

RANCANG BANGUN MODEL PENGIDENTIFIKASI SUARA HURUF HIJAIYAH DENGAN METODE MEL FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENT DAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

Robbani Punggawa Arcapada¹, Widyadi Setiawan², I Made Arsa Suyadnya²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jl. Raya Kampus Unud Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

robbanip@gmail.com, widyadi@unud.ac.id, arsa.suyadnya@unud.ac.id

ABSTRAK

Pembelajaran Al-Qur'an menjadi salah satu kebutuhan untuk seorang yang muslim, karena Al-Qur'an berperan sebagai pedoman serta jalan hidup. Salah satu yang dipelajari dari Al-Qur'an adalah cara pengucapan Huruf Hijaiyah atau *Makharijul Huruf*. Untuk mempelajari *Makharijul Huruf* dibutuhkan seorang ustaz atau guru pendamping yang terbatas oleh jarak dan waktu. Untuk mengatasi keterbatasan jarak dan waktu maka diperlukan model aplikasi pembelajaran yang dapat diakses tanpa keterbatasan jarak dan waktu. Penelitian dilakukan dengan tujuan pengembangan model dalam mengenal Huruf Hijaiyah dari metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) serta *Convolutional Neural Network* (CNN). Berdasarkan hasil validasi, model yang dibangun menggunakan metode MFCC dan CNN dapat mengidentifikasi huruf yang dibaca dengan akurasi 49,1%. Kemudian dari hasil uji dengan *Confusion Matrix*, model mempunyai nilai presisi sejumlah 50%, *recall* sebesar 53%, dan *F-Measure* sebesar 0,514.

Kata kunci: Huruf Hijaiyah, CNN, MFCC, *Machine Learning*, *Confusion Matrix*

ABSTRACT

Learning the Qur'an is a necessity for a Muslim, because the Qur'an acts as a guide and way of life. One thing that is learned in the Qur'an is how to pronounce Hijaiyah letters or Makharijul letters. In learning Makharijul Letters it takes an ustaz or accompanying teacher who is limited by distance and time. To overcome the limitations of distance and time, a learning application model is needed that can be accessed without the limitations of distance and the time. This is studied aim to develop the Hijaiyah letter recognition model using the Mel Frequency Cepstrum Coefficient (MFCC) and Convolutional Neural Network (CNN) methods. Based validation results, the model built using the MFCC and CNN methods can identify the letters read with an accuracy of 49.1%. Then based of the test result with Confusion Matrix, this model have a precision value of 50%, recall is 53%, and F-Measure is 0.514.

Key Words : *Hijaiyah Alphabet, CNN, MFCC, Machine Learning, Confusion Matrix*

1. PENDAHULUAN

Pengertian Huruf Hijaiyah merupakan sebuah alfabet di dalam Bahasa Arab yang berfungsi dalam penulisan kitab suci Al-Qur'an. Seperti ayat-ayat Al-Qur'an dengan bunyi berikut:

إِنَّا أَنْزَلْنَاهُ قُرْآنًا عَرَبِيًّا لَعَلَّكُمْ تَعْقِلُونَ

"Sesungguhnya Kami menurunkannya berupa Al Quran dengan berbahasa Arab, agar kamu memahaminya." (Qs. Yusuf ayat 2).

Rasulullah SAW memerintahkan kepada kita umat Islam untuk mencintai

bahasa Arab dalam haditsnya yang berbunyi sebagai berikut :

أَجِبُوا الْعَرَبَ لِثَلَاثٍ : لِأَبِي عَرَبِيٍّ ، وَالْقُرْآنِ عَرَبِيٍّ ، وَكَلَامِ أَهْلِ الْجَنَّةِ عَرَبِيٍّ

"Cintailah bangsa Arab karena 3 hal, karena aku berasal dari bangsa Arab, Al Quran berbahasa Arab dan obrolan penduduk Surga dengan bahasa Arab." (HR. Ibnu Abbas).

Huruf Hijaiyah adalah komponen penting dalam Al-Qur'an karena setiap huruf memiliki cara membacanya tersendiri. Al Qur'an sendiri merupakan kitab suci dari umat Islam dengan fungsi untuk

pedoman dan penerang untuk seorang muslim. Al Qur'an secara bahasa berarti bacaan yang berasal dari bahasa Arab yakni "qo", "ro" dan "an" yang memang diperuntukan agar senantiasa dibaca oleh umat muslim. Secara istilah Al Qur'an merupakan sebuah firman atau perkataan Allah SWT dengan menurunkannya kepada Nabi Muhammad SAW dari perantara-perantara malaikan Jibril bertujuan untuk memberi penerangan kepada umatnya melalui jalan dakwah.

Dibutuhkan seorang ustaz atau mentor untuk mempelajari dan mendampingi membaca Al Qur'an sebagaimana hadits berikut:

خَيْرُكُمْ مَنْ تَعَلَّمَ الْقُرْآنَ وَعَلَّمَهُ

Artinya : "Sebaik-baik kalian adalah orang yang mempelajari Alquran dan yang mengerjakannya." (HR Bukhari dan Abu Dawud). Secara tersirat hadits tersebut menganjurkan untuk saling mempelajari serta mengerjakan sebuah Al Quran, tidak dilakukan secara autodidak. Ustaz atau mentor mengaji dapat ditemui di madrasah, musholla, masjid, Taman Pembelajaran Al-Qur'an (TPQ), atau di pondok pesantren. Belajar *Makharijul Huruf* tidak hanya berupa ilmu teoritis melainkan juga ilmu praktis. Namun pelaksanaan pembelajaran Al-Qur'an dibatasi oleh ruang dan waktu, yakni tidak dapat dilakukan secara mandiri di rumah.

Dengan beberapa keterbatasan yang dialami saat belajar *Makharijul Huruf* dan Al-Qur'an secara umum, maka sudah selayaknya dilakukan upaya inovasi dalam memfasilitasi pembelajaran *Makharijul Huruf* agar dapat mempermudah masyarakat luas dalam menguasai pelafalan huruf Hijaiyah atau *Makharijul Huruf*. Keterbatasan - keterbatasan ini dapat diatasi dengan sebuah model pembelajaran *Makharijul Huruf* berbasis *deep learning* yang dapat membantu pengguna untuk belajar *Makharijul Huruf* secara mandiri melalui *gadget* pribadi.

Berdasarkan penelitian "*Indonesians Alphabet Speech Recognitions for Early Literacy using Convolutional Neural Network Approach*" disebutkan bahwa sebuah jaringan syaraf yang ditirukan bisa dimanfaatkan sebagai pengenalan suara. Jaringan syaraf yang ditirukan dikembangkan menggunakan data masukan berupa bunyi yang diolah MFCC untuk menghasilkan 3 dimensi matriks kemudian menjadi data masukan CNN. Arsitektur yang dipakai adalah Sequential

CNN yang dibuat dari jaringan saraf 10 lapisan sederhana lalu didapatkan model dengan ukuran kecil sekitar 6 MB, dengan akurasi 84% dan *F-Measure* 0,91 [1].

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengembangkan model pengenalan Huruf Hijaiyah memakai metoda *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* (MFCC) yang sering dipergunakan dalam ekstrasi fitur dan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam memperkenalkan pora suara dari Huruf Hijaiyah.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Al-Qur'an

Al-Qur'an secara pembahasan memiliki pengertian berbeda-beda, satu diantaranya yaitu bacaan atau sesuatu yang wajib dibaca dan dipelajari [2].

2.2 Huruf Hijaiyah

Huruf Hijaiyah merupakan huruf yang memiliki asal dari Bahasa Arab yakni harf atau huruuf. Kata Hijaiyah sendiri terdiri dari kata kerja hajja dengan makna mengeja, membaca dan menghitung huruf demi huruf. Huruf Hijaiyah dapat disebut juga sebagai Huruuf Tahjiyyah. Penyusunan Al-Qur'an sendiri memang memakai Huruf Hijaiyah menggunakan makhraj yang berbeda dan juga memberikan isyarat bahwa Al Qur'an merupakan turunan dari Bahasa Arab [3]. Huruf Hijaiyah dapat dilihat pada gambar 1.



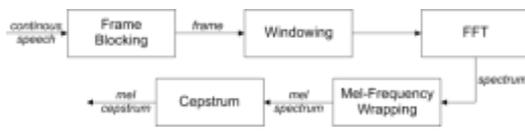
Gambar 1. Huruf Hijaiyah

2.3 WAV

Format wave (*.WAV) adalah satu diantara format file yang ada berisikan suara yang sering digunakan pada system operasi windows untuk kepentingan gim serta multimedia. Wave sendiri adalah sebuah format mentah (*raw format*) yang mana dilakukan perekaman suara secara langsung serta dikuantisasi ke digital [4].

2.4 MFCC

Mel Frequency Cepstrum Coefficient (MFCC) adalah sebuah ekstraksi yang sering digunakan di bidang *speaker recognition* dan *speech recognition*. MFCC adalah ciri yang memberikan sebuah fitur dalam bentuk parameter *cepstral coefficient* [5]. Ekstraksi dari *Mel Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC) dapat merubah gelombang suara ke dalam beberapa tipe parameter yakni seperti *cepstral coefficient* dengan mempresentasikan *audio file* [6]. MFCC mempunyai beberapa tahapan yang dimulai dengan *Frame Blocking*, *Windowing*, *FFT*, *Mel Frequency Wrapping* serta *Cepstrum*. Diagram Blok MFCC dapat dilihat pada gambar 2.



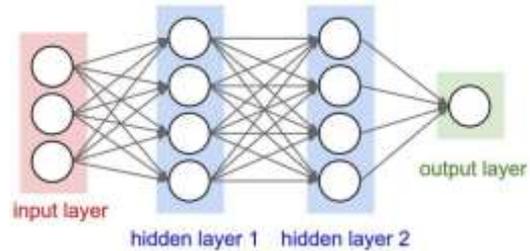
Gambar 2. Diagram Blok MFCC

Tiap tahapan memiliki fungsinya masing-masing, yakni *Frame Blocking* untuk membagi sinyal audio ke dalam beberapa *frame*, *windowing* untuk meruncingkan *frame* di awal dan di akhir, *FFT* untuk mengubah *frame* dari sebuah domain waktu ke dalam domain frekuensi, *mel frequency wrapping* untuk memperoleh nilai *mel spectrum*, dan *cepstrum* untuk mengubah *spectrum log mel* menjadi domain waktu.

2.5 Convolutional Neural Network (CNN)

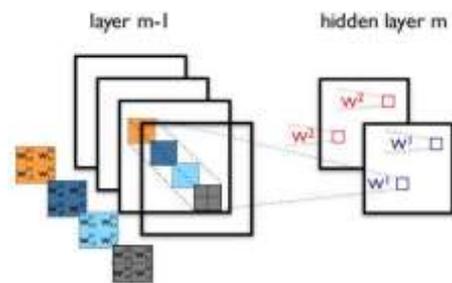
Convolutional Neural Network atau yang disingkat menjadi CNN merupakan perkembangan *Multilayer Perceptron* (MLP) yang dirancang dalam mengolah sebuah data bentuk dua dimensi. CNN juga masuk dalam jenis *Deep Neural Network* dikarenakan memiliki jaringan dengan kedalaman yang tinggi serta sering diaplikasi dalam data gambar atau citra [7].

CNN memiliki proses kerja dengan kesamaan yang dimiliki MLP, tetapi perbedaannya setiap neuron dipresentasikan ke dalam bentuk dua dimensi, tidak seperti MLP hanya berukuran satu dimensi. Arsitektur MLP sederhana dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur MLP Sederhana

Dikarenakan memiliki sifat yang berproses secara konvolusi, maka CNN hanya dipergunakan untuk data yang mempunyai struktur dua dimensi seperti gambar serta suara. Proses Konvolusi dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses Konvolusi pada CNN

2.6 Confusion Matrix Multi Class

Confusion Matrix adalah sebuah alat dengan fungsional untuk melakukan pengujian terhadap pengidentifikasi apakah bisa mengenali *tuple* dari kelas berbeda [8]. Di dalam *Confusion Matrix* terdapat empat variabel yang dibutuhkan untuk mengetahui performa pengidentifikasi yakni *True Positif* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP) serta *False Negative* (FN) dapat dilihat [ada table 1.

Tabel 1. Confusion Matrix

Kelas Sebenarnya	Kelas yang Diprediksi		
	Apel	Mangga	Jeruk
Apel	PAA	PMA	PJA
Mangga	PAM	PMM	PJM
Jeruk	PAJ	PMJ	PJJ

Pada tabel 1 didapatkan nilai TP pada kelas Apel adalah nilai PAA, untuk nilai TN adalah nilai PMM + PJM + PMJ + PJJ, untuk nilai FP adalah nilai PMA + PJA dan untuk nilai FN adalah PAM + PAJ. Pada kelas Mangga nilai TPnya adalah PMM, untuk nilai TN adalah PAA + PJA + PAJ + PJJ, untuk nilai FP adalah PAM + PJM dan nilai FN adalah PMA + PMJ. Pada kelas Jeruk nilai TPnya adalah PJJ, untuk nilai TN adalah PAA + PMA + PAM + PMM,

untuk nilai FP adalah PAJ + PMJ dan FN adalah PJA + PJM.

Jika sudah didapat nilai TP, FP, FN dan TN bisa dicari nilai akurasi, presisi, recall dan F-measure yang digunakan untuk mengetahui performa model yang dikembangkan. Untuk nilai-nilai tersebut juga bisa didapat dari persamaan 1,2,3 dan 4 sesuai persamaan berikut.

$$Akurasi = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \times 100\% \quad (1)$$

$$Presisi = \frac{(TP)}{(TP+FP)} \times 100\% \quad (2)$$

$$Recall = \frac{(TP)}{(TP+FN)} \times 100\% \quad (3)$$

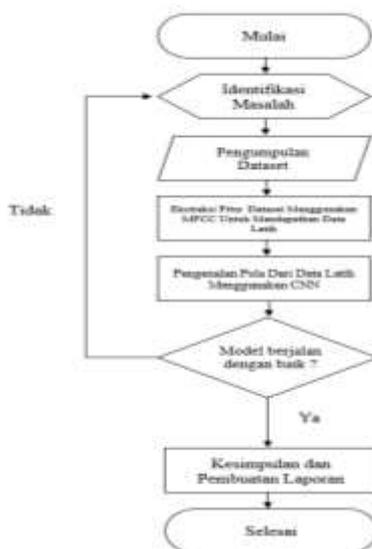
$$F-Measure = 2 \times \frac{(Presisi \times Recall)}{(Presisi + Recall)} \times 100\% \quad (4)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Musholla Umar Bin Khattab Perum Jimbaran Asri, Jimbaran, Kuta Selatan, Badung dimulai bulan Maret sampai dengan bulan Agustus 2021.

3.1 Diagram Alir Penelitian

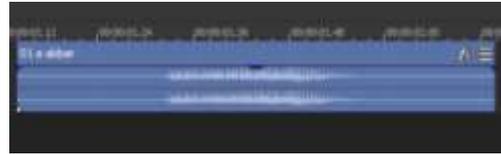
Perancangan model pengenalan suara Huruf Hijaiyah dibagi menjadi empat tahap, yaitu pengumpulan data latihan suara Huruf Hijaiyah, ekstraksi fitur suara Huruf Hijaiyah menggunakan metode MFCC, pengenalan pola suara Huruf Hijaiyah menggunakan metode CNN dan pengujian performa menggunakan metode *Confusion Matrix*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3.2 Pengumpulan Dataset Suara Huruf Hijaiyah

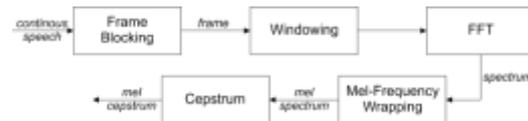
Pengumpulan dataset Huruf Hijaiyah dilakukan dengan cara merekam suara pelafalan Huruf Hijaiyah, kemudian suara dipangkas sehingga berdurasi 1 detik seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Pemangkasan Dataset Suara Menjadi Berdurasi 1 Detik

3.3 Ekstraksi Fitur Suara

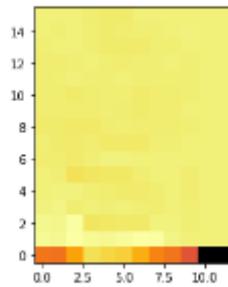
Ekstraksi fitur suara dilakukan dengan metode *Mel Frequency Cepstrum Coefficient* yang terdiri dari beberapa sub-proses yang saling berhubungan sehingga dapat menghasilkan ekstraksi fitur dari sebuah rekaman suara. Diagram blok MFCC dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram Blok MFCC

Proses pertama MFCC adalah input *file audio* dengan format *.wav* dan dilakukan proses *Frame Blocking* yakni proses pemisahan suara menjadi beberapa *frame* dan satu *frame* terdiri dari beberapa sampel. Hasil *frame* dari *Frame Blocking* kemudian dilakukan *windowing* yakni meruncingkan sinyal ke angka nol pada permulaan dan akhir setiap *frame*. Output dari *windowing* akan diproses FFT untuk mengubah setiap *frame* ke-N sampel dari domain waktu menjadi domain frekuensi.

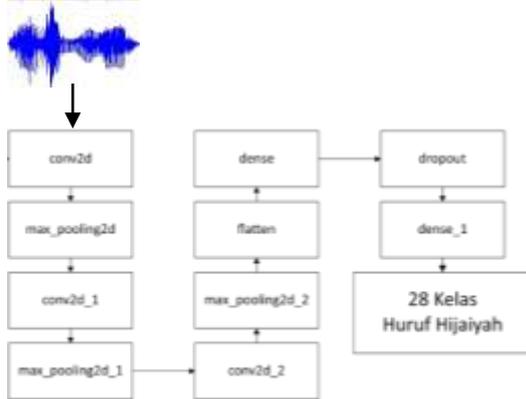
Output dari proses FFT berupa *spectrum* dan diolah kembali dengan proses *Mel Frequency Wrapping* untuk mendapatkan nilai *Mel Spectrum*. Nilai *Mel Spectrum* diolah lagi pada proses *Cepstrum* yakni untuk mengubah *Spectrum Log Mel* menjadi domain waktu kemudian didapatkan hasil *Mel Frequency Cepstrum Coefficient*. Contoh hasil ekstraksi fitur MFCC dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Contoh Hasil Ekstraksi Fitur MFCC

3.4 Pengenalan Pola Suara Huruf Hijaiyah

Pengenalan pola suara Huruf Hijaiyah dilakukan dengan metode CNN. Berikut adalah diagram proses dari arsitektur jaringan CNN yang menjelaskan beberapa proses sehingga terbentuknya jaringan syaraf tiruan pada gambar 9.



Gambar 9. Arsitektur Jaringan CNN

Pada gambar 9 terdapat beberapa layer yang memiliki fungsi berbeda-beda. Dimulai *convolusi* yang berfungsi untuk meringkas dimensi dengan cara pergeseran, *pooling* berfungsi untuk mereduksi data tanpa merusak kualitas data, *flatten* untuk meratakan dimensi data, *dense* untuk menambahkan *layer* yang *fully connected* dan *dropout* berfungsi untuk membuang sebagian data agar terhindar dari *overfitting*.

3.5 Skenario Pengujian

Skenario pengujian dilakukan dengan cara pencocokan antara huruf apa yang diprediksi oleh model dengan huruf apa yang sebenarnya dibaca. Semakin banyak kecocokan antara huruf yang diprediksi dengan huruf yang sebenarnya maka semakin tinggi performa model pengenalan. Skenario pengujian model dapat dilihat pada gambar 10.

```
[ ] # TEST: Load model and run it against test set
model = models.load_model(model_filename)
for i in range(326):
    print('Answer:', np.argmax(y_test[i])+1, ' Predi

Answer: 16 Prediction: 16 Value: 0.98880596
Answer: 5 Prediction: 5 Value: 0.8868052
Answer: 27 Prediction: 28 Value: 0.9962425
Answer: 1 Prediction: 1 Value: 0.14196835
Answer: 28 Prediction: 28 Value: 0.43319758
Answer: 23 Prediction: 18 Value: 0.12125815
Answer: 14 Prediction: 15 Value: 0.5612813
Answer: 11 Prediction: 11 Value: 0.88928992
Answer: 8 Prediction: 8 Value: 0.6875278
Answer: 22 Prediction: 22 Value: 0.32812925
Answer: 28 Prediction: 28 Value: 0.9998399
Answer: 18 Prediction: 18 Value: 0.16173187
Answer: 4 Prediction: 3 Value: 0.19486575
Answer: 6 Prediction: 6 Value: 0.48721716
```

Gambar 10. Skenario Pengujian Model 4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan Dataset

Dataset yang terkumpul berjumlah 3360 suara dan akan dibagi menjadi tiga bagian yakni data latih sebesar 80%, data uji sebesar 10% dan data validasi sebesar 10%. Pembagian *dataset* dapat dilihat pada tabel 2.

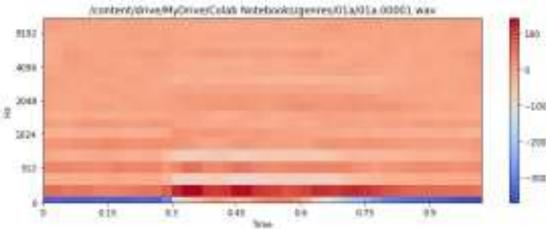
Tabel 2. Pembagian Dataset

No	Nama	Jumlah Data		
		Training	Validation	Testing
1	A	97	12	12
2	Ba	97	12	12
3	Ta	97	12	12
4	Tsa	97	12	12
5	Ja	97	12	12
6	Kha	97	12	12
7	Kho	97	12	12
8	Da	97	12	12
9	Dza	97	12	12
10	Ro	97	12	12
11	Za	97	12	12
12	Sa	97	12	12
13	Sya	97	12	12
14	So	97	12	12
15	Dho	97	12	12
16	To	97	12	12
17	Zo	97	12	11
18	'A	97	12	11
19	Go	97	11	11
20	Fa	97	11	11
21	Qo	97	11	11
22	Ka	97	11	11
23	La	96	11	11
24	Ma	96	11	11
25	Na	96	11	11
26	Wa	96	11	11
27	Ha	96	11	11
28	Ya	96	11	11
Total		2710	326	324

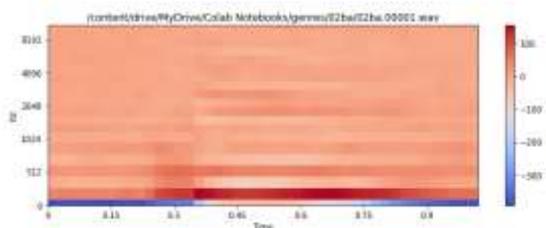
4.2 Ekstraksi Fitur Suara

Ekstraksi fitur suara dilakukan dengan metode MFCC menghasilkan sebuah parameter array yang akan dikenali polanya oleh CNN pada tahap berikutnya. Parameter array jika dijadikan histogram

maka akan berupa grafik seperti pada gambar 11 dan gambar 12.



Gambar 11. Histogram Ekstraksi Fitur Suara Huruf A



Gambar 12. Histogram Ekstraksi Fitur Suara Huruf BA

4.3 Pengenalan Pola Suara

Pada tahap pengenalan pola suara model yang dibangun akan memprediksi huruf apa yang dibaca. Jika prediksi Huruf Hijaiyah dari model sama dengan Huruf Hijaiyah yang sebenarnya dibaca maka prediksi dinyatakan benar, dan berlaku sebaliknya. Data hasil prediksi salah dan benar oleh model pengenalan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengenalan Pola CNN

Huruf	Prediksi Benar	Prediksi Salah
Huruf A	7	7
Huruf Ba	3	10
Huruf Ta	5	7
Huruf Tsa	3	5
Huruf Ja	7	3
Huruf Kha	6	9
Huruf Kho	9	0
Huruf Da	8	10
Huruf Dza	6	4
Huruf Ro	6	5
Huruf Za	4	10
Huruf Sa	4	7
Huruf Sya	10	1
Huruf Sho	6	4
Huruf Dho	7	5
Huruf Tho	3	2
Huruf Dzho	2	10
Huruf 'A	7	6
Huruf Go	3	7
Huruf Fa	5	7
Huruf Qo	4	8
Huruf Ka	4	8
Huruf La	8	3
Huruf Ma	7	4
Huruf Na	5	9

Huruf Wa	4	9
Huruf Ha	3	4
Huruf Ya	14	2
Total	160	166

4.4 Pengujian Performa

Berdasarkan pengujian menggunakan metode *Confusion Matrix* didapatkan beberapa parameter, yakni *True Positive* (TP), *False Positive* (FP), *False Negative* (FN), *Precisi* dan *Recall*. Data hasil pengujian menggunakan metode *Confusion Matrix* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian *Confusion Matrix*

Motif / class	TP	FP	FN	Precisi	Recall
Huruf A	7	7	2	0,5	0,78
Huruf Ba	3	10	0	0,23	1
Huruf Ta	5	7	11	0,42	0,31
Huruf Tsa	3	5	5	0,38	0,38
Huruf Ja	7	3	5	0,7	0,58
Huruf Kha	6	9	1	0,4	0,86
Huruf Kho	9	0	8	1	0,53
Huruf Da	8	10	4	0,44	0,67
Huruf Dza	6	4	7	0,6	0,46
Huruf Ro	6	5	9	0,55	0,4
Huruf Za	4	10	6	0,29	0,4
Huruf Sa	4	7	4	0,36	0,5
Huruf Sya	10	1	3	0,91	0,77
Huruf Sho	6	4	2	0,6	0,75
Huruf Dho	7	5	5	0,58	0,58
Huruf Tho	3	2	3	0,6	0,5
Huruf Dzho	2	10	4	0,17	0,33
Huruf 'A	7	6	6	0,54	0,54
Huruf Go	3	7	11	0,3	0,21
Huruf Fa	5	7	2	0,42	0,71
Huruf Qo	4	8	6	0,33	0,4
Huruf Ka	4	8	8	0,33	0,33
Huruf La	8	3	13	0,73	0,38
Huruf Ma	7	4	8	0,64	0,47
Huruf Na	5	9	8	0,36	0,38
Huruf Wa	4	9	2	0,31	0,67
Huruf Ha	3	4	18	0,43	0,14
Huruf Ya	14	2	5	0,88	0,74
Total / rata-rata	160	166	166	0,5	0,53

Berdasarkan persamaan 2 dan persamaan 3 model pengidentifikasi Huruf Hijaiyah menggunakan *dataset* berjumlah 3360 suara berhasil mencapai nilai rata-rata presisi sebesar 0,5 dan nilai rata-rata *recall* sebesar 0,53. Jika nilai presisi dan *recall* sudah didapat maka dapat dihitung nilai *F-measure* untuk mengetahui tingkat akurasi dalam mengenali objek. Berdasarkan persamaan 4 maka nilai *F-measure* pada model pengenalan Huruf Hijaiyah dengan *dataset* sebanyak 3360 suara adalah sebesar 0,514.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan Analisa pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode MFCC dan CNN telah berhasil digunakan untuk mengembangkan

model pengenalan Huruf Hijaiyah. Dua proses dilakukan untuk model agar dapat mengenali pengucapan Huruf Hijaiyah yakni proses ekstraksi fitur suara dan proses pengenalan pola suara. *Dataset* dibagi menjadi tiga bagian yakni data latih sebesar 80%, data validasi sebesar 10% dan data uji sebesar 10%. Berdasarkan pengujian menggunakan metode *Confusion Matrix* didapat nilai akurasi sebesar 49,1%, nilai presisi sebesar 50%, nilai recall sebesar 53% dan nilai F-measure sebesar 0,514.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khrisne, D. C., & Hendrawati, T. (2020). Indonesian Alphabet Speech Recognition for Early Literacy using Convolutional Neural Network Approach. *Journal of Electrical, Electronics and Informatics*, 4(1), 34. <https://doi.org/10.24843/jeei.2020.v04.i01.p06>
- [2] Aminudin, et. All (2005). *Pendidikan Agama Islam Untuk Perguruan Tinggi Umum*. Bogor: Ghalia Indonesia, hal. 45. Jatmiko, W., Mursanto, P., Afif, F. A. & Zaman, B., 2011.
- [3] Munjiah, Ma'rifatul. (2009). *Imla' Teori dan Terapan*. UIN Malang Press.
- [4] Santoso, H., & Fakhriza, M. (2018). Perancangan Aplikasi Keamanan File Audio Format Wav (Waveform) Menggunakan Algoritma Rsa. *ALGORITMA: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 2(1), 47–54.
- [5] Abriyono dan Harjoko, A., (2012). *Pengenalan Ucapan Suku Kata Bahasa Lisan Menggunakan Ciri LPC, MFCC, dan JST*. *Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems*, 6(2), hal.23–34.
- [6] Chamidy, T., (2016). *Metode Mel Frequency Cepstral Coeffisients (MFCC) Pada klasifikasi Hidden Markov Model (HMM) Untuk Kata Arabic pada Penutur Indonesia*. *Matics*, 8(1), hal.36–39. Available at: <http://ejournal.uinmalang.ac.id/index.php/saintek/article/view/3482>.
- [7] Putra, Eka & Suartika, Wayan. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, vol. 5, no. 1.
- [8] Han, J. dan M. Kamber. 2001. *Data Mining: Concepts and Techniques. Tutorial*. Morgan Kaufman Publisher. San Francisco