674	-2.8249283	-3.9833858	-2.7368774	-1.6175331
8.94634	3.9982722	4.0760503	3.0351052	1.5275658
-4.4427786	-3.4227393	-3.1194801	-3.514222	-2.3073857

Tabel 2 adalah nilai ekstraksi huruf /ba/ dengan range nilai -69.509323 sampai 11.092244.

Tabel 3. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ta/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ta/				
-59.53147	5.5429	4.0141215	4.6829176	2.3727767
-18.866007	-5.5923986	-4.4439235	-2.8373168	-2.858303
10.77782	4.968948	3.5382643	4.338176	3.0385022
2.1707792	-5.666702	-4.3883576	-1.9726893	-3.076661
-0.3963981	4.7082267	3.374131	2.4532492	2.332378
-1.0516256	-5.2180967	-4.3017564	-2.9362571	-1.8082172
4.486198	4.555715	4.2164717	3.1273534	1.7086031
-6.420867	-4.1581264	-3.1362813	-3.6710255	-2.4695728

Tabel 3 adalah nilai ekstraksi huruf /ta/ dengan range nilai -59.53147 sampai 10.77782.

Tabel 4. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /tsa/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /tsa/				
-56.416035	2.8057928	3.649088	4.6352754	2.1257656
-15.511372	-3.015296	-4.240742	-2.8302636	-2.609881
7.4626427	2.0365033	3.268242	4.3460555	2.83648
-4.981326	-2.343055	-4.0041823	-2.0253365	-2.91294
3.5800834	2.055424	2.8880937	2.3861823	2.1792274
-8.124246	-3.6164513	-3.7848241	-2.8147118	-1.6480619
10.1884775	4.088292	3.992194	2.9379878	1.5442922
-4.8062983	-3.8581405	-2.9705708	-3.4354353	-2.2941139

Tabel 4 adalah nilai ekstraksi huruf /tsa/ dengan range nilai -56.416035 sampai 10.1884775.

Tabel 5. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ja/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ja/				
-50.15012	7.6478157	3.3252146	3.8738623	1.9800885
-18.527628	-0.2578583	-5.6534407	-1.8888113	-2.24846
-1.5837601	2.3206778	3.513864	3.9629726	2.3426943
-9.089347	-0.4474030	-4.8764076	-1.9183376	-2.3303714
4.675037	0.23011446	3.0948877	2.570113	1.737176
-4.63631	-1.8344779	-3.201564	-3.184753	-1.304827
16.55757	1.9456244	3.3254504	3.1474614	1.3952974
-4.7923503	-4.4193454	-1.5719311	-3.5247436	-2.3096642

Tabel 5 adalah nilai ekstraksi huruf /ja/ dengan range nilai -50.15012 sampai 16.55757.

Tabel 6. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ha/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ha/				
-39.74047	5.108149	3.713051	4.9069176	2.406864
-6.7758193	-4.9553504	-4.3824673	-3.0446715	-2.87462
9.273849	3.6339083	3.5182383	4.498935	3.0397112
-5.242606	-4.5011444	-4.434601	-2.1366563	-3.0731292
1.7902313	3.9884171	3.4978342	2.5800028	2.3304737
-1.0834247	-4.5693254	-4.4394126	-3.0461643	-1.8017211
4.643169	4.07717	4.4405704	3.1990066	1.6908066
-5.1965823	-3.7129006	-3.3354704	-3.708943	-2.443406

Tabel 6 adalah nilai ekstraksi huruf /ha/ dengan range nilai -39.74047 sampai 9.273849.

Tabel 7. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /kho/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /kho/				
-26.627468	3.4800131	2.8498673	4.260675	1.9093782
-23.451506	-4.748908	-3.5594115	-2.4093518	-2.4029958

5.651264	3.1695044	2.7482507	3.8793237	2.5973516
-5.9179645	-3.4506092	-3.6817105	-1.5499057	-2.6602874
5.9395785	2.76584	2.7269187	1.9954317	1.9433293
-1.1548873	-3.583186	-3.6726344	-2.4807074	-1.4396602
1.9722831	3.320875	3.7496734	2.6556458	1.3606619
-2.7025642	-2.9809477	-2.681506	-3.1920152	-2.1268994

Tabel 7 adalah nilai ekstraksi huruf /kho/ dengan range nilai -26.627468 sampai 5.9395785.

Tabel 8. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /da/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /da/				
-46.1354	3.3730395	3.5046775	4.7892947	2.2970936
-27.700619	-4.4708714	-4.111706	-2.9124656	-2.7768402
6.7052026	3.4930863	3.4792569	4.403771	2.9488475
1.1394407	-3.6759226	-4.3308363	-2.0226142	-2.9789886
3.0844605	3.349221	3.3210762	2.4609396	2.2413464
0.34790817	-4.5330443	-4.351767	-2.9289575	-1.7163968
0.6762019	3.7165282	4.2827616	3.0765774	1.6236539
-5.0430675	-3.6234102	-3.2567792	-3.6172738	-2.3781385

Tabel 8 adalah nilai ekstraksi huruf /da/ dengan range nilai -46.1354 sampai 6.7052026.

Tabel 9. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /dza/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /dza/				
-33.136375	1.9852728	3.0638223	4.477985	2.0515857
-32.32397	-4.342399	-3.6630282	-2.5892947	-2.5418801
4.139538	3.596941	3.1122913	4.111105	2.7365294
-0.1684953	-3.23173	-3.8919172	-1.7336552	-2.7855906
7.5514307	2.894627	2.9056997	2.1804335	2.0611036
-1.2793803	-3.9677634	-3.9812906	-2.663994	-1.5456678
0.19898011	3.1662471	3.9151068	2.8139412	1.456923
-3.8984625	-3.2882783	-2.946794	-3.3658228	-2.2165089

Tabel 9 adalah nilai ekstraksi huruf /dza/ dengan range nilai -33.136375 sampai 7.5514307.

Tabel 10. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ro/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ro/				
-39.657658	5.1744967	3.1861808	4.838895	2.3530746
-3.1033614	-4.0455093	-4.568729	-2.906254	-2.839815
13.446161	1.1953301	3.6540017	4.3838215	2.9721303
-18.686764	-3.5824049	-4.1855407	-2.1548963	-2.9841287
1.376976	4.2783575	3.115229	2.5282414	2.2688682
1.5603633	-5.1396537	-4.189801	-2.9841006	-1.7462224
0.4386713	3.517516	4.511389	3.0421085	1.6524414
-5.3144875	-2.7875655	-3.351448	-3.6163168	-2.384108

Tabel 10 adalah nilai ekstraksi huruf /ro/ dengan range nilai -39.657658 sampai 13.446161.

Tabel 11. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /za/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /za/				
-35.059204	3.7640839	3.7043853	4.370575	2.061718
-10.566767	-4.0682592	-4.419966	-2.6342363	-2.5407462
0.6063767	1.6407088	3.464878	4.252611	2.7290163
0.81888944	-1.8731892	-4.1254053	-1.8937496	-2.8148808

12.643252	2.040342	2.920006	2.444565	2.0956097
-6.713334	-3.1029258	-3.799	-2.81377	-1.5941916
9.448453	3.5989363	3.7158568	2.9682865	1.4937068
-6.718981	-3.6641328	-2.8013105	-3.4152138	-2.2650702

Tabel 11 adalah nilai ekstraksi huruf /za/ dengan range nilai -35.059204 sampai 12.643252.

Tabel 12. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /sa/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /sa/				
-7.1992006	4.386933	3.6631854	4.9330316	2.4089832
-1.9514581	-5.2261996	-4.374021	-3.044282	-2.8773391
-0.3420798	3.8089812	3.5602694	4.4885936	3.05187
-3.1627421	-4.4860067	-4.481324	-2.1690266	-3.0897894
2.468004	3.7212715	3.526557	2.5876474	2.3485465
-4.1309066	-4.532647	-4.422542	-3.082932	-1.8058484
4.3643255	4.1429834	4.4963717	3.212366	1.6927254
-4.251176	-3.7816792	-3.3664932	-3.729584	-2.431373

Tabel 12 adalah nilai ekstraksi huruf /sa/ dengan range nilai -7.1992006 sampai 4.9330316.

Tabel 13. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /sya/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /sya/				
-35.006714	3.5301523	3.0914106	4.4894633	2.0807319
-27.410875	-4.630751	-3.8719149	-2.6208246	-2.5608177
-1.9674258	3.195917	3.0318706	4.0726123	2.7544012
-3.135424	-3.8458726	-3.9818065	-1.7843412	-2.8066523
2.2899249	3.147408	3.033359	2.1775677	2.0789015
-2.0743253	-3.9172037	-3.907779	-2.6940718	-1.5558351
3.4952805	3.6217625	4.0491986	2.843225	1.4770422
-3.3408148	-3.257935	-2.891919	-3.3803096	-2.2314336

Tabel 13 adalah nilai ekstraksi huruf /sya/ dengan range nilai -35.006714 sampai 4.4894633.

Tabel 14. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /so/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /so/				
-10.482418	3.0146086	4.0382733	5.4440994	2.7631826
-9.10919	-4.537568	-4.8375616	-3.5407872	-3.2116542
-5.9737444	3.4620564	4.0477467	4.962955	3.3703475
-1.3315679	-4.3712707	-4.991743	-2.6358519	-3.3908157
2.5565019	3.7771308	4.0425014	3.0220113	2.6278563
-2.5800295	-4.702185	-4.9321876	-3.502905	-2.0599837
2.4471078	4.4106154	5.0337086	3.610555	1.9271944
-2.6145844	-4.1243987	-3.885724	-4.1060367	-2.639049

Tabel 14 adalah nilai ekstraksi huruf /so/ dengan range nilai -10.482418 sampai 5.4440994.

Tabel 15. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /do/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /do/				
-43.72503	4.5033746	3.5503967	4.851586	2.3492348
-10.821611	-4.6808543	-4.286312	-2.9835236	-2.8221195
4.074492	2.660217	3.5068858	4.461488	3.0108516
-0.23097335	-3.805301	-4.3836894	-2.1453629	-3.05162
4.0434422	2.969014	3.3704457	2.547627	2.3049333
-10.02586	-4.1174173	-4.313581	-3.0397837	-1.7570732
5.78534	3.9253616	4.4000025	3.167566	1.656682
-4.6424627	-3.730318	-3.3060718	-3.693203	-2.3946092

Tabel 15 adalah nilai ekstraksi huruf /do/ dengan range nilai -43.72503 sampai 5.78534.

Tabel 16. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /to/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /to/				
-81.09579	3.7012668	3.160786	5.290876	2.5941243
-10.640301	-3.114129	-5.087764	-3.4002347	-3.03662
0.66204685	6.552692	3.7890062	4.8844194	3.2684634
-24.804832	-4.944902	-5.2044973	-2.4353096	-3.2464194
13.890984	5.245047	3.635835	2.751787	2.4760227
-3.4652426	-4.072068	-4.435308	-3.1689477	-1.8952116
2.3415768	3.473036	4.4845533	3.3055203	1.711819
3.6867745	-3.2861197	-3.353243	-3.7926066	-2.5338464

Tabel 16 adalah nilai ekstraksi huruf /to/ dengan range nilai -81.09579 sampai 13.890984.

Tabel 17. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /dzo/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /dzo/				
-15.040157	4.0538683	3.8775752	5.0706396	2.490223
-7.5780725	-5.5822263	-4.5154595	-3.182006	-2.9517925
3.3385239	4.044462	3.648406	4.6230774	3.11349
-5.867426	-4.0916176	-4.578478	-2.2636344	-3.1469252
5.4459476	3.356355	3.6336575	2.7031047	2.4010947
0.14545675	-4.2611985	-4.5870814	-3.1557422	-1.8675542
0.8471878	4.208706	4.6249385	3.3021488	1.7470856
-1.8712077	-3.964446	-3.5261729	-3.7979963	-2.4831936

Tabel 17 adalah nilai ekstraksi huruf /dzo/ dengan range nilai -15.040157 sampai 5.4459476.

Tabel 18. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /aa/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /aa/				
-26.677866	3.5943143	3.355213	4.8385315	2.2885115
-18.803679	-5.718583	-4.192401	-2.923985	-2.7791955
-6.0745325	2.9148428	3.320043	4.336659	2.9417784
-12.059564	-3.946694	-4.279656	-2.077433	-2.9770484
-0.72754383	2.9929338	3.4362116	2.3992844	2.2537632
-1.8782656	-4.2969537	-4.1701427	-2.9859989	-1.7091581
-0.14222068	3.8747559	4.414875	3.0471857	1.6317058
-3.6600578	-3.6569703	-3.1273487	-3.6243007	-2.3521373

Tabel 18 adalah nilai ekstraksi huruf /aa/ dengan range nilai -26.677866 sampai 4.8385315.

Tabel 19. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /gho/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /gho/				
-46.729195	4.93161	3.522058	4.8696146	2.3515942
-3.8272717	-5.7200265	-4.272323	-2.9851546	-2.8290024
0.87228733	3.772537	3.4119444	4.4109235	3.0063803
-10.291633	-4.5158496	-4.341767	-2.1187882	-3.048428
5.476539	3.6256192	3.420056	2.5140357	2.3177023
-6.6154437	-4.4769416	-4.289908	-3.0408354	-1.770819
5.4645	3.9984422	4.413683	3.1450768	1.6626858
-5.5211186	-3.6806524	-3.2598193	-3.6743646	-2.3943484

Tabel 19 adalah nilai ekstraksi huruf /gho/ dengan range nilai -46.729195 sampai 4.93161.

Tabel 20. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /fa/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /fa/				
-77.48307	4.695721	3.9720724	5.2901297	2.6337593
-11.462761	-5.7091856	-4.7682405	-3.4032538	-3.1007848
7.7362666	3.5553427	3.882609	4.7960234	3.2510853
-14.04736	-4.6692553	-4.809923	-2.4786947	-3.2674685
2.2872548	3.9925058	3.8873744	2.832341	2.5254545
-2.409936	-5.0159755	-4.727814	-3.3514662	-1.9705045
2.2584677	4.4425406	4.837786	3.430913	1.8614566
-4.6261406	-4.135632	-3.6625807	-3.963476	-2.576269

Tabel 20 adalah nilai ekstraksi huruf /fa/ dengan range nilai -77.48307 sampai 7.7362666.

Tabel 21. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /qo/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /qo/				
-52.897568	6.0711246	3.4873238	4.7937875	2.2945228
-18.099157	-5.0468445	-4.292909	-2.8888898	-2.7547956
-0.88296294	4.008487	3.3755457	4.30479	2.9413245
-10.950895	-3.801609	-4.351102	-2.0215945	-2.9704278
1.798612	4.0201187	3.3914783	2.3879743	2.2419913
0.1343854	-4.464371	-4.178852	-2.9311714	-1.7209477
3.4504924	4.305233	4.350169	3.0498803	1.613225
-3.450433	-3.6477628	-3.1092303	-3.577453	-2.3871884

Tabel 21 adalah nilai ekstraksi huruf /qo/ dengan range nilai -52.897568 sampai 6.0711246.

Tabel 22. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ka/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ka/				
-34.005733	4.1087766	3.6867094	5.0440617	2.561691
10.080491	-5.6075835	-4.441074	-3.1791058	-3.0370011
-4.5703053	5.1755223	3.7350354	4.660013	3.229015
-5.546599	-6.1218085	-4.713792	-2.3498464	-3.2808862
10.19755	5.348935	3.7335274	2.8162987	2.5267072
-7.455867	-5.5970426	-4.6117864	-3.285794	-1.9562631
5.7458544	4.6765985	4.6073513	3.4095304	1.800772
-3.8109903	-3.899619	-3.487286	-3.885633	-2.528681

Tabel 22 adalah nilai ekstraksi huruf /ka/ dengan range nilai -34.005733 sampai 10.19755.

Tabel 23. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /la/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /la/				
-25.765894	2.500775	3.3474426	4.6681333	2.1798153
-20.042458	-4.9121614	-4.0915837	-2.7912478	-2.6638703
0.7905726	3.7837918	3.2997584	4.2474294	2.8493283
-3.3665414	-4.036216	-4.1494493	-1.8921472	-2.9035747
7.368304	3.2396865	3.1538398	2.33937	2.1747875
-1.600228	-3.9771917	-4.1164045	-2.8141243	-1.6471488
0.9185694	3.5799189	4.1660104	2.9698849	1.5443517
-2.352452	-3.430263	-3.1317978	-3.494198	-2.2881327

Tabel 23 adalah nilai ekstraksi huruf /la/ dengan range nilai -25.765894 sampai 7.368304.

Tabel 24. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ma/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ma/				
-42.947968	6.662135	4.0276294	5.1427064	2.4859867

-25.0638	-5.0399795	-5.1633096	-3.1736786	-2.8734422
-9.495469	4.7757063	3.928692	4.5351534	3.1160684
-6.65152	-4.9503922	-4.913969	-2.2838748	-3.0956895
4.7843347	3.7708857	3.9846952	2.5826447	2.4070094
4.3053336	-5.504553	-4.595009	-3.1178048	-1.8397994
5.0454288	4.48388	4.8887963	3.2495236	1.7594028
0.6221033	-4.8979197	-3.4462538	-3.7159212	-2.5012643

Tabel 24 adalah nilai ekstraksi huruf /ma/ dengan range nilai -42.947968 sampai 6.662135.

Tabel 25. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /na/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /na/				
-54.50509	5.1266007	5.1115084	5.3769374	2.619774
-8.512604	-5.12089	-5.5995893	-3.4579387	-3.0848818
3.939629	5.735378	4.559402	4.872985	3.2678583
4.456211	-6.1414304	-5.4865026	-2.4345448	-3.2999616
4.899439	4.238459	4.3185425	2.878194	2.5572789
-3.7579143	-6.010221	-5.129771	-3.3181298	-2.0222745
-1.6423761	5.5173793	5.1228337	3.435358	1.899147
-3.5385811	-4.8300705	-3.982036	-3.9625456	-2.6344283

Tabel 25 adalah nilai ekstraksi huruf /na/ dengan range nilai -54.50509 sampai 5.735378.

Tabel 26. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /wa/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /wa/				
-7.5230465	3.9800742	3.2492485	4.733762	2.23958
-6.6112576	-4.6449337	-4.0497017	-2.8678238	-2.7218122
6.8651447	2.598518	3.2336879	4.2907934	2.8914046
-9.817951	-3.6116173	-4.1821265	-1.975398	-2.9266598
0.4424329	3.1211512	3.2633305	2.371288	2.201205
-0.43534157	-4.185781	-4.1445456	-2.8897328	-1.6716094
1.2579585	3.693083	4.2384143	3.0044155	1.5804247
-3.5529535	-3.354374	-3.1094456	-3.5456886	-2.3247416

Tabel 26 adalah nilai ekstraksi huruf /wa/ dengan range nilai -9.817951 sampai 6.8651447.

Tabel 27. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /Ha/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /Ha/				
-9.688971	3.7163603	2.9303992	4.377832	1.9990404
-15.607821	-4.6688075	-3.685626	-2.512572	-2.4899755
0.3172532	3.0758662	2.8826008	3.9764955	2.6894557
-3.7609932	-3.8065627	-3.8216414	-1.686958	-2.7488518
3.8449879	2.92584409	2.8768418	2.0992234	2.027544
-5.577623	-3.8312182	-3.7881417	-2.6208034	-1.5026953
4.3585396	3.4231644	3.9113538	2.7629702	1.4208355
-4.182124	-3.0967214	-2.7929606	-3.307912	-2.1757257

Tabel 27 adalah nilai ekstraksi huruf /Ha/ dengan range nilai -15.607821 sampai 4.377832.

Tabel 28. Nilai Ekstraksi Ciri Huruf /ya/

Hasil Ekstraksi Ciri Dari Pelafalan Huruf /ya/				
-53.669964	3.738049	3.5815165	4.852318	2.273525
-26.015846	-4.713441	-4.211227	-2.882102	-2.7715244
-0.86498517	2.7413628	3.4360702	4.352932	2.9258716
-11.92991	-4.26525	-4.1626043	-2.0482872	-2.9707522
-4.3762503	3.7188253	3.5097144	2.3841534	2.2324247

-1.6735393	-4.2968874	-4.1247087	-2.9592438	-1.7040567
1.9224265	3.8664818	4.4774966	3.0293908	1.6165894
-5.4060864	-3.4641306	-3.0505357	-3.6111124	-2.3633518

Tabel 28 adalah nilai ekstraksi huruf /ya/ dengan range nilai -53.669964 sampai 4.852318.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dengan menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* sistem dapat merubah sinyal suara menjadi nilai *cepstral*. Dari semua huruf hijaiyyah (a sampai ya) yang diucapkan memiliki nilai ekstraksi ciri yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Hafiz, Adrian., dkk., 2016. Aplikasi Pendeteksian Emosi Manusia Menggunakan Metode MFCC dan DTW. Prosiding SNTI Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara Jakarta, hal 29.
- Triansyah, Ersah., dkk., 2017. Implementas Metode *Pattern Recognition* Untuk Pengenalan Ucapan Huruf Hijaiyyah.
- Ahmad, Dadan., 2013. Makhroj dan Sifat-Sifat Huruf Hijaiyyah Dalam Al-Qur'an (online), (<http://dadanar.blogspot.com/2013/11/makhroj-dan-sifat-sifat-huruf-hijaiyyah.html>, diakses 2 Oktober 2017).
- Solinin, Akhmad., 2014. Mengenal dan Memahami Arti Huruf Hijaiyyah (online), (<https://visiuniversal.blogspot.com/2014/07/mengenal-dan-memahami-arti-huruf.html> diakses 3 September 2018)
- Manunggal, HS. 2005. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak Pengenalan Suara Pembicara dengan Menggunakan Analisa MFCC *Feature Extraction*. Surabaya.
- Ade Saputro, Bagus., dkk., 2018. Sistem Pembelajaran Bacaan Iqra Melalui *Voice Recognition* Menggunakan Metode MFCC Dan VQ.
- Rabiner, Lawrence., Juang, Biing-Huang., 1993. *Fundamentals Of Speech Recognition*. Prentice Hall International Editions.