

Mad Reading Law Classification Using Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) and Hidden Markov Model (HMM)

Klasifikasi Hukum Bacaan Mad Menggunakan Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) Dan Hidden Markov Model (HMM)

Oddy Virgantara Putra¹, Faisal Reza Pradana², Jordan Istiqlal Qalbi Adiba³
{oddy@unida.gontor.ac.id, faisalrezapradhana@unida.gontor.ac.id, jordanistiqlal@unida.gontor.ac.id}

Program studi Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Darussalam Gontor

Abstract. The COVID-19 pandemic is a disaster that hit the world at this time, all activities are limited. This pandemic has also greatly impacted the process of teaching and evaluating the reading of the Koran which was carried out using the talaqqi and musyafahah methods. Machine Learning research has been developed for the legal classification of Quran recitation. This study aims to be able to classify the law of recitation of recitation, especially in the law of Mad recitation of the letter Maryam verses 1 to 15. This study builds a model using the Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) feature extraction with the Hidden Markov Model (HMM) algorithm method. MFCC is used for feature extraction in voice that processes voice data in several stages, including pre-emphasis, frame-blocking, windowing, Fast Fourier Transform, Mel Frequency Wrapping, and Cepstral Liftering. HMM is used in speech recognition with standard sentence percentages. The dataset used in this study is voice data taken from the voice of the Quran reciter that has been recognized and has been affiliated. The test results on the model that has been built have an average percentage of 80% accuracy of the test data.

Keywords - Hidden Markov Model; Mel Frequency Cepstral Coefficient; Audio Classification; Talaqqi; Musyafahah.

Abstrak. Pandemi Covid 19 merupakan bencana yang melanda dunia pada saat ini, seluruh kegiatan dibatasi aktifitasnya. Pandemi ini juga sangat berdampak dalam proses pengajaran dan evaluasi bacaan al-quran yang dilaksanakan dengan metode talaqqi dan musyafahah. Penelitian Machine Learning telah banyak dikembangkan untuk klasifikasi hukum bacaan Quran. Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengklasifikasi hukum bacaan tajwid khususnya dalam hukum tajwid Mad pada surat Maryam ayat 1 hingga 15. Penelitian ini membangun sebuah model menggunakan ekstraksi fitur Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) dengan metode algoritma Hidden Markov Model (HMM). MFCC digunakan untuk ekstraksi fitur pada suara yang memproses data suara dalam beberapa tahapan antara lain, pre-emphasis, frame-blocking, windowing, Fast Fourier Transform, Mel Frequency Wrapping, dan Cepstral Liftering. HMM digunakan dalam pengenalan suara dengan presentase kalimat baku. Dataset yang digunakan pada penelitian ialah data suara yang diambil dari suara qori AlQuran yang telah di akui dan telah bersanad. Hasil pengujian pada model yang telah dibangun memiliki presentase rata – rata akurasi 80% dari data tes.

Kata Kunci - Hidden Markov Model; Mel Frequency Cepstral Coefficient; Audio Classification; Talaqqi; Musyafahah.

I. Pendahuluan

Al-Quran Adalah kitab suci umat muslim yang berisi pedoman yang harus diterapkan dalam kehidupannya. Dalam mencapai tujuan tersebut penting bagi seluruh umat islam untuk memahami makna yang terdapat dalam Al-Quran itu sendiri hingga umat islam mampu menerapkannya. Bacaan Al-Quran adalah salah satu fondasi penting dalam memahami Al-Quran itu sendiri. Bacaan Al-Quran telah diajarkan sejak zaman nabi Muhammad SAW hingga sekarang.

Dalam belajar bacaan Al-Quran, murid diwajibkan belajar kepada ustadz dan ustadzah yang lebih memahami ilmu bacaan yang baik dan benar. Metode talaqqi dan musyafahah adalah metode yang sangat dianjurkan untuk seseorang yang ingin mempelajari bacaan Al-Quran. Seseorang yang ingin memperelajari Al-Quran sebelumnya dianjurkan untuk Mengikuti metode talaqqi dan musyafahah. *Talaqqi* adalah metode cara menghafal dengan cara menyetorkan atau mendengarkan hafalan ayat yang baru dihafalkan kepada guru yang ahli dalam bidangnya dan bacaan yang akan dihafalkan secara berulang – ulang, dan *Musyafahah* memiliki makna mulut ke mulut yang mana pelajar belajar Al-Quran dengan memperhatikan gerak bibir guru untuk mendapatkan pengucapan makhraj yang benar[1]

Namun bencana Covid-19 yang sedang melanda dunia saat ini, mengharuskan setiap masyarakat menaati aturan Kesehatan dan juga membuat kegiatan pengajaran menjadi terbatas. Pengajaran tatap muka menjadi dilaksanakan secara daring dan juga berdampak pada pengajaran bacaan Al-Quran yang dilaksanakan dengan metode Talaqqi dan Musyafahah. Hal ini yang menjadi faktor dibutuhkannya perkembangan teknologi yang dapat mengkoreksi bacaan Al-Quran Terutama dalam Kaidah Ilmu Tajwid.

Beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dalam pengenalan bacaan Al-Quran melalui Suara telah dilakukan salah satunya dengan menggunakan algoritma Viterbi untuk mendeteksi kesalahan dalam bacaan Al-Quran surat Ali

Imran ayat 1 hingga 5[2]. Deteksi kesalahan dalam bacaan Al-Quran surat ali imron ini menggunakan pencocokan pola dengan data latih yang telah diolah sehingga memperoleh hasil deteksi berupa segmen lalu sistem pendeteksi kesalahan menggunakan algoritma Viterbi. Hasil kerja sistem pada penelitian ini dapat mendeteksi kesalahan bacaan Al-Quran surat Ali Imran hingga 89%.

Penelitian berikutnya melakukan deteksi kesalahan pada bacaan test khusus dalam bacaan siswa pelajar yang dibandingkan data sampel guru bacaan Al-Quran yang telah di ekstraksi fitur dengan Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC), penelitian ini membandingkan pola sampel suara murid dan guru yang telah di ekstraksi fitur dengan metode Dynamic Time Wrapping(DTW), DTW adalah salah satu algoritma yang dapat mengukur kesamaan antar dua urutan temporal yang kecepatannya dapat bervariasi, dan algoritma Hidden Markov Model (HMM) digunakan untuk melatih ekstraksi fitur dari data[3].

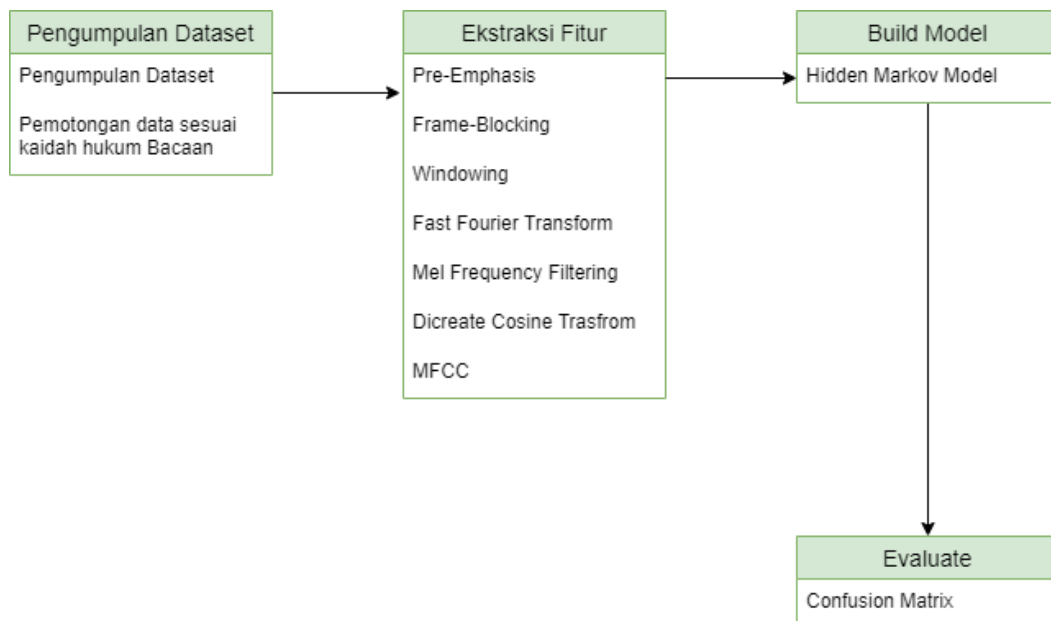
Penelitian yang lain pengenalan bacaan Al-Quran untuk memeriksa hukum imamah untuk pelafalan Warsh, pada penelitian ini menggunakan MFCC untuk ekstraksi fitur suara lalu klasifikasi menggunakan HMM dengan menggunakan sejumlah data latih yang telah ditandai oleh ekstraksi fitur MFCC, lalu data tes dicocokkan dengan dengan fitur suara yang terdapat pada data yang telah disimpan dalam data latih, untuk memberikan tanggapan bacaan benar atau salah. Pada penelitian ini hasil tes pada data latih memperoleh nilai akurasi sebesar 60% pada imamah bacaan Warsh[4].

Pada penelitian ini akan berfokus pada penerapan ekstraksi fitur MFCC untuk mengelola data sampel suara menjadi pola data yang dapat diolah dan metode Algoritma HMM untuk membangun model klasifikasi Mad yang terdapat pada suatu bacaan khususnya pada surat Maryam Ayat 1 hingga 15.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun model klasifikasi kaidah hukum mad yang terdapat pada surat Maryam Ayat 1 Hingga 15 dengan menggunakan MFCC dan algoritma HMM, metode ini cukup efektif dalam pengolahan data audio dalam pengenalan suara dengan presentase kalimat yang berurutan.[5].

II. Metode

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan, untuk diterapkan kedalam sistem klasifikasi hukum mad pada bacaan surat Maryam ayat 1 hingga 15 memiliki beberapa tahapan guna mendapatkan model yang cocok.



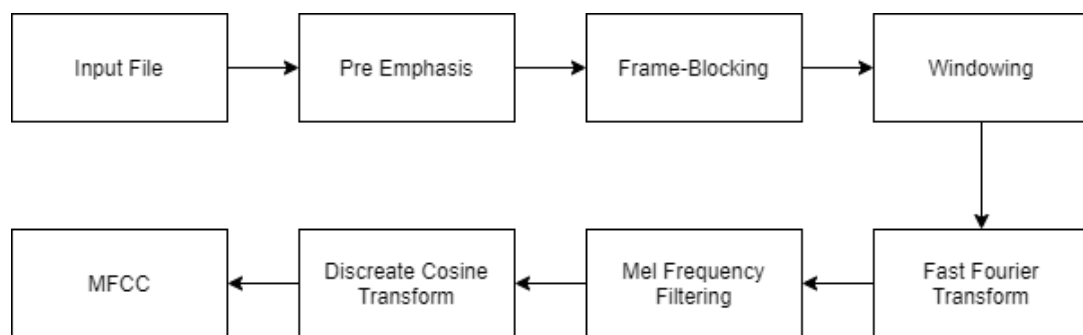
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahap pengumpulan data terdapat 3 tahapan yakni pengumpulan data dari 9 narasumber yang telah direkomendasikan oleh markaz Quran Universitas Darussalam Gontor yang terdiri dari 5 qori pria dan 4 qorih wanita, dari data suara yang telah didapatkan dengan merekam menggunakan *smartphone* oppo f7 dan menggunakan mic clip on. Jenis suara yang direkam menggunakan rekaman berjenis *wav* dengan nilai sampel rate 44100 Hz. data dibagi menjadi beberapa kelas sesuai jenis hukum kaidah pada bacaannya. Pembagian kelas terdiri menjadi 3 kelas yaitu Mad Iwaddl, Mad Layn, dan Mad Thobii.

Tabel 1. Pembagian Kelas

No	Nama Kelas	Jumlah Data
1	Mad Iwadi	100
2	Mad Thobii	102
3	Mad Layn	102

Setelah data terkumpul dan dipotong sesuai bacaannya, data akan diekstraksi fitur dari setiap suara menggunakan MFCC, ekstraksi fitur ini menghasilkan parameter cepstral coefficient. Ekstraksi ciri MFCC merubah gelombang suara menjadi beberapa tipe parameter seperti cepstral coefficient yang mempresentasikan audio[6]. MFCC metode ekstraksi fitur suara yang banyak digunakan, karena dianggap cukup baik dalam merepresentasi sinyal suara[7], MFCC juga memiliki beberapa kelebihan antaranya dapat menangkap informasi penting dalam sinyal dengan data seminimal mungkin tanpa mengurangi kualitas informasinya[8] dan menggunakan metode algoritma HMM dalam klasifikasi setiap kaidah tajwid khususnya dalam kaidah Mad. Tahapan komputasi MFCC dalam penelitian ini dijelaskan pada Gambar 2.

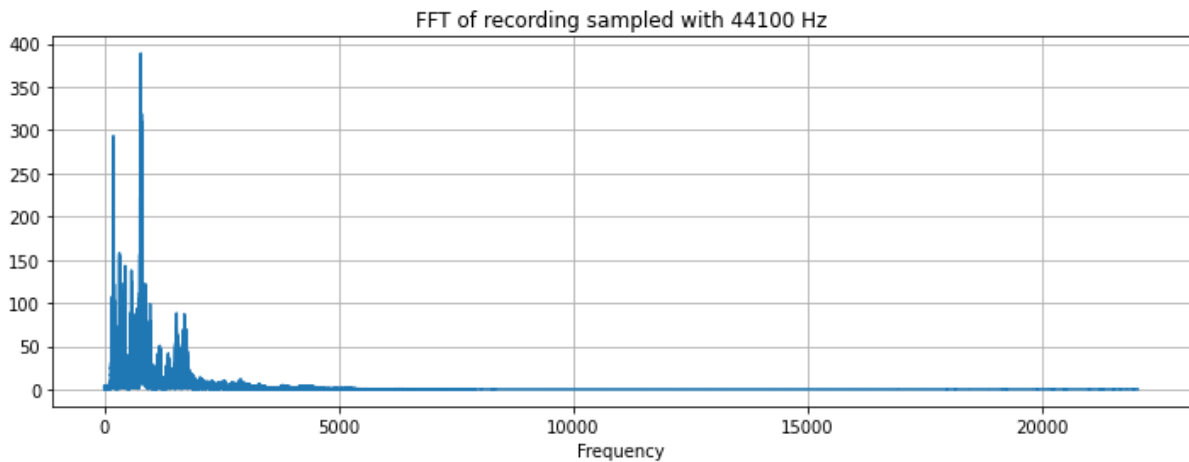


Gambar 2. Urutan Komputasi MFCC

Input file berupa data audio dengan ekstensi .wav dengan sample 44100 Hz, 16 bits dan mono channel. Pre Emphasis adalah tahap awal pada metode MFCC digunakan untuk mengurangi nilai frekuensi sehingga hanya sinyal dengan frekuensi tinggi saja yang dapat melewati filtering, proses inilah yang digunakan untuk mengurangi noise dan derau. Sehingga hanya suara sebenarnya saja yang diperoleh oleh sistem.

Pada tahap frame blocking sampel suara akan dipotong menjadi frame – frame dengan ukuran 20 hingga 40 milidetik[9]. Pada sampel suara yang sebenarnya tidak akan stabil dan akan susah mencari karakteristik dari setiap sampel suara, maka dengan memotong sampel ke frame – frame kecil sehingga sampel suara akan menjadi stabil lalu mudah dalam menemukan karakteristik pada sampel suara. Frame-frame ini akan mengalami *overlapping* atau tumpang tindih, untuk menghindari kehilangan informasi maka dilakukannya proses windowing pada setiap frame. Untuk mengurangi efek diskontinuitas yang terdapat pada setiap ujung pada frame yang dihasilkan frame blocking dan juga untuk memperhalus hasil *spectrum*.

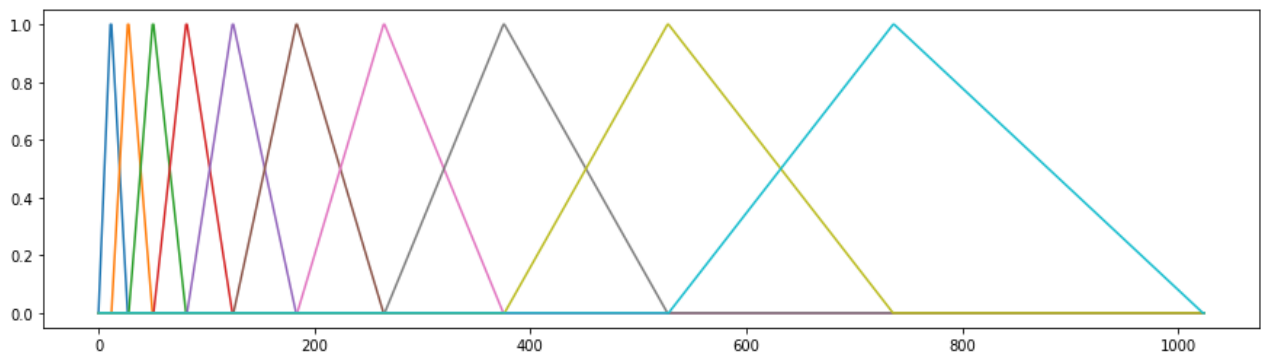
Setelah dikurangi dari efek diskontinu melalui windowing, ialah mengubah data suara yang sebelumnya merupakan domain waktu menjadi domain frequency dengan Fast Fourier Transform (FFT). FFT adalah Teknik perhitungan cepat dari Discrete Fourier Transform (DFT). FFT memiliki menggunakan rumus persamaan :



Gambar 3. Hasil FFT

$$T[k] = \sum_{n=0}^{N-1} \varphi(n) \cos \left[\frac{2\pi kn}{N} \right] - \sum_{n=0}^{n-1} \varphi(n) \sin \left[\frac{2\pi kn}{N} \right] \quad (1)$$

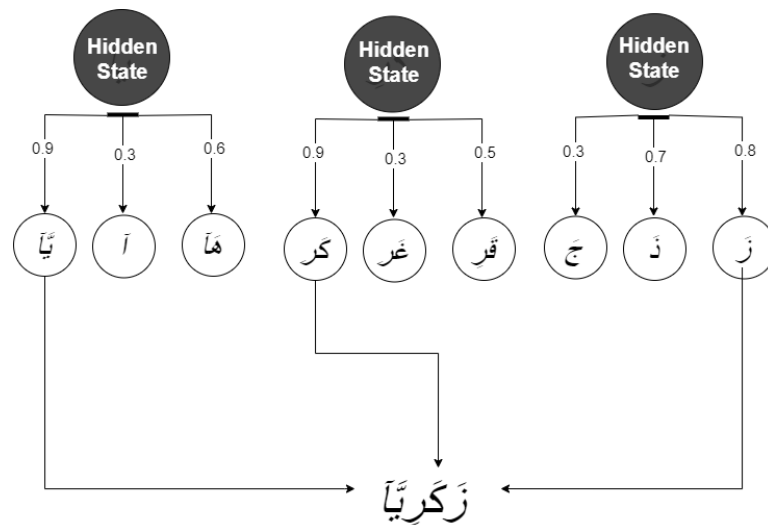
Rumus persamaan menerangkan, fungsi $T[k]$ adalah hasil FFT ke- k , simbol $\varphi(n)$ adalah hasil windowing ke- n , n adalah nomor urut sinyal, simbol k adalah indeks dari frequency[6] Mel Frequency Filtering digunakan untuk dapat mengetahui ukuran energi dari setiap *frequency band*-nya. Pada *Gambar 3* menunjukkan graffik FFT dan pada *Gambar 4* Menunjukkan output Mel Frequency Filtering.



Gambar 4.Output Mel Frequency Filtering – filterbank

Setelah proses mel frequency filtering Langkah selanjutnya mengubah mel yang merupakan bilangan real Kembali ke waktu menggunakan Discrete Cosine Transform(DCT). Pada Langkah ini spektrum mel diubah menjadi domain waktu, hasil dari DCT disebut dengan MFCC, maka dari itu setiap suara ditransformasikan kedalam urutan proses MFCC.

Rancangan Arsitektur HMM



Gambar 5. Arsitektur HMM

Penelitian ini menggunakan metode algoritma HMM dalam membangun model latih untuk klasifikasi jenis mad yang dibaca pada surat Maryam dari ayat 1 hingga 15. Dataset yang digunakan berupa suara bacaan qori. Suara adalah sebuah data analog yang terdiri dari banyak fonem. Fonem adalah satuan kecil suara sekecil 10 hingga 40 milidetik, satuan ini sangat pendek yang dapat membedakan suatu kata dengan kata lainnya. Fonem selalu memiliki suatu variasi yang disebut alofon, alofon adalah variasi data fonem yang ditentukan oleh posisi dalam kata[10].

Data berasal dari bacaan-bacaan qori yang berasal dari Universitas Darussalam Gontor yang telah direkomendasikan dan diakui oleh Markaz Quran Universitas Darussalam Gontor. Data diambil dari potongan bacaan sesuai hukum mad yang telah ditentukan lalu data dibagi menjadi 3 kelas yaitu Mad Thobii, Mad Layn, dan Mad Iwadi. Tahap klasifikasi diawali dengan ekstraksi fitur yang dilakukan menggunakan MFCC sehingga data suara yang berupa analog dapat diekstrak menjadi data bit digital dalam bentuk array. Proses ini akan lebih mempermudah model dalam pengolahan data suara, karena data hasil proses MFCC berbentuk array yang memiliki ciri khususnya dalam setiap parameternya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ekstraksi Fitur data audio dengan MFCC

Data hasil studi observasi yang terdiri dari 9 qori di Universitas Darussalam, lalu data dari setiap qori diolah lalu diambil data bacaan pada hukum mad yang telah ditentukan, dengan jumlah 3 *class* dengan total jumlah data 304 data yang terdiri Mad Iwadi dengan jumlah 100 data sampel suara, Mad Thobii dengan jumlah 102 data sampel suara, Mad Layn dengan jumlah 102 data sampel suara, potongan yang digunakan pada data latih dipotong perkata sesuai hukum bacaannya, data diolah dengan fitur ekstraksi MFCC sehingga data sampel suara yang berupa data analog diubah menjadi bit digital dengan bentuk array. Semua data yang telah diekstraksi melalui MFCC, lalu disimpan ke sebuah data csv yang terdiri dari label, file_path, ekstraksi MFCC dan hasil *Filterbank*.

B. Hasil Penelitian

Proses pemodelan HMM yang dilakukan pada penelitian ini dieksekusi dengan menggunakan *Google Colaboratory*, dalam proses pembelajaran algoritma HMM, dengan jumlah n atau jumlah keadaan tersembunyi (*hidden state*) dengan jumlah 10, dan pengulangan untuk setiap *state* nya 1000, menggunakan tipe kovarians-nya *diag*. Pada penelitian ini telah mencoba dengan beberapa varian data sebagai pembandingan kesesuaian metode dengan data yang akan dilatih pada sistem. Data latih berasal dari data yang dibagi dari seluruh dengan *split_test_train* pembagian data latih dan tes sebesar 0.8 untuk data latih dan 0.2 untuk data tes. Pada pemrosesan ini label yang digunakan dalam proses latih ialah label *MFCC* yang berasal dari hasil ekstraksi fitur dengan bentuk array, yang berupa pola suara. Hasil uji pada setiap data latih yang diuji dari setiap variasi data potongan menggunakan model Hidden Markov Model.

- **HMM dengan data perkata**

Tabel 2. Hasil Pengujian data per kata Menggunakan HMM

Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Mad Layn	0.82	0.90	0.86
Mad Thobii	0.80	0.76	0.78
Mad Iwadi	0.79	0.75	0.77
AVG	0.80	0.80	0.80
Accuracy		0.80	

Hasil Pengujian dengan menggunakan Model HMM yang dilakukan dengan data potongan perkata disetiap hukum bacaannya yang ditunjukkan pada **Tabel 2**, dimana hasil pengujian tersebut mendapat nilai akurasi sebesar 0.80 dan memiliki nilai rata-rata *precision* 0.80, *recall* 0.80, *f1-score* 0.80. pada metode HMM ini menunjukkan akurasi dari metode ini dalam membangun model data latih sampel suara dengan potongan perkata memiliki akurasi 80%.

- **HMM dengan data per potongan panjang**

Tabel 3. Hasil pengujian data per potongan panjang menggunakan HMM

Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Mad Layn	0.94	0.85	0.89
Mad Iwadi	0.58	0.70	0.64
Mad Thobii	0.68	0.62	0.65
AVG	0.73	0.72	0.72
Accuracy		0.72	

Adapun pengujian dengan metode HMM yang dilakukan dengan pengolahan data potongan per kata panjang sesuai dengan kaidah hukum Madnya. Pada pembangunan model ini metode HMM mendapat nilai akurasi 0.72 keakuratan dan memiliki nilai rata-rata *precision* 0.73, *recall* 0.72, *f1-score* 0.72. pada metode HMM dengan data potongan per kata Panjang yang terdapat pada hukum mad mendapat nilai akurasi 72% yang ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Pada penjelasan diatas, jika nilai akurasi dibandingkan dari setiap variasi data, maka metode HMM dengan menggunakan data latih potongan perkata mendapat nilai tertinggi dari seluruh perbandingan lainnya dengan nilai akurasi 80%.

- **Hasil Pengujian 3 data perkelas.**

Tabel 4. Hasil dari data uji surat maryam

Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Mad Layn	1.00	0.33	0.50
Mad Iwadi	0.50	0.33	0.40
Mad Thobii	0.33	0.67	0.44
AVG	0.61	0.44	0.45
Accuracy		0.44	

Dari **Tabel 5** menunjukkan hasil tes dengan jumlah 3 data perkelas akurasi dari klasifikasi menjadi menurun karena, pada data latih, masih kurang memiliki varian data dari setiap jenis hukum bacaannya. Dari hasil uji coba, peneliti mengguna data suara dari surat Maryam yang dipotong sesuai kaidah hukum bacaannya, namun cara pembacaan pada data uji ini menggunakan nada yang berbeda dari data latih sebelumnya dan bentuk potongan dari setiap bacaan memiliki kemungkinan berbeda dengan data latih, Sehingga dari total 9 data suara yang diuji hanya 4 yang dapat diklasifikasi dengan benar. ketepatan pada data uji ini memiliki hasil akurasi 44%. Ini menjelaskan bahwa varian data pada data latih masih kurang yang mengharuskan bacaan harus sesuai dengan bacaan yang ada.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dan Analisa secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pada perbandingan metode dengan beberapa perubahan bentuk data, dapat disimpulkan bahwa data dengan potongan perkata dengan model klasifikasi Hidden Markov Model memiliki nilai akurasi 80% dari pengujian data tes.
2. Pada perbandingan variasi data menunjukkan bahwa hasil potongan suara perkata dan per potongan panjang mempengaruhi hasil akurasi klasifikasi pada hukum bacaan Mad.
3. Hasil pengujian 3 data perkelas mendapat akurasi 44% dikarenakan data latih yang digunakan adalah data latih bacaan tanpa nada, sedangkan pada pengujian menggunakan data bacaan dengan nada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Program Studi Teknik Informatika Universitas Darussalam Gontor yang telah mendanai Penelitian ini, dan kepada para dosen program studi Teknik Informatika yang telah membimbing dalam penelitian ini dan kepada markaz quran yang telah membantu penelitian ini dalam pengambilan data suara serta kepada seluruh narasumber yang berkenan membantu dalam pengambilan data suara.

REFERENSI

- [1] N. H. bin Yusof, M. A. bin M. Razali, N. binti Omar, M. F. M. Abdelgelil, and M. S. bin Hamzah, "Concept and Execution of Talaqqi and Musyafahah Method in Learning Al-Quran," *Int. J. Acad. Res. Bus. Soc. Sci.*, vol. 8, no. 11, 2018, doi: 10.6007/ijarbss/v8-i11/4930.
- [2] I. mauliza Bustami, Fadlisyah, "SISTEM PENDETEKSI KESALAHAN DALAM MEMBACA AL-QUR'AN AYAT 1-5 MENGGUNAKAN METODE VITERBI Bustami," *TECHSI J. Penelit. Tek. Inform. Vol 9 NO. 1 hal 1-15*, vol. Vol 9 No.1, pp. 1–15, 2017.
- [3] A. AbdulQader Al-Bakeri, "ASR for Tajweed Rules: Integrated with SelfLearning Environments," *Int. J. Inf. Eng. Electron. Bus.*, vol. 9, no. 6, pp. 1–9, 2017, doi: 10.5815/ijieeb.2017.06.01.
- [4] B. Yousfi and A. M. Zeki, "Holy Qur'an speech recognition system Imaalah checking rule for warsh recitation," in *2017 IEEE 13th International Colloquium on Signal Processing & its Applications (CSPA)*, Mar. 2017, no. March, pp. 258–263, doi: 10.1109/CSPA.2017.8064962.
- [5] M. Bezoui, A. Elmoutaouakkil, and A. Beni-Hssane, "Feature extraction of some Quranic recitation using Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)," *Int. Conf. Multimed. Comput. Syst. -Proceedings*, vol. 0, pp. 127–131, 2017, doi: 10.1109/ICMCS.2016.7905619.
- [6] H. Heriyanto, S. Hartati, and A. E. Putra, "Ekstraksi Ciri Mel Frequency Cepstral Coefficient (Mfcc) Dan Rerata Coefficient Untuk Pengecekan Bacaan Al-Qur'an," *Telematika*, vol. 15, no. 2, p. 99, 2018, doi: 10.31315/telematika.v15i2.3123.
- [7] W. S. M. Sanjaya and Z. Salleh, "Implementasi Pengenalan Pola Suara Menggunakan Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) dan Adaptive Neuro-Fuzzy Inferense System (ANFIS) sebagai Kontrol Lampu Otomatis," *Al-HAZEN J. Phys.*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [8] E. Widiyanto, S. N. Endah, and S. Adhy, "Aplikasi Speech To Text Berbahasa Indonesia Menggunakan Mel Frequency Cepstral Coefficients Dan Hidden Markov Model (Hmm)," in *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer Undip*, 2014, pp. 39–44.
- [9] M. S. Likitha, S. R. R. Gupta, K. Hasitha, and A. U. Raju, "Speech based human emotion recognition using MFCC," *Proc. 2017 Int. Conf. Wirel. Commun. Signal Process. Networking, WiSPNET 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 2257–2260, 2018, doi: 10.1109/WiSPNET.2017.8300161.
- [10] S. Fitriah, "Fonologi bahasa jawa dialek jawa timur," *Jurnal-el Badan Bhs.*, pp. 47–53, 2015.