

**ANALISIS TINGKAT AKURASI ALGORITMA MFCC DAN KNN
UNTUK MENDETEKSI BACAAN AYAT SUCI AL-QUR'AN
(STUDY KASUS : QS. AL-FATIHAH AYAT 1-7)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

NURBAITY

NIM. 190705027

**Mahasiswi Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Informasi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TINGKAT AKURASI ALGORITMA MFCC DAN KNN
UNTUK MENDETEKSI BACAAN AYAT SUCI AL-QUR'AN
(STUDY KASUS : QS. AL-FATIHAH AYAT 1-7)

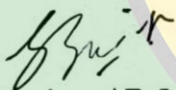
SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknologi Informasi


Pada Hari/Tanggal: Jum'at, 22 Desember 2023
9 Jumadil Akhir 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

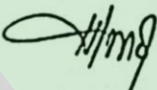
Ketua,


Khairan AR, M.Kom
NIP : 198607042014031001

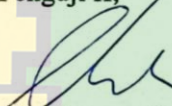
Sekretaris,


Hendri Ahmadian, S.Si., M.I.M
NIP : 198301042014031002

Penguji I,


Nazaruddin Ahmad, M.T
NIP : 198206052014031002

Penguji II,


Malahayati, M.T
NIP : 198301272015032003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh


Dr. Ir.M.Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP.196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurbaity
NIM : 190705027
Program Studi : Teknologi Informasi
Fakultas : Sains Dan Teknologi
Judul Skripsi : Analisis Tingkat Akurasi Algoritma MFCC dan KNN untuk Mendeteksi Bacaan Ayat Suci Al-Qur'an (Study Kasus : QS. Al-Fatihah Ayat 1-7)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggungjawab atas karya ini;

Bila kemudian hari ini ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat mempertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 31 Desember 2023

Yang Menyatakan


Nurbaity



ABSTRAK

Nama : Nurbaity
NIM : 190705027
Program Studi : Teknologi Informasi
Fakultas : Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Analisis Tingkat Akurasi MFCC dan KNN untuk Mendeteksi AyatSuci Al-Qur'an (Study Kasus : QS. Al-Fatihah Ayat 1-7)
Tanggal Sidang : 22 Desember 2023 / 09 Jumadil Akhir 1445 H
Tebal Skripsi : 77 Halaman
Pembimbing I : Khairan AR, M.Kom
Pembimbing II : Hendri Ahmadian, S.Si., M.I.M
Kata Kunci : Al-Qur'an, MFCC dan KNN

Al-Quran merupakan pedoman hidup yang penting untuk dipelajari kaum muslimin, adapun agar kaum muslimin senantiasa berinteraksi dengan Al-Qur'an sebagaimana penggunaan teknologi seperti *handphone* menjadi alat yang paling sering dipakai oleh manusia, maka perlu keduanya disatukan menjadi satu pemakaian yang dapat digunakan dimanapun dan kapanpun pengguna berada. Penelitian ini menggunakan file suara berbentuk .mp3 yang kemudian diubah ke format .wav dengan menggunakan algoritma ekstraksi ciri fitur suara MFCC dan klasifikasi KNN. Dengan metode MFCC ini dapat membantu mendapatkan pola suara berbentuk nilai yang menghasilkan nilai akurat dalam mengklasifikasi model yang digunakan oleh KNN. Jumlah dataset yang digunakan yaitu 322 rekaman suara bacaan Al-Fatihah ayat 1-7 yang sudah dipotong per ayatnya. Pada pembuatan model juga dibantu dalam menghasilkan akurasi yang tepat menggunakan *Confusion Matrix* dengan menghasilkan tingkat akurasi terbaik dengan nilai k=1 sebesar 86%, k=2 sebesar 82%, k=3 sebesar 82%, k=5 sebesar 79% dan k=7 sebesar 76%.

Kata kunci : Al-Qur'an, MFCC dan KNN

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah yang mana dengan rahmat dan karunianya yang tak terhingga kita dapat merasakan nikmat sehat, nikmat iman, nikmat waktu yang lapang, nikmat kesempatan dalam melakukan amal shalih semasa di dunia sehingga sudah selayaknya kita senantiasa untuk bersyukur atas segala pemberianNya. Shalawat dan salam kepada baginda Nabi Muhammad SAW. beserta keluarga beliau, sahabat beliau yang dengan perjuangan merekalah sampai kita umatnya di akhir zaman ini bisa menikmati sempurnanya islam. Dengan islam yang beliau bawalah membantu kita dalam mengenali dunia dan mempelajari ilmu-ilmunya yang berlimpah. Alhamdulillah, Penulis yang dengan keterbatasan ini sudah menyelesaikan sedikit dari banyaknya ilmuNya yaitu sebuah skripsi hasil penelitian penulis pada tahap proses menjadi seorang sarjana strata 1 yang berjudul “**Analisis Tingkat Akurasi Algoritma MFCC dan KNN untuk Mendeteksi Bacaan Ayat Suci Al-Qur’an (QS. Al-Fatihah Ayat 1-7)**”.

Penulisan skripsi ini adalah salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Fakultas Sains dan Teknologi di UIN Ar-Raniry, Banda Aceh. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak sekali menghadapi kesulitan baik dalam teknik penulisan maupun dalam penguasaan bahan.

Walaupun demikian, penulis tidak putus asa dalam menghadapi permasalahan, dan dengan adanya dukungan dari berbagai pihak terutama sekali dosen pembimbing, kesulitan yang penulis hadapi dapat teratasi. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua yang penulis cintai karena Allah, Rudi Saputra dan Julidar Tanjung yang senantiasa mendoakan, membimbing, mendidik, serta memberikan semangat dan dukungan kebaikan tanpa batas, semoga Allah membalas segala jasa-jasanya dengan kebaikan yaitu SurgaNya.
2. Kepada kakak dan kedua abang penulis yang tercinta, Yudi Aditya Sari, Ruzuldi Zein dan Aji Reza Fahlevi terimakasih atas doa terbaiknya serta dukungan yang tiada tara baik materi maupun non materi.
3. Segenap keluarga dan sahabat yang selalu menyemangati dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir.
4. Bapak Khairan AR, M.Kom sebagai pembimbing pertama dan Hendri Ahmadian, S.Si., M.I.M sebagai pembimbing kedua, yang telah meluangkan waktunya dan mencurahkan pemikirannya dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Ketua Prodi Teknologi Informasi Ibu Ima Dwitawati, MBA., Sekretaris Prodi Teknologi Informasi Khairan AR, M.Kom, serta staf Prodi yang telah ikut membantu proses pelaksanaan penelitian.

6. Kepada Staf Prodi Ibu Cut Ida Rahmadiana, S.Si. yang telah membantu membantu penulis dalam hal pengurusan administrasi dan surat-surat untuk keperluan penyelesaian tugas akhir.
7. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Teknologi Informasi yang telah memberikan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi informasi kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir karya ilmiah ini.
8. Sahabat dan teman-teman mahasiswa program studi Teknologi Informasi angkatan 2019 serta seluruh keluarga Teknologi Informasi yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Dan untuk semuanya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Banda Aceh, 31 Desember 2023

Penulis



Nurbaity



جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

DAFTAR ISI

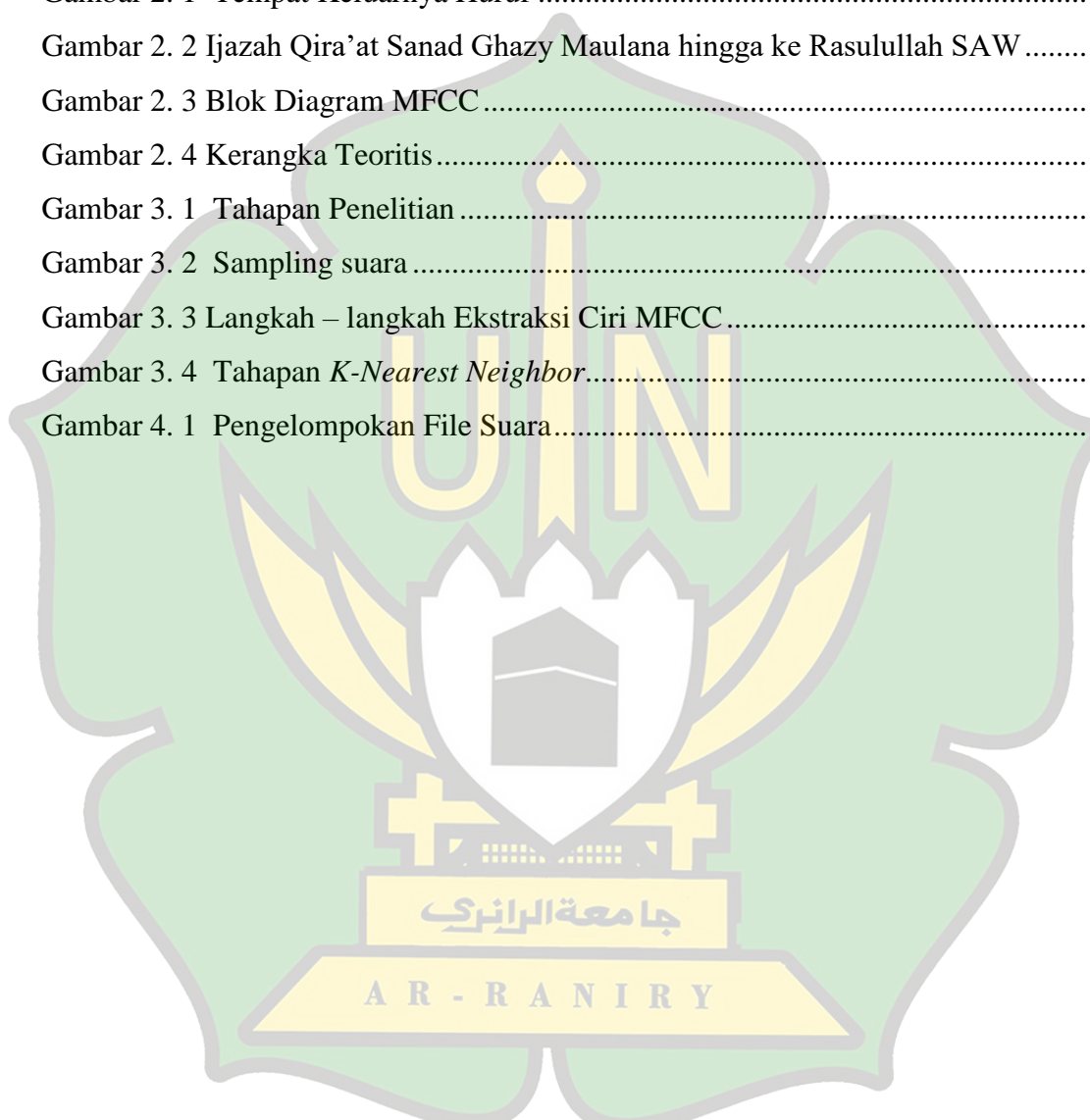
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Rumusan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Struktur Kepenulisan	6
BAB II	7
KAJIAN LITERATUR	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Kajian Teoritis	12
2.3. Kerangka Teoritis	30
2.4. Hipotesis Penelitian	32
BAB III	33
METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1. Rancangan Penelitian	33
3.2. Teknik Pengumpulan Data	34
3.3. Sampling	35
3.4. Analisis Data	36

3.5. Waktu dan Tempat Penelitian	40
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Mempersiapkan Dataset	41
4.2. Sampling.....	42
4.3. Ekstraksi Ciri Menggunakan MFCC	42
4.4. Klasifikasi Sinyal Suara Menggunakan KNN.....	53
BAB V.....	59
KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62
RIWAYAT HIDUP.....	70



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tempat Keluarnya Huruf	14
Gambar 2. 2 Ijazah Qira'at Sanad Ghazy Maulana hingga ke Rasulullah SAW	16
Gambar 2. 3 Blok Diagram MFCC	19
Gambar 2. 4 Kerangka Teoritis	31
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian	33
Gambar 3. 2 Sampling suara	36
Gambar 3. 3 Langkah – langkah Ekstraksi Ciri MFCC	37
Gambar 3. 4 Tahapan <i>K-Nearest Neighbor</i>	38
Gambar 4. 1 Pengelompokan File Suara	41



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Confusion Matrix</i>	27
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	40
Tabel 4. 1 Nilai Sampel ayat_1	42
Tabel 4. 2 Nilai Sinyal Suara Setelah <i>Pre-Emphasis</i> ayat_1	43
Tabel 4. 3 Nilai Sinyal Suara Setelah <i>Frame Blocking</i> ayat_1 <i>Frame 0</i>	44
Tabel 4. 4 Nilai Sinyal Suara Setelah <i>Windowing</i> ayat_1 <i>Frame 0</i>	45
Tabel 4. 5 Nilai Sinyal Suara Setelah FFT ayat_1 <i>Frame 0</i>	46
Tabel 4. 6 Nilai Sinyal Suara Setelah Spektral Energi ayat_1 <i>Frame 0</i>	47
Tabel 4. 7 Nilai <i>Mel-Frequency</i>	48
Tabel 4. 8 Nilai Frekuensi	48
Tabel 4. 9 Nilai Bin	49
Tabel 4. 10 Nilai Sinyal Suara Setelah Filterbank ayat_1 <i>Frame 0</i>	49
Tabel 4. 11 Nilai Konversi ke Satuan dB ayat_1 <i>Frame 0</i>	50
Tabel 4. 12 Nilai Sinyal Suara Setelah DCT ayat_1 <i>Frame 0</i>	50
Tabel 4. 13 Nilai Sinyal Suara Setelah <i>Cepstral Liftering</i> ayat_1 <i>Frame 0</i>	51
Tabel 4. 14 Hasil Akhir MFCC Suara 1 <i>Frame 0</i>	52
Tabel 4. 15 Penggabungan Nilai dan Pelabelan	53
Tabel 4. 16 Mengubah Kolom Label menjadi Angka 0	55
Tabel 4. 17 Akurasi KNN dengan k=1	56
Tabel 4. 18 Akurasi KNN dengan k=2	56
Tabel 4. 19 Akurasi KNN dengan k=3	57
Tabel 4. 20 Akurasi KNN dengan k=5	57
Tabel 4. 21 Akurasi KNN dengan k=7	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Al-Qur'an merupakan pedoman hidup kaum muslimin, yang mana Al-Qur'an ibarat kompas yang mengarahkan manusia berada di jalan yang benar. Namun saat ini kaum muslimin masih banyak yang tidak bisa membaca Al-Qur'an sesuai kaidah tajwidnya, bahkan panjang pendek dan makhraj hurufnya tidak tepat. Ini menjadi masalah dimana seorang guru yang mengajarkan tajwid pun sangat sulit di dapat dikalangan orang-orang yang awam dengan kaidah bacaan Al-Qur'an ini. Mungkin saja ada, namun sangat sulit untuk dijangkau oleh orang yang ingin belajar, mulai dari waktu yang padat sehingga untuk mengejar lokasi belajar tidak memungkinkan, kendaraan yang sebagian orang ingin belajar terbatas sehingga kesulitan menjangkau lokasi belajar, lokasi tempat belajar jauh dari orang yang ingin belajar, sampai pada kendala keuangan yang membuat orang-orang yang punya niat untuk memperbaiki bacaan Al-Qur'an-nya justru mengurungkan niatnya untuk belajar.

Melihat dari banyaknya kendala ini penulis ingin menyelesaikan masalah dengan merancang sistem pendeteksi bacaan ayat suci Al-Qur'an menggunakan algoritma *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan *K-Nearest Neighbors* (KNN). MFCC adalah salah satu teknik yang banyak digunakan dalam teknologi ucapan untuk pengenalan suara dan pembicara. Metode ini melakukan ekstraksi ciri untuk mendapatkan *cepstral coefficients* dan *frame* yang nantinya dapat digunakan

dalam pemrosesan pengenalan suara agar memiliki ketepatan yang lebih baik (Dwi Prasetya Candra, 2021). Suara bacaan Al-Qur'an akan direkam dan kemudian diolah atau diproses oleh MFCC sebagai ekstraksi ciri dari masukan bacaan lainnya yang kemudian menjadi masukan untuk *Support Vector Machine* (SVM) yang kemudian akan menentukan sinyal suara dalam pengenalan ayat Al-Qur'an.

Sedangkan KNN adalah teknik non-parametrik yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi. Dengan memilih k data yang paling mirip dengan data baru, KNN mengklasifikasikan data baru yang belum diketahui kelasnya. Kelas yang diproyeksikan untuk data baru akan dipilih sebagai kelas dengan jumlah k data terdekat dan terbanyak (Yaumi et al., 2020). KNN yang akan mengklarifikasi objek baru setelah percobaan menggunakan ciri MFCC.

Penelitian dengan menggunakan ciri MFCC sebelumnya telah dilakukan oleh Rizki Suwanda, dkk pada tahun 2019 untuk ekstraksi sinyal suara dengan MFCC pada pelafadzan ayat Al-Qur'an. Penelitian ini juga menggunakan model SVM dengan pengujian masing-masing ayat yang memiliki nilai true dan false yang berbeda. Dengan penelitian ini menemukan hasil yaitu rata-rata dari suara mampu dideteksi dengan baik (Suwanda, 2019). Juga penelitian yang dilakukan oleh Hafizh Ahmad Dinan, dkk pada tahun 2020 untuk membuat aplikasi sistem pembelajaran tentang hukum dalam membaca Al-Qur'an. Penelitian ini menggunakan algoritma LPC dan KNN untuk mengenali suara berupa ayat. Objek yang di uji yaitu QS. Al-Fatihah ayat 1-6 dengan hasil persentase rata-rata 83.3-93.3% (Yaumi et al., 2020).

Selain itu penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Dwi Prasetya Candra pada tahun 2021 untuk mengklasifikasi suara pengucapan kalimat tayyibah oleh penutur Indonesia dengan menggunakan metode MFCC dan KNN. Pada penelitian tersebut mendapatkan akurasi terbaik yang dihasilkan sebesar 93% (Dwi Prasetya Candra, 2021).

Melihat dari penelitian terdahulu di atas, masing-masing peneliti melakukan penelitian dengan algoritma yang berbeda dan objek yang berbeda. Penelitian pertama menggunakan algoritma MFCC dan SVM dengan objek untuk pelafadzan ayat Al-Qur'an. Penelitian kedua menggunakan algoritma LPC dan KNN untuk membuat aplikasi sistem pembelajaran tentang hukum bacaan Al-Qur'an. Dan yang ketiga, peneliti menggunakan algoritma MFCC dan KNN untuk mengklasifikasi suara pengucapan kalimat thayyibah, yaitu uji coba dengan perkata huruf hijaiyah.

Adapun yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah peneliti menggunakan ekstraksi ciri algoritma MFCC dan pencocokan klasifikasi algoritma KNN untuk mendeteksi tingkat keakuratan file suara bacaan ayat Al-Qur'an surah Al-Fatihah ayat 1-7 yang diuji berdasarkan suara per-ayat, buka perkata. Adapun alasan peneliti mengambil file suara QS. Al-Fatihah ayat 1-7 sebagai objek penelitian yaitu dikarenakan surah ini merupakan surah pembukaan pertama dalam Al-Qur'an dan juga surah wajib yang selalu dibacakan dalam shalat.

Melihat dari uraian yang dijelaskan oleh peneliti diatas maka peneliti mengambil Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Tingkat Akurasi Algoritma MFCC dan KNN untuk Mendeteksi Pembacaan Ayat Suci Al-Qur’an (Studi Kasus : QS. Al-Fatihah ayat 1-7)**”.

1.2. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi dalam penelitian ini yaitu : Proses ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN untuk melihat tingkat akurasi file suara bacaan ayat Al-Qur’an surah Al-Fatihah ayat 1-7 belum digabungkan sebelumnya.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah maka dapat dirumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana proses ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN untuk fitur suara bacaan ayat Al-Qur’an surah Al-Fatihah ayat 1-7 ?
2. Bagaimana tingkat akurasi ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN untuk fitur suara bacaan ayat Al-Qur’an surah Al-Fatihah ayat 1-7 ?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah dan rumusan masalah yang diuraikan oleh peneliti, maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui proses dari ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN fitur suara dengan menggunakan objek penelitian file suara bacaan ayat Al-Qur'an surah Al-Fatihah ayat 1-7.
2. Untuk melihat tingkat akurasi ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN fitur suara dengan menggunakan objek penelitian file suara bacaan ayat Al-Qur'an surah Al-Fatihah ayat 1-7.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah dan tujuan masalah, maka manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis, akan menambah pemahaman, wawasan dan ilmu pengetahuan begitu juga pengalaman yang penulis dapatkan tentang kedua algoritma yang sedang penulis teliti, yaitu ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN serta hal-hal yang berhubungan dengan penelitian ini. Juga akan menambah referensi mengenai proses dalam membuat sistem pembelajaran, serta dapat memberi bahan evaluasi kepada penulis agar lebih baik dan kompeten serta luas pemahaman jika menemukan masalah dan mampu mengatasi masalah tersebut dengan memberikan solusinya dengan keahlian yang penulis miliki.
2. Bagi Program Studi Teknologi Informasi, harapannya penelitian ini dapat menjadi salah satu sumber referensi ataupun sebagai landasan dalam penelitian mahasiswa/i lainnya yang akan atau sedang melakukan penelitian. Serta penelitian ini mampu memberikan pengaruh besar dalam perkembangan Program

Studi Teknologi Informasi untuk dapat menyelesaikan masalah yang mungkin belum terselesaikan.

1.6. Struktur Kepenulisan

Bab I Pendahuluan, yang mencakup Latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur penelitian.

Bab II Kajian Literatur, yang meliputi penelitian terdahulu, kajian teoritis, kerangka teoritis dan hipotesis penelitian.

Bab III Metodologi Penelitian, yang berisi tentang metode atau hal-hal yang menjelaskan jalan terbuatnya proses penggunaan kedua algoritma yaitu ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN dalam mengimplementasikannya kepada suatu objek yang saat ini peneliti teliti yaitu bacaan ayat suci Al-Qur'an surah Al-Fatihah ayat 1-7.

Bab IV Pembahasan, yang berisikan hasil penelitian dan analisis data ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN dari hasil penelitian.

Bab V Penutup, yaitu kesimpulan hasil penelitian dan pembahasan serta saran - saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II KAJIAN LITERATUR

2.1. Penelitian Terdahulu

Terkait dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan metode MFCC dan KNN, maka dibutuhkan referensi atau penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian bertujuan untuk tidak ditemukannya duplikasi atau plagiat. Sehingga dengan penelitian terdahulu yang dicantumkan, peneliti dapat melakukan hal yang berbeda dari peneliti-peneliti sebelumnya. Berikut ini merupakan penelitian yang terkait atau berhubungan dengan penelitian penulis.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Pandu Deski Prasetyo, dkk pada tahun 2019 dengan judul “Klasifikasi Genre Musik Menggunakan Metode *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* (MFCC) dan *K-Nearest Neighbors Classifier*”. Peneliti bermaksud ingin membedakan tiap-tiap musik genre supaya dapat dibedakan oleh orang lain tanpa harus memutarinya satu persatu. Pop, rock, dangdut, jazz, folk, metal, dan genre musik lainnya digunakan dalam penelitian ini, dan tingkat akurasi temuan adalah 52,4% dengan nilai $K = 13$ (Panduet al., 2019).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Rizki Suwanda, dkk pada tahun 2019 dengan judul “Kinerja Algoritma *Support Vector Machine* Berdasarkan Ekstraksi Sinyal Suara dengan *Mel-Frequency Cepstrum Coefficients* pada Pelafadzan Ayat Al-Qur’an”. Ekstraksi ciri MFCC diuji untuk melihat kinerja yang akan diklasifikasi oleh SVM yang dilakukan dengan menggunakan sampel suara bacaan ayat Al-Qur’an

yang terdiri dari 4 surah yaitu, QS. Al-Baqarah : 255-256, QS. At-Thalaq : 2-3, QS. At-Thariq : 1-3, dan QS. Al-Ghasiyah : 17-19. Masing-masing surah menghasilkan ciri ekstraksi bernilai *true* yang berbeda yang mana nilai akurasi tertinggi diperoleh pada QS. At-Thariq : 1-3 akurasi sebesar 70% dan terendah diperoleh pada QS. Al-Ghasiyah : 17-19 akurasi sebesar 56%. Peneliti menyimpulkan bahwa penggunaan ekstraksi ciri MFCC dengan klasifikasi algoritma SVM dapat dijadikan alternatif dalam pendekatan pengenalan suara (Suwanda, 2019).

Selanjutnya penelitian pada tahun 2020 yang dilakukan oleh Hasna Septi Dewi dengan judul “Penerapan Metode MFCC dan K-NN sebagai Sistem Pengenalan Suara untuk Mengenal Aksen Daerah”. Pada penelitian ini penulis ingin memberikan perbedaan pada pengucapan atau pelafalan intonasi suara yaitu dialek sunda Kuningan dan dialek Sunda Sumedang dengan menggunakan ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN. Pengujian ini mengambil objek sebagai penelitian yaitu menggunakan 3 kalimat pada setiap masing-masing daerah terhadap 60 data suara. Hasil dari penelitian ini memperoleh nilai rata-rata akhir dengan melakukan percobaan tiga kali klasifikasi nilai k yaitu k=3, k=5, k=7 pada kalimat pertama dengan masing-masing akurasi, presisi, *recall*, dan f-1 *score* sebesar 75%, 65%, 60%, kalimat kedua sebesar 75%, 65%, 60%, pada kalimat ketiga sebesar 75%, 65%, 65% (Hasna Septi Dewi, 2020).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Hafizh Achmad Dinan, dkk pada tahun 2020 dengan judul “Implementasi Algoritma LPC dan KNN untuk Sistem Pembelajaran Tajwid Maad Thabi’i Al-Qur’an”. Data yang digunakan untuk diteliti yaitu berupa hasil rekaman suara yang diambil dari situs <https://islamdownload.net/> dalam bentuk file *wav yaitu QS. Al-Fatihah ayat 1-6. Sistem dapat digunakan untuk mengenali suara dengan hasil pengujian yaitu pengucapan ayat pertama memiliki akurasi 83,3%, ayat kedua memiliki akurasi 86,7%, ayat ketiga memiliki akurasi 85%, ayat keempat memiliki akurasi 80%, bait kelima memiliki akurasi 88,3%, dan bait keenam memiliki akurasi 93,3% setelah melakukan pencarian LPC dan mencocokkan antara data suara koefisien Cepstral yang dilatih dengan data suara (Yaumi et al., 2020).

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Arif Rahman Fauzi pada tahun 2020 dengan judul “Simulasi Control Smart Home Berbasis *Mel Frequency Cepstral Coefficients* Menggunakan Metode *Support Vector Machine* (SVM)”. Penelitian menggunakan kedua algoritma tersebut untuk mengklasifikasikan ucapan yang mana data yang digunakan berupa file suara berbahasa Indonesia direkam pada setiap label katanya sebanyak 10 kali. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah akurasi sebesar 80% yaitu hasil menggunakan model ke dalam sistem, sistem *prototype* menunjukkan bahwa gadget merespons suara rata-rata dalam 443 milidetik saat *offline* dan terhubung ke jaringan lokal. (Fauzi, 2020).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Bachtiar Amin pada tahun 2020 dengan judul “Implementasi Metode MFCC dan LVQ untuk Pembelajaran Pelafalan Bahasa Inggris”. Penelitian ini menggunakan aksent British dan non British (aksent Amerika, aksent India, dan aksent Indonesia) sebagai objek yang akan diteliti. Objek berbentuk file rekaman suara berformat .wav yang diambil dari *Text to Speech* (bot) dengan durasi pengucapan selama 2 detik. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan nilai rata-rata *accuracy* sebesar 80%, nilai *precision* 85%, dan nilai *recall* 92%, dan nilai *F-Measure* sebesar 88% (Amin, 2020).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Dwi Prasetya Candra pada tahun 2021 dengan judul “Klasifikasi Suara dengan Ekstraksi Ciri *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* Menggunakan *Machine Learning*”. Data yang digunakan berbentuk data suara dalam bentuk file rekaman *.wav sebanyak 150 file dengan *sampling rate* 44100 Hz, *channel stereo*, resolusi 32 bit-float dan berdurasi rata-rata satu detik. Dari penelitian ini, ciri MFCC menghasilkan data dengan jumlah yang seminimal mungkin menggunakan parameter konstanta *pre-emphasis* = 0.97, jumlah *filterbank* = 40 dan jumlah *coefficient cepstral* = 12. Dalam penelitian ini model *Random Forest* menghasilkan nilai akurasi akhir sebesar 92.5%, model SVM menghasilkan nilai akurasi akhir sebesar 93%, dan pada model KNN menghasilkan nilai akurasi akhir sebesar 90%. Pada penelitian tersebut mendapatkan akurasi terbaik yang dihasilkan sebesar 93% (Dwi Prasetya Candra, 2021).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Daffa Iwandika Armaputra pada tahun 2022 dengan judul “*Speech Recognition Untuk Klasifikasi Emosi Menggunakan K-Nearest Neighbor*”. Penelitian ini juga menggunakan algoritma MFCC sebagai ekstraksi ciri pengujian penulis. Data yang digunakan merupakan data yang bersumber dari data internasional RAVDESS dan dataset *Speech of Indonesian* (SOI) dengan format file suara **wav* atau *m4a*. Klasifikasi emosi ini berupa netral, senang, sedih, marah dan takut yang mana peneliti mendapatkan hasil dari tahap-tahap pengujian hingga pada pengujian akhir yaitu emosi netral 2%, emosi sedih 14%, emosi bahagia 31%, emosi marah 29%, dan emosi takut 24% (Daffa Iwandika, 2022).

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hirulana, dkk pada tahun 2022 dengan judul “Aplikasi Identifikasi Nada Darbuka dengan Onset Detection, MFCC, dan KNN”. Darbuka merupakan alat musik hadrah yang berfungsi sebagai penanda saat vokal menaikkan atau menurunkan irama suara. Di penelitian ini akan mendeteksi onset untuk memecahkan pola nada, lalu setiap uji coba akan melalui proses ekstraksi ciri yaitu menggunakan fitur algoritma MFCC dengan parameter panjang *frame*, panjang *overlap*, dan jumlah koefisien. Setelah itu hasil dari ekstraksi ciri MFCC akan melalui proses klasifikasi KNN. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan kombinasi parameter terbaik dalam identifikasi nada Darbuka dengan panjang *frame* 30 ms, panjang *overlap* 30%, jumlah koefisien MFCC sebanyak 19 dan nilai $k = 7$ menghasilkan akurasi identifikasi nada dasar sebesar 100%,

identifikasi pola nada sebesar 86.67%, dan akurasi identifikasi nada dasar pada pola nada sebesar 72% (Lana et al., 2022).

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Imam Lutfi Rahmatullah dengan judul “Pengenalan Suara Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network* pada GIM Pembelajaran Bahasa Arab” tahun 2022. Penelitian ini khusus membuat gim pembelajaran bahasa arab dengan fitur “berbicara” yang berguna untuk mengenali suara yang pengguna sebutkan. Fitur dibuat dengan konsep *Artificial Neural Network* (Jaringan Syaraf Tiruan) dengan memakai algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), dan setelah itu suara akan diterima oleh MFCC untuk melakukan ekstraksi ciri pada suara dan kemudian dioper lagi ke *Neural Network*. Hasil yang didapatkan adalah nilai akurasi sebesar 95.52% dan validasi sebesar 95.50% (Rahmatullah, 2022).

2.2. Kajian Teoritis

2.2.1. Pengertian Al-Qur'an

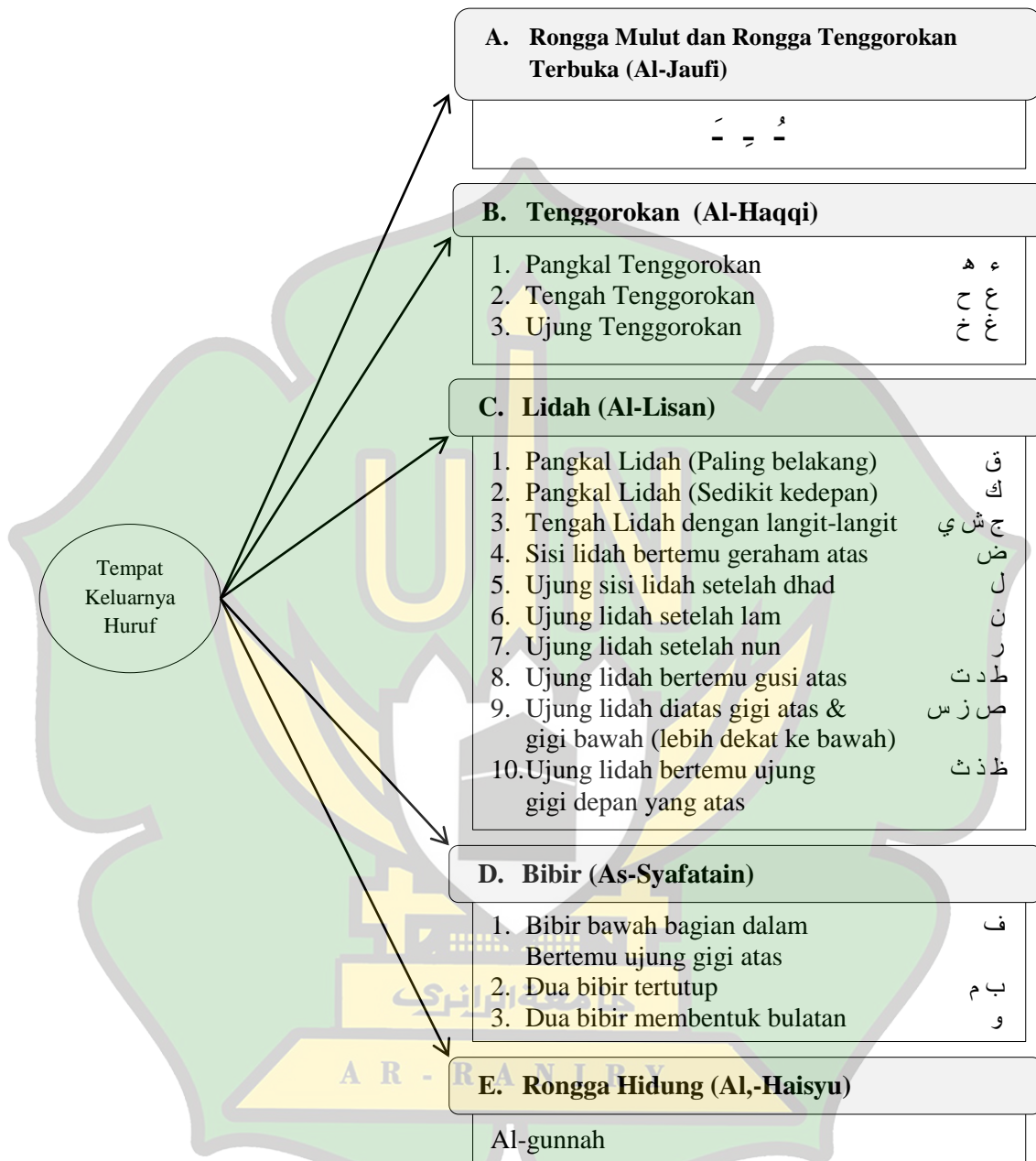
Al-Qur'an adalah firman Allah SWT yang diturunkan kepada Nabi Muhammad SAW dan kemudian diberikan kepadanya oleh malaikat Jibril. Ini menyediakan kumpulan ajaran mendasar yang dapat diperluas melalui jihad untuk memenuhi tuntutan semua aspek kehidupan manusia.

Firman Allah SW terkandung dalam Al-Qur'an yang mana keutamaan-Nya atas segala perkataan lain sebanding dengan keutamaan Allah SWT atas seluruh ciptaan-Nya. Membaca itu adalah keterampilan penting yang dapat dipraktekkan secara lisan (Khamid et al., 2020).

Dalam melantunkan ayat Al-Qur'an, perlu memperhatikan setiap bacaan yang sesuai dengan huruf yang terkandung pada setiap ayat, karena harus memahami setiap huruf baik itu bentuk dan bunyinya. Dalam pembelajaran tajwid dan Qira'ah dikenal istilah *makharijul huruf*. Yang mana *makharijul* merupakan bentuk jamak dari kata *makhraj* yang artinya tempat keluar, sedangkan *al-harfu* yaitu arti dari huruf yang mempunyai bentuk jamak *al-huruufu*, sehingga membentuk kata majemuk yaitu *makhaarijul huruuf*.

Adapun *makharijul huruf* secara bahasa, yaitu tempat keluarnya huruf ketika huruf-huruf diucapkan. Jika secara istilah, yaitu tempat keluarnya huruf ketika huruf tersebut dibunyikan.





Gambar 2. 1 Tempat Keluarnya Huruf

Berikut merupakan QS. Al-Fatihah ayat 1 sampai 7 secara tertulis yang merupakan objek file suara dalam penelitian ini.

*Bismillaahirrahmaanirrahiim (1), Alhamdulillah rabbi 'aalamiim (2),
Arrahmaanirrahiim (3), Maalikiyaumiddiin (4), Iyyaakana 'budu
waiyyaakanasta 'iin (5), Ihdinasshiraathal mustaqiim (6), shirathalladziina an 'am
ta 'alaihim ghairil maghdhuu bi 'alaihim waladhaalliin (7).*

2.2.2. *Speech Recognition* (Pengenalan Suara)

Suara merupakan fenomena fisik yang kemudian dihasilkan oleh getaran benda atau getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinyu terhadap waktu. Suara juga bisa dikatakan sebagai fungsi dari frekuensi dan amplitudo (Rahmatullah, 2022).

Speech Recognition (Pengenalan Suara) adalah sebuah metode untuk mengartikan sebuah ucapan ke dalam rangkaian kata menggunakan algoritma komputer (Rahmatullah, 2022). Metode ini nantinya memakai kalimat yang diucapkan dan kemudian berbentuk rekaman suara yang mana rekaman suara yang masih berbentuk analog akan dikonversikan menjadi bentuk digital yang dapat dibaca oleh komputer yaitu sekumpulan matriks angka yang mana *coding*-an tertentu akan disesuaikan untuk mengidentifikasi kata-kata pada suara (Hasna Septi Dewi, 2020).

Adapun suara yang digunakan penelitian ini adalah suara bacaan Al-Qur'an oleh qari' yang sudah diakui akan kefasihannya dalam membaca Al-Qur'an. Beliau bernama Ghazy Maulana asal Lhokseumawe, saat ini sedang menempuh pendidikan di Universitas Islam Madinah. Pengakuan bacaanya dibuktikan dengan qira'at sanad riwayat imam Ashim yang sudah diraihnya berupa eksemplar berbentuk ijazah.



Gambar 2. 2 Ijazah Qira'at Sanad Ghazy Maulana hingga ke Rasulullah SAW

Menurut (Umar, 2019) secara etimologi qira'at merupakan kata jadian (masdar) dari kata kerja qara'a (membaca). Sedangkan secara terminologi ada beberapa defenisi yang dikemukakan oleh para ulama antara lain :

1. Ibnu Al-Jazari : Qira'at adalah ilmu yang menyangkut cara-cara mengucapkan kata-kata Al-Qur'an dan perbedaan-perbedaannya dengan cara menisbahkan kepada penuliknya.

2. Al-Zarqasyi : Qira'at adalah perbedaan cara-cara melafalkan Al-Qur'an baik mengenai huruf-hurufnya atau cara pengucapan huruf-huruf tersebut seperti takhfif (meringankan), tasqil (memberatkan) atau yang lainnya.
3. Al-Shabuni : Qira'at adalah suatu mazhab cara melafalkan Al-Qur'an yang dianut oleh salah seorang imam berdasarkan sanad-sanad yang bersambung kepada Rasulullah SAW.

Dari defenisi tersebut walaupun redaksi berbeda-beda tapi pada hakikatnya mempunyai makna yang sama yakni ada beberapa cara melafalkan Al-Qur'an walaupun sama-sama berasal dari sumber yang sama yaitu Rasulullah SAW. Dengan demikian bahwa qira'at berkisar pada dua hal : pertama, qira'at berkaitan dengan cara melafalkan Al-Qur'an yang dilakukan oleh seorang imam dan berbeda dengan imam lainnya. Kedua, cara melafalkan ayat-ayat Al-Qur'an berdasarkan pada riwayat yang mutawatir dari Rasulullah SAW (Umar, 2019).

Secara etimologi, sanad berarti cadangan atau sesuatu untuk dicadangkan. Jamaknya adalah "asnad". Sesuatu yang disandarkan kepada yang lain disebut "musnad". Secara terminologi, sanad adalah "jalur matan" matarantai narator yang menghilangkan matan dari sumber utamanya. Jalan itu disebut sanad karena narator menyandarkan diri kepada mereka dalam mengaitkan matan dengan sumbernya, dan terkadang karena hafidz memusatkan perhatian pada periwayat. Ada juga yang menyebut sanad sebagai rangkaian muqri' dari muqri' hingga sampai kepada Nabi Muhammad SAW (Purwanto et al., 2022).

Dari keterangan di atas dapat disimpulkan bahwa sanad Al-Qur'an adalah silsilah narator yang meriwayatkan bacaan Al-Qur'an lanjutan dari sumber utama yang diperoleh Nabi Muhammad SAW secara langsung dengan bertatap muka dengan guru (Purwanto et al., 2022).

2.2.3. Waveform (WAV)

Microsoft dan IBM menciptakan format suara WAV, yang merupakan semacam format audio. WAV adalah tipe raw format (kasar) dimana sinyal audio yang di record dan dikuantisasi akan menjadi digital (Daffa Invandika, 2022). Format ini menyimpan semua detail suara yang biasanya berupa dua kanal suara, 44.100 Hz *sampling rate*, 8 bit atau 16 setiap *sample*. Banyaknya potongan dalam satuan waktu ini dinamakan laju pencuplikan (*sampling rate*), banyaknya bit yang dapat dipakai untuk mempresentasikan besaran amplitudo ini dinamakan bit per *sample* (Rahmatullah, 2022).

2.2.4. Algoritma

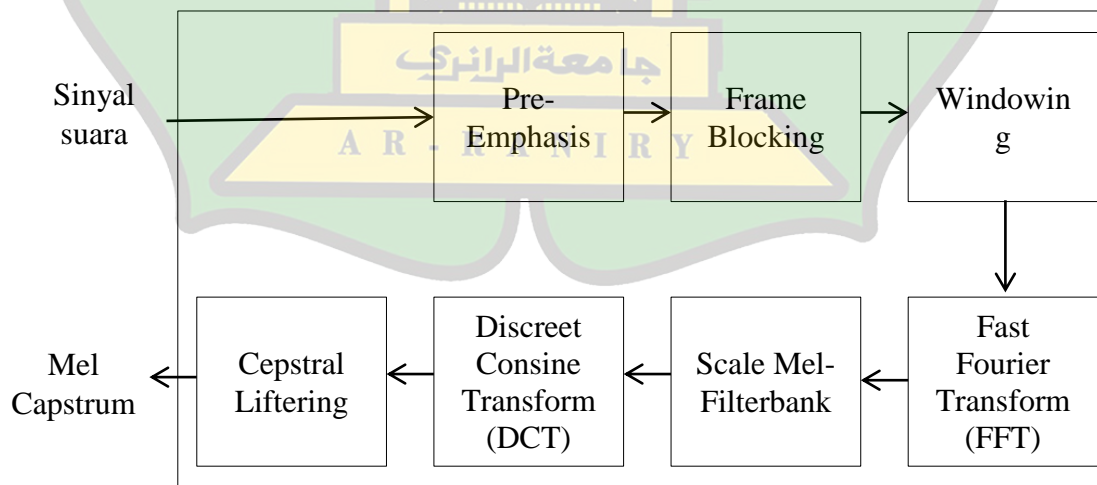
Algoritma merupakan seperangkat teknik statistik yang digunakan untuk mempelajari pola dari data dan menarik informasi penting darinya (Mustika et al., 2021). Algoritma didefinisikan sebagai proses atau susunan logis yang berurut teratur dalam membuat sebuah pemecahan masalah yang ada pada masalah tersebut.

2.2.5. Machine Learning

Pembelajaran mesin (*Machine Learning*) adalah komponen kecerdasan buatan, yang merupakan algoritme blok bangunan yang digunakan untuk membuat sistem yang memungkinkan komputer mempelajari dan memiliki kecerdasannya sendiri. Komputer dan statistik digunakan dalam pembelajaran mesin untuk membantu proses pembelajaran (Fauzi, 2020). *Machine Learning* adalah sistem yang secara otomatis dapat meningkatkan kinerjanya melalui pengalaman. Seperti halnya manusia, komputer diharapkan dapat selalu belajar dari waktu ke waktu (Abdul Kadir & Terra Ch. Triwahyuni, 2013).

2.2.6. Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC)

Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) merupakan sebuah langkah untuk mengubah audio dalam domain waktu (durasi) menjadi domain frekuensi sehingga informasi yang ada di dalam sinyal suara bisa kita pahami (Rahmatullah, 2022).



Gambar 2. 3 Blok Diagram MFCC

2.2.8.1. *Pre-Emphasis*

Pre-Emphasis digunakan untuk memperbaiki *noise* pada sebuah sinyal suara, sehingga dapat menghasilkan kualitas sinyal terbaik (Daffa Invandika, 2022). *Pre-Emphasis* melakukan penekanan pada frekuensi tinggi sehingga suara lebih jelas terdengar dan mengurangi suara yang tidak ingin didengar. Rumus *Pre-Emphasis* seperti dibawah ini:

$$y[n] = s[n] - \alpha x s[n - 1] \quad 2.1$$

Keterangan: $y[n]$ = Sinyal hasil *Pre-Emphasis*

$s[n]$ = Sinyal awal sebelum dilakukan *pre-emphasis*

α = Konstanta filter *pre-emphasis* yaitu 0.95 / 0.97 (nilai yang sering digunakan)

2.2.8.2. *Frame Blocking*

Frame Blocking adalah tahap membagi sinyal suara yang dinormalisasi menggunakan *pre-emphasis* menjadi beberapa bagian dari sebuah *frame*. Panjang ukuran *frame* yaitu 10-30 ms. Setiap *frame* memiliki panjang sama, dengan *overlapping* berfungsi menjaga nilai yang disimpan pada *frame* agar tidak hilang selama proses tahap *frame blocking* (Daffa Invandika, 2022). *Frame blocking* yang akan menganalisa sinyal ke dalam *frame*. Rumusnya seperti dibawah ini:

$$Frame = \frac{Fs-N}{M} + 1 \quad 2.2$$

Keterangan: $Frame$ = Nilai frame

F_s = Sampel rate (Berapa banyak sampel yang akan diambil dalam setiap detiknya)

N = Ukuran *frame*

M = *Overlapping I* (Lebar pergeseran setiap *frame*)

2.2.8.3. *Windowing*

Dengan *windowing*, sampel sinyal yang tepat dicari dalam interval waktu yang sangat singkat. Hasil dari operasi *windowing* adalah *window* $X(t)$, dimana $t = 1, 2, 3, \dots, T$, kadang dikenal sebagai *frame* (Hasna Septi Dewi, 2020). *Windowing* akan mengurangi efek *diskontinu* yang dihasilkan oleh *frame blocking*. Berikut rumus

Hamming Windowing :

$$W = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad 2.3$$

Keterangan: W = *Hamming Window*

$n = 0, 1, 2, \dots, N-1$

N = Sampel point (Panjang *frame*)

Rumus *windowing* :

$$X(n) = x_i(n) * w(n) \quad 2.4$$

Keterangan: $w(n)$ = Fungsi window

$X(n)$ = Hasil *Windowing*

$x_i(n)$ = Hasil signal frame signal ke i

n = Jumlah sampel dalam masing-masing frame

2.2.8.4. *Fast Fourier Transform* (FFT)

Proses selanjutnya adalah *Fast Fourier Transform* (FFT) merupakan teknik analisis *fourier* yang berguna untuk melakukan analisa kepada sinyal yang dimasukkan berupa *spectrogram* (Lana et al., 2022). Untuk keperluan analisis Fourier, FFT mencoba mentransformasi data sinyal suara dari domain waktu menjadi sinyal suara pada domain frekuensi. (Amin, 2020). FFT untuk mengubah sinyal digital dari ranah waktu ke ranah frekuensi. Adapun rumus dari FFT seperti dibawah ini :

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{\frac{-j2\pi nk}{N}} \quad 2.5$$

Keterangan: $S(k)$ = Hasil perhitungan *Fourier Form Transform*

$x(n)$ = Sampel data hasil perhitungan windowing ke- n

n = Nomor urut sinyal

k = Indeks dari frekuensi 0,1,2,, N-1

N = Jumlah sampel

2.2.8.5. *Mel Scale Filterbank*

Proses selanjutnya adalah *mel Scale Filterbank* yang merupakan filter untuk mengetahui ukuran dari sebuah energi dari *frequency band* tertentu dalam sinyal suara (Lana et al., 2022). Mel-Frequency Warping mengidentifikasi batas atas dan bawah filter dalam sinyal suara, yaitu dengan menggunakan bank filter untuk dapat memfilter sinyal suara setelah diterjemahkan dari domain waktu ke dalam bentuk domain frekuensi. (Amin, 2020).

Menurut (Amin, 2020) kita harus mencari nilai koefisien *filterbank* sebelum memulai proses *filterbank*, rumusnya yaitu sebagai berikut :

$$H_i = 2595 * \log(1 + 1000/700/S_i/2) \quad 2.6$$

Keterangan: H_i = Koefisien *filterbank*

S_i = Nilai FFT

Setelah itu lanjut ke proses *filterbank* dengan rumus:

$$Y[t] = \sum_{j=1}^N S[j]H_i[j] \quad 2.7$$

Keterangan: N = Jumlah *magnitude spectrum*

$S[j]$ = *Magnitude spectrum* pada frekuensi j (Hasil dari FFT)

$H_i[j]$ = Koefisien *filterbank* pada frekuensi j antara 1 - M

M = Jumlah *channel* dalam *filterbank*

2.2.8.6. Discreet Consine Transform (DCT)

DCT digunakan untuk menentukan nilai yang merupakan dimensi dari vektor penting yang bersangkutan yaitu *mel-spectrum* (Hasna Septi Dewi, 2020). Ide dasar di balik DCT adalah bahwa nilai *mel* dapat diubah kembali menjadi domain waktu (Amin, 2020). Rumus DCT seperti dibawah ini :

$$C_n = \sum_{k=1}^K (\log S_k) \cos \left[n \left(k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right], n = 1, 2, \dots, K \quad 2.8$$

Keterangan: C = Koefisien
n = Banyaknya koefisien
S_k = Keluaran proses filterbank pada indeks k
K = Jumlah koefisien yang diharapkan

2.2.8.7. Cepstral Lifting

Proses yang terakhir yaitu *Cepstral Lifting* yang mana proses ini adalah sebuah teknik untuk meningkatkan kualitas pengenalan sinyal suara (Lana et al., 2022). Berikut merupakan rumus dari proses *cepstrum* menurut (Amin, 2020).

$$W(n) = C_n + \frac{L}{2} \sin\left(\frac{n\pi}{L}\right), n = 1, 2, \dots, L \quad 2.9$$

Keterangan: W(n) = Hasil dari cepstrum
L = Jumlah dari *cepstral coefficients*
N = Indeks dari *cepstral coefficients*
C_n = Nilai DCT

2.2.7. Classification (Klasifikasi)

Menurut (Mustika et al., 2021) klasifikasi adalah proses mengevaluasi objek data untuk menempatkannya di kelas tertentu dari berbagai klasifikasi yang dapat diakses. Dua tugas utama dalam klasifikasi adalah mengembangkan model sebagai prototipe untuk disimpan dalam memori dan menggunakan model ini untuk mengenali, mengklasifikasikan, dan memprediksi objek data lain sehingga diketahui kelas mana objek data tersebut dalam model sebelumnya yang sudah direkam. Tahapan dari klasifikasi dalam data mining sebagai berikut:

1. Pembangunan model. Pada titik ini, sebuah model dikembangkan untuk mengatasi masalah dengan kategorisasi kelas atau properti data. Tahap pelatihan dimana model pembelajaran dinyatakan sebagai seperangkat aturan klasifikasi dengan menganalisis data pelatihan menggunakan algoritma klasifikasi.
2. Penerapan model. Pada tahap ini, kumpulan data baru yang properti dan kelasnya tidak diketahui sebelumnya digunakan untuk menyempurnakan model yang dibangun sebelumnya. Jika model lulus dalam pengujian ini, aturan kemudian dapat diterapkan pada klasifikasi data baru.

2.2.8. *K-Nearest Neighbors* (KNN)

Berdasarkan data pembelajaran yang paling dekat dengan *item* ini, yang mana KNN merupakan teknik untuk mengklasifikasikan objek. Fondasi KNN adalah gagasan "*learning by analogy*." Atribut numerik dengan dimensi N digunakan untuk mengkarakterisasi data pembelajaran. Setiap data pembelajaran mewakili titik dalam ruang n-dimensi, ditandai oleh huruf c (Siti Raysyah et al., 2021).

Menurut (Dwi Prasetya Candra, 2021) kedekatan didefinisikan dalam jarak matriks seperti jarak *Euclidean* dimana dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut.

$$D_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad 2.10$$

Keterangan: D_{xy} = Jarak keterdekatan

I = Variabel data

x = Data *training*

y = Data *testing*

n = Jumlah atribut individu antara 1 s/d n

2.2.9. *Confusion Matrix*

Untuk mengevaluasi kinerja dari klasifikasi KNN, maka butuh menggunakan *Confusion Matrix*. Menurut (Hasna Septi Dewi, 2020) *Confusion Matrix* merupakan sebuah metode yang dapat digunakan dalam melaksanakan sebuah perhitungan *value accuracy* terhadap konsep data mining.

Yang perlu diingat dalam model evaluasi ini adalah jika pengujian dimulai *true* maka prediksi modelnya sudah pasti benar. Sebaliknya jika pengujian dimulai *false* maka prediksi modelnya sudah pasti salah. Intinya adalah *True Positive* (TP) dan *True Negative* (TN) bernilai tinggi (*good model*), *False Positive* (FP) dan *False Negative* (FN) bernilai rendah (*bad model*).

FP dan FN disebut *type error* I dan *type error* II. Yang mana kedua-duanya merupakan *matrix error* yang berbahaya. Namun jika dibandingkan dari keduanya, yang lebih berbahaya adalah *type error* II yaitu FN yang mana FN memeriksa data *positive* sebagai *negative*. Untuk lebih memahami dapat dilihat tabel *confusion matrix* sebagai berikut.

Tabel 2. 1 *Confusion Matrix*

		Actual/Ground Truth	
		<i>Positive (1)</i>	<i>Negative (0)</i> Type Error I
Predicted Value	<i>Positive (1)</i>	<i>True Positive (TP)</i>	<i>False Positive (FP)</i>
	<i>Negative (0)</i> Type Error II	<i>False Negative (FN)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Keterangan :

- *True Positive (TP)*
Yaitu data yang bernilai positif yang dapat terdeteksi kebenaran datanya.
- *False Positive (FP)*
Yaitu data yang bernilai negatif yang dapat terdeteksi kebenaran datanya.
- *True Negative (TN)*
Yaitu data yang bernilai positif yang tidak dapat terdeteksi kebenaran datanya.
- *False Negative (FN)*
Yaitu data yang bernilai negatif yang tidak dapat terdeteksi kebenaran datanya.

2.2.10. Web

World wide web (Web) yaitu sebuah layanan informasi yang memakai suatu konsep *hyperlink* atau tautan yang mampu mempermudah *surfer* (yaitu para pengguna komputer yang memakai *browsing* atau menelusuri sebuah informasi dari internet). Web biasanya berfungsi sebagai project penelitian untuk tampilan hasil dari sebuah bahasa pemrograman (Daffa Invandika, 2022).

Protokol HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) yang digunakan di *Web* beroperasi pada TCP/IP. Format dokumen *web* adalah HTML (*HyperText Markup Language*). Konten ini disimpan di *server web* (*server* yang me-*respons* permintaan halaman *web*) dan dapat diakses oleh klien (mereka yang mengakses informasi) menggunakan perangkat lunak yang dikenal sebagai *browser web*, yang seringkali hanya disebut sebagai *browser* (Abdul Kadir & Terra Ch. Triwahyuni, 2013).

2.2.11. Python

Python adalah pemrograman interaktif yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi atau platform. Program *Jupyter notebook* adalah salah satunya. Setiap baris kode *Python* dapat dieksekusi segera dengan memanfaatkan program ini. Jika kami membuat aplikasi *Python* untuk pemrosesan data dan pembelajaran mesin, akan ada banyak bantuan *library* (Mujilahwati et al., 2021).

2.2.12. Google Colab

Google Colab merupakan sebuah IDE untuk pemrograman *Python*, yang mana pemrosesan akan dilakukan oleh server *Google* yang memiliki perangkat keras dengan performa yang tinggi. Untuk segi penyimpanan, *google colab* tetap bisa digunakan yaitu menghubungkan *google colab* dengan *google driver*. Dataset yang nantinya tersimpan atau hasil data setelah pemrosesan pada *google colab* akan tersimpan dengan baik di dalam *google drive*.

Juga pada perangkat lunaknya, *google colab* sudah menyediakan banyak sekali *library* untuk dijadikan sebagai kebutuhan dalam pemrograman, termasuk *librosa*, *ScikitLearn*, *Matplotlib*, *NumPy*, dan lain-lain yang berhubungan dengan kebutuhan *library* dalam penelitian ini.

2.2.13. Librosa

Librosa merupakan sebuah *library* dengan pemakaian bahasa pemrograman yaitu bahasa *python*. *Librosa* digunakan dalam *audio signal* dan *Music Information Retrieval (MIR)* (Fauzi, 2020). *Library* *librosa* ini yang akan bertugas membaca file suara berformat WAV yang dimasukkan ke dalam aplikasi *Jupiter Notebook*.

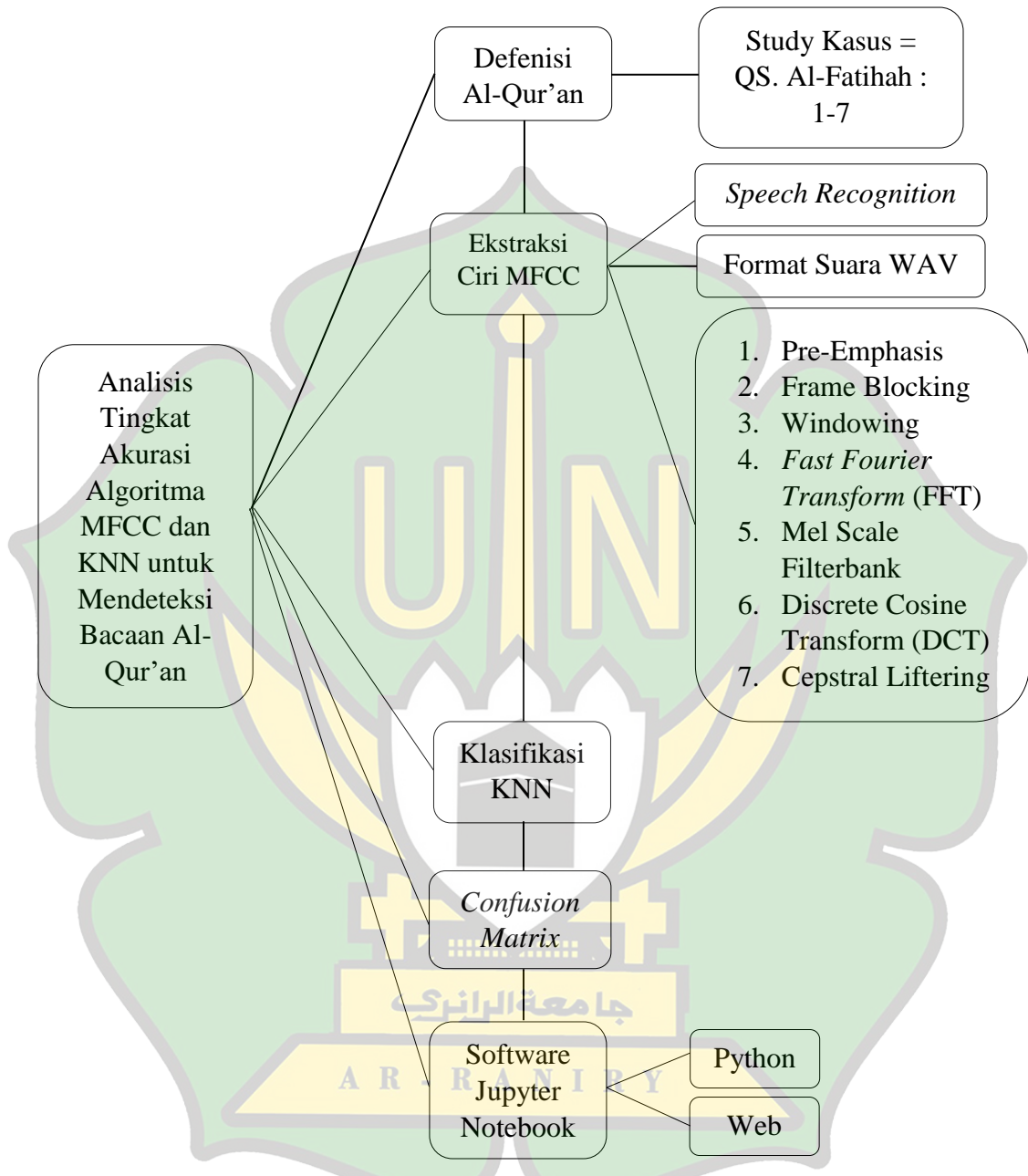
2.2.14. Scikit Learn

Scikit Learn merupakan sebuah *library* yang dibuat dengan bahasa pemrograman *python*. Yang mana *library* ini memaparkan dengan luas jenis dari pembelajaran mesin, baik secara *supervised* (diawasi) atau secara *unsupervised* (mengawasi). *Library* ini melaksanakan tugas yang akan dijalankan dengan menggunakan antarmuka yang konsisten dan berorientasi yang jelas, sampai pada perbandingan terhadap metode lebih meyakinkan untuk mudah dalam pengaplikasian. Karena *library* ini berketergantungan terhadap bahasa pemrograman *python* (Fauzi, 2020).

2.3. Kerangka Teoritis

Kerangka konseptual atau kerangka teoritis adalah kerangka berpikir kita yang bersifat teoritis atau konseptual mengenai masalah yang kita teliti. Kerangka berpikir tersebut menggambarkan hubungan antara konsep-konsep atau variable-variabel yang akan diteliti. Kerangka teoritis merupakan teori yang kita buat untuk memberikan gambaran yang sistematis mengenai masalah yang akan kita teliti (Dr. Rianto Adi, 2004).

Menurut (Dr. Muhammad, 2008) Teori bagi para peneliti adalah hal yang penting. Bagi seorang peneliti, teori berfungsi sebagai (1) orientasi karena mengurangi jumlah fakta yang perlu dipelajari; (2) memberikan pedoman untuk metode terbaik yang digunakan untuk menghasilkan hasil; (3) menentukan sistem yang akan digunakan untuk menginterpretasikan data sehingga dapat dikelompokkan dengan cara yang paling berarti; (4) merangkum apa yang diketahui tentang objek yang diteliti dan menyatakan keseragaman yang tidak dapat dilihat melalui pengamatan langsung; (5) berfungsi sebagai alat untuk meramalkan kejadian di masa depan. Berikut merupakan kerangka teoritis yang digunakan peneliti dalam melakukan penelitian ini.



Gambar 2. 4 Kerangka Teoritis

2.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis adalah solusi sementara untuk masalah penelitian. Hipotesis, secara teknis, adalah klaim tentang status populasi yang kebenarannya akan diperiksa berdasarkan fakta yang dikumpulkan. Hipotesis statistik adalah klaim tentang kondisi variabel yang diuji. Hipotesis juga membuat prediksi atau dugaan implisit (Narbuko & Achmad, 2013).

Maka dalam penelitian ini mengutarakan hipotesis sebagai berikut :

H_0 Ekstraksi ciri MFCC dan pencocokan klasifikasi KNN dapat menganalisis tingkat akurasi bacaan ayat Al-Qur'an sesuai pengujian pada QS. Al-Fatihah ayat 1-7

H_1 Ekstraksi ciri MFCC dan pencocokan klasifikasi KNN tidak dapat menganalisis tingkat akurasi bacaan ayat Al-Qur'an sesuai pengujian pada QS. Al-Fatihah ayat 1-7

Keterangan :

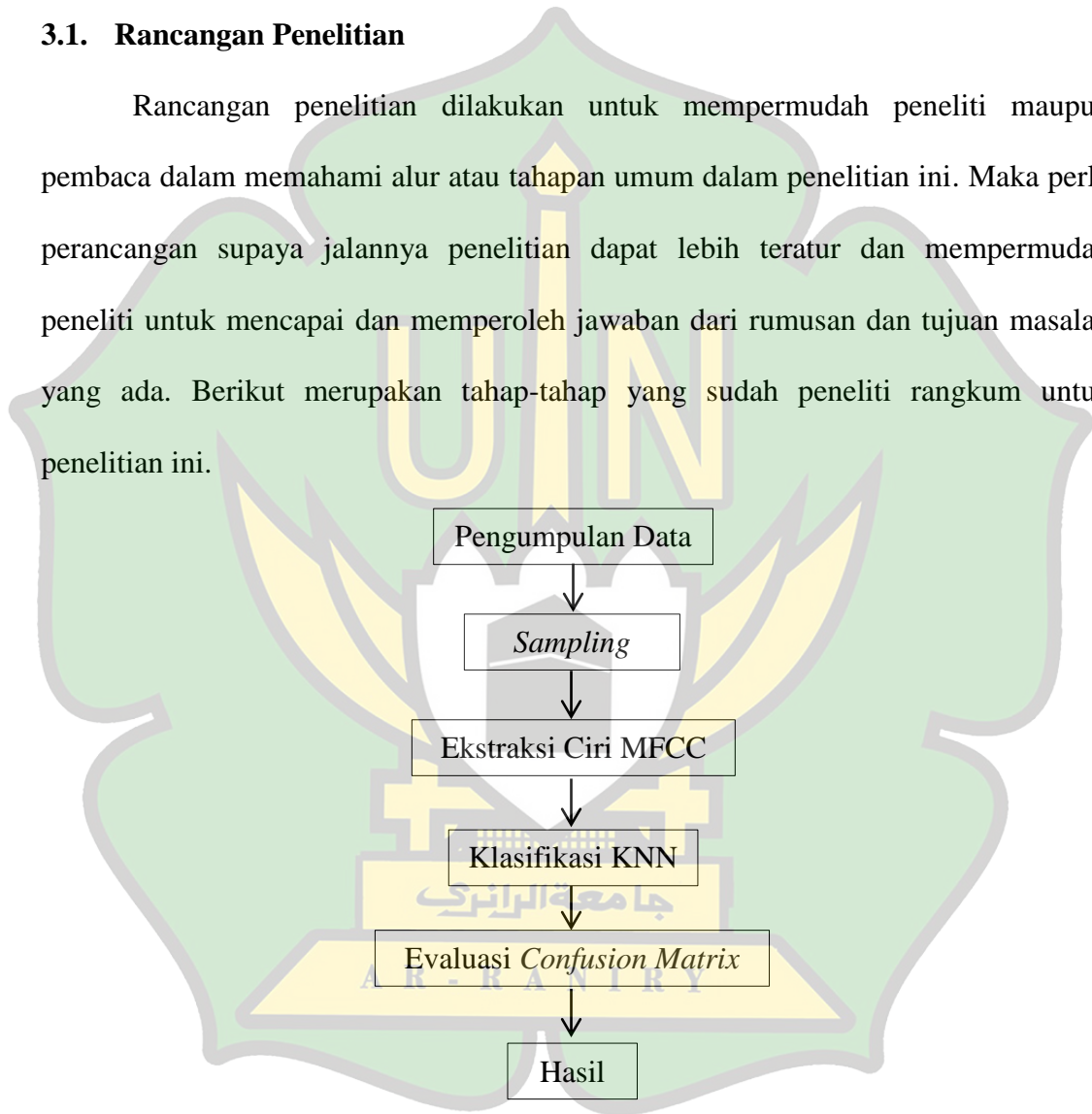
H_0 = Hipotesis Nol

H_1 = Hipotesis Alternatif

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dilakukan untuk mempermudah peneliti maupun pembaca dalam memahami alur atau tahapan umum dalam penelitian ini. Maka perlu perancangan supaya jalannya penelitian dapat lebih teratur dan mempermudah peneliti untuk mencapai dan memperoleh jawaban dari rumusan dan tujuan masalah yang ada. Berikut merupakan tahap-tahap yang sudah peneliti rangkum untuk penelitian ini.



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah uraian tentang prosedur pengumpulan data pokok yang digunakan menurut jenis penelitian, sumber data, variabel yang diteliti, dan metode yang digunakan (Dr. Beni Ahmad Saebani, 2017).

Adapun teknik pengumpulan data peneliti dalam melaksanakan penelitian ini adalah :

3.3.1. Studi Pustaka

Pada penelitian ini, Studi pustaka adalah salah satu teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian. Yang mana pada studi pustaka dikumpulkan baik dari buku (*online* maupun *offline*), dari jurnal yang dikutip di laman situs-situs perguruan tinggi yang terkenal keakuratannya, dan dari artikel yaitu sebagai tambahan informasi untuk mempermudah peneliti dalam memahami satu atau dua kata istilah yang baru peneliti ketahui. Dari ini peneliti dapat mengumpulkan berbagai informasi-informasi yang mencakup atau berkenaan dengan penelitian ini yaitu dengan membaca, mengolah data-data, merangkum berbagai rumus dan kemudian memahami, mencatat, serta juga mengutip catatan kaki yang akan peneliti gunakan sebagai referensi.

3.3.2. Observasi

Pada penelitian ini, observasi adalah teknik pengumpulan data peneliti selanjutnya yang mana proses yang peneliti lakukan yaitu dengan mengumpulkan data file rekaman audio bacaan ayat Al-Qur'an surah Al-Fatihah ayat 1-7 oleh qari'

yang sudah diakui akan kefasihan dalam membaca Kalamul Qur'an yaitu Ghazy Maulana.

Ini merupakan tahap pertama yang mana sampel dikumpulkan sebanyak 20 rekaman suara bacaan surah Al-Fatihah berbentuk .mp3 yang direkam langsung menggunakan aplikasi perekam suara pada smarphone Realme 6 Pro RMX2061 V2.0 dengan Ram 8 GB. Kemudian tahap selanjutnya yaitu memotong file rekaman suara menjadi per-ayat yaitu sebanyak 7 potongan file rekaman suara. Setelah itu mengubah file rekaman suara berbentuk .mp3 ke file rekaman suara berbentuk .wav agar dapat tereksekusi pada *Google Colab*. File yang sudah diubah nantinya dipakai sebagai dataset untuk proses *training* dan *testing* pada penelitian ini.

3.3. Sampling

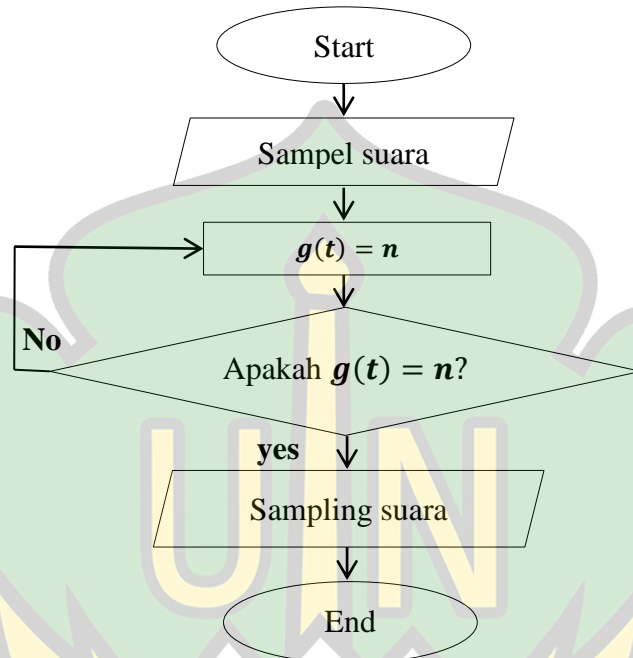
Proses nilai *sampling* suara terjadi saat file suara akan diubah dari file suara analog ke file suara digital yaitu berupa sekumpulan nilai yang dapat dikenali oleh komputer. Pada penelitian ini untuk melakukan proses *sampling* maka sampel data diambil dari proses file suara berbentuk analog. Setelah proses ini, nilai hasil *sampling* dimasukkan dalam rumus dibawah ini.

$$g(t) = n \quad 3.1$$

Keterangan: t = Waktu

n = Nilai sampel pada t

Adapun proses sampel suara dapat dilihat *flowchart* sebagai berikut.

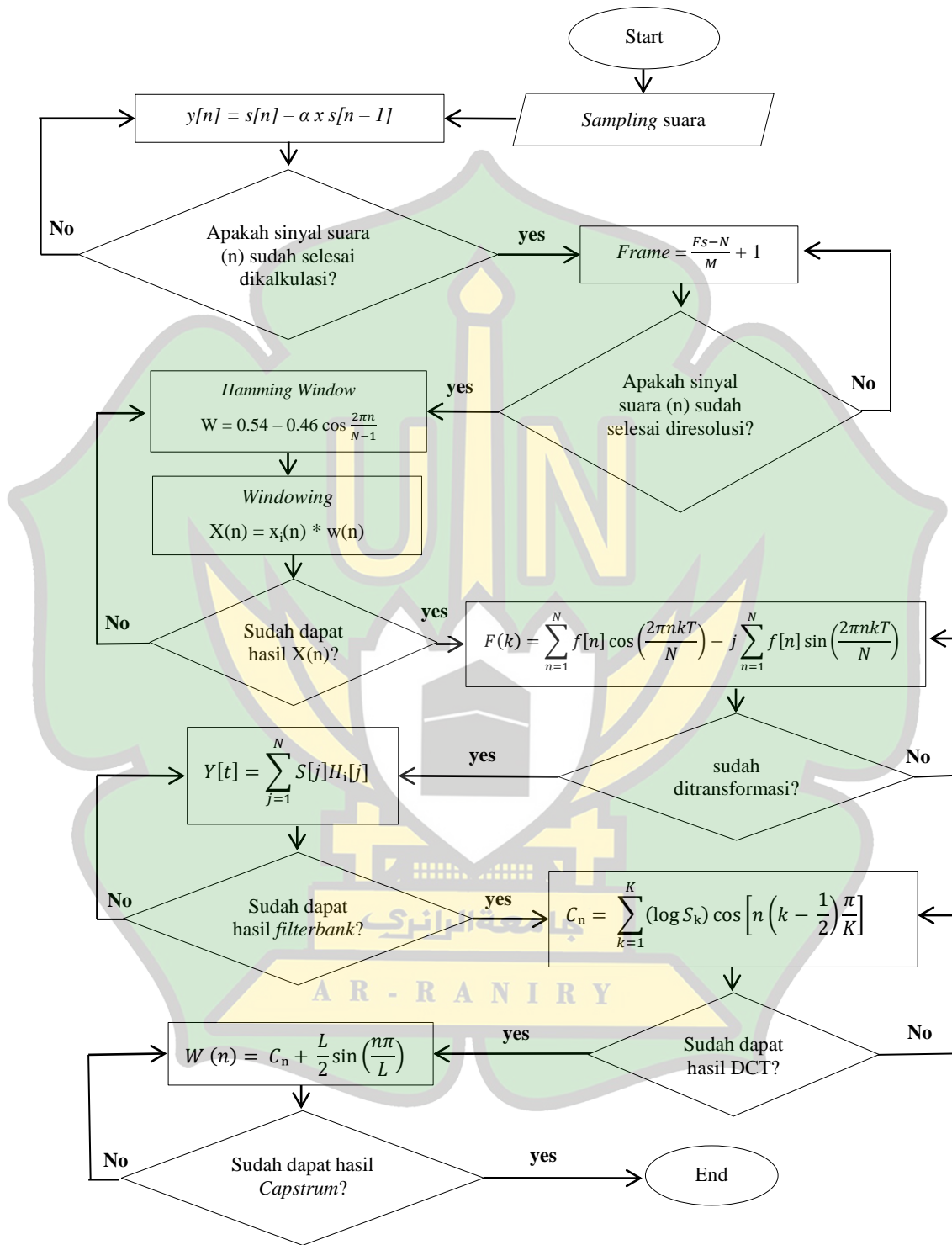


Gambar 3. 2 Sampling suara

3.4. Analisis Data

Analisis data adalah metode pengumpulan data secara sistematis dari wawancara, catatan lapangan, dan sumber lainnya. Ini melibatkan mengkategorikan data, menggambarannya secara rinci dalam unit, mensintesisnya, menyusunnya menjadi pola, memilih unit mana yang akan dipelajari, dan menarik kesimpulan yang dapat dengan mudah dipahami oleh peneliti dan orang lain (Sugiyono, 2017).

Proses ekstraksi ciri MFCC dilihat pada *flowchart* sebagai berikut.

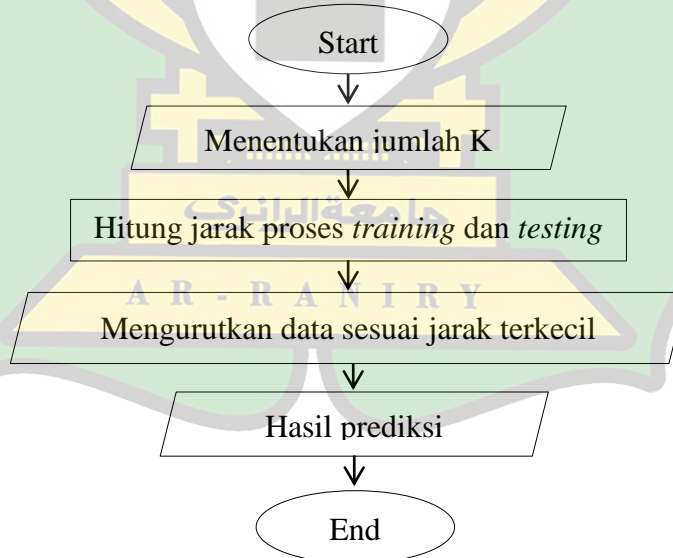


Gambar 3. 3 Langkah – langkah Ekstraksi Ciri MFCC

Proses dari sistem pengenalan suara menggunakan pencocokan klasifikasi KNN yaitu dengan proses latih (*training mode*) dan proses pengujian (*testing mode*) untuk dapat melihat masing-masing keakuratan yang lebih maksimal. Menurut (Lukman, 2016) *Training mode* merupakan salah satu bagian yang pada dasarnya memiliki misi untuk mempelajari dan memodelkan suara pembicara. Sedangkan *testing mode* adalah bagian yang misinya untuk mengenali suara pembicara.

Setelah proses ekstraksi ciri MFCC diatas, hasil akhir nya dinamakan data *training* untuk melihat ketepatan data suara yang akan di uji yaitu menggunakan KNN untuk melihat jarak dengan mencari k tetangga terdekat dengan data *training*. Setelah menemukan hasil, data itu dinamakan data *testing*.

Proses penjumlahan *training* untuk mencari data *testing* pada klasifikasi KNN dapat dilihat pada *flowchart* berikut ini.



Gambar 3.4 Tahapan *K-Nearest Neighbor*

Adapun untuk melihat baik atau tidaknya sebuah algoritma, maka dibutuhkan model evaluasi untuk memprediksi nilai yang dihasilkan oleh algoritma. Peneliti menggunakan *confusion matrix* sebagai model evaluasi algoritma yang mana cara kerja *confusion matrix* adalah sebagai berikut.

- Akurasi : Rasio prediksi benar (positif dan negatif) dengan keseluruhan data.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad 3.2$$

- *Precision* : Rasio prediksi benar positif yang dibandingkan dengan keseluruhan hasil yang diprediksi positif.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad 3.3$$

- *Recall* : Rasio yang berprediksi benar positif yang dibandingkan dengan data yang benar positif.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad 3.4$$

- *F-1 Score* : hasil proses *precision* dan *recall* yang dibandingkan rata-ratanya sesuai yang dibobotkan.

$$\text{F-1 Score} = \frac{2 \times (\text{Precision} \times \text{Recall})}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad 3.5$$

$$\text{Akurasi untuk keseluruhan} = \frac{\text{Total suara terprediksi benar}}{\text{jumlah percobaan}} \quad 3.6$$

3.5. Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat dalam penelitian ini yaitu dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Direncanakan penelitian ini dilakukan selama 4 bulan dengan pembagian jadwal penelitian sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Minggu/Bulan 2023															
		Februari				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Menyusun Proposal	■	■	■	■												
2	Pengumpulan data dan Penyusunan Rancangan untuk Penelitian			■	■												
3	Seminar Proposal			■	■												
4	Revisi					■	■	■	■								
5	Penelitian							■	■	■	■	■	■				
6	Penyusunan Tugas Akhir							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Sidang Tugas Akhir													■	■	■	■
8	Revisi Tugas Akhir													■	■	■	■
9	Pelaporan dan Publikasi																■

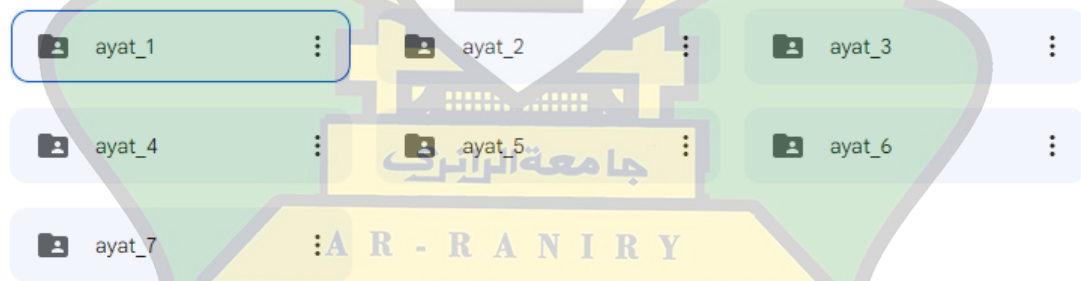
جامعة الرانيري

AR - RANIRY

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Mempersiapkan Dataset

Pada tahap pertama ini, setelah file suara dipotong dengan bantuan beberapa aplikasi serta melengkapi durasi file suara supaya keseluruhan selaras yaitu 10 detik yaitu dengan menggunakan aplikasi website mp3cut.net dan aplikasi audacity dan kemudian hasil file suara diubah dari ekstensi .mp3 ke .wav. Selanjutnya perlu mengelompokkan tiap-tiap suara sesuai dengan kesamaan ayat, dikarenakan Al-Fatihah terdiri dari 7 ayat, maka pengelompokan file suara dibagi menjadi 7 direktori yang didalamnya masing-masing file suara yang sama. Penelitian menggunakan *google colab*, yang mana datasetnya tersimpan di *google drive*. Berikut pengelompokan file suara berdasarkan kesamaan masing-masing suara.



Gambar 4.1 Pengelompokan File Suara

4.2. Sampling

Setelah melakukan pengelompokan file suara, masuk ke tahap *sampling* yang mana seluruh file suara diubah dari bentuk analog ke digital. Disaat proses sampling ini nantinya akan menemukan dua hasil yaitu *sampling rate* (Hz) dan nilai sampel dengan menggunakan *library librosa*.

Disini peneliti ingin memperlihatkan proses penelitian tahap awal yaitu mengambil file suara yang sama contohnya ayat_1 yang terdiri didalamnya 46 file suara yang sama yaitu bacaan basmalah. Adapun nilai sinyal suara awal yang berhasil dikonversi dari bentuk analog ke digital yang mana hasil jumlah getaran mencapai *frame* beserta nilai sinyal suaranya dengan hasil *sampling rate* 44100 Hz. Nilai sinyal file suara awal ada pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Nilai Sampel ayat_1

File Suara	Sampling Rate ke-n				
	1	2	3	.....	44100
1	0.00000000e+00	3051,75781	0.00000000e+00	.....	0.00000000e+00
2	0.00000000e+00	-3051,75781	0.00000000e+00	.....	0.00000000e+00
3	167846,68	177001,953	155639,648	.....	0.00000000e+00
.....
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	.....	0.00000000e+00

4.3. Ekstraksi Ciri Menggunakan MFCC

Setelah proses sampling, kemudian masuk ke tahap ekstraksi ciri menggunakan MFCC :

4.3.1. Pre-Emphasis

Pada tahapan ini, pre-emphasis yang bertugas untuk mempertahankan frekuensi tinggi yang masuk dari tahap filter serta membantu mengurangi *noise* pada pengimputan suara. Berdasarkan pada rumus nomor (2.1) yang mana $y(n)$ merupakan sinyal suara hasil dari pre-emphasis, $s(n)$ merupakan sinyal suara sebelum *pre-emphasis* kemudian dilakukan perkalian dengan nilai koefisien dari alpha yaitu 0,97 sehingga penjumlahannya adalah sebagai berikut.

$$y[1] = 3051,75781 - 0,97 (0.00000000e + 00)$$

$$y[1] = 3051,75781 \text{ atau } 0,0000305176$$

Maka sinyal suara setelah *pre-emphasis* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Nilai Sinyal Suara Setelah *Pre-Emphasis* ayat_1

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	44099
0	-0.0000305176	0.0000305176	-0.0000296021	...	-0.00865753
1	0.0000305176	-0.0000305176	0.0000296021	...	-0.0005761757
2	0.0032653809	0.0001419067	-0.0001605225	...	-0.003688354
...
45	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	...	0.00000000e+00

4.3.2. Frame Blocking

Pada tahap *frame blocking*, sampel suara akan dibagi menjadi beberapa frame yang mana sinyal suara dipotong menjadi berdurasi pendek dan satu sama lain akan saling tumpang tindih (*overlapping*)/ $M = 512$ sebanyak panjang $frame/N = 1024$ lalu nantinya akan disimpan ke dalam *matrix*.

Penjumlahan *frame blocking* sesuai dengan rumus yang dipaparkan pada rumus nomor (2.2) adalah sebagai berikut.

$$Frame = \frac{Fs-N}{M} + 1$$

$$Frame = \frac{44100-1024}{512} + 1$$

$$Frame = 85,13$$

Tabel 4. 3 Nilai Sinyal Suara Setelah *Frame Blocking* ayat_1 *Frame 0*

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	1023
1	-0.0000305176	-0.0000296021	0	...	-0.0001849365
2	-0.00027771	-0.0000732422	0.0007479858	...	-0.0003860472
3	-0.0003430176	0.0005929566	-0.0001211548	...	0.0002267456
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	...	0.00000000e+00

4.3.3. *Windowing*

Pada tahapan ini, *windowing* akan melakukan pembobotan pada tiap-tiap *frame* yang sudah dibentuk pada tahap sebelumnya. Yang mana *windowing* akan membantu mengurangi status discontinuitas signal yang sebelumnya dilakukan ditahap *frame blocking*. Rumusnya mengikut pada nomor (2.3) menggunakan *hamming window* sebelum melakukan *windowing* yang mana penjumlahannya sebagai berikut.

$$W(n) = 0,54 - 0,46 \cos \left(\frac{2\pi n}{N-1} \right)$$

$$W(0) = 0,54 - 0,46 \cos \left(\frac{2\pi(0)}{1024-1} \right)$$

$$W(0) = 0,08$$

Maka penjumlahan pada *windowing* merujuk pada rumus (2.4) adalah :

$$x(n) = x_i(n) \cdot w(n)$$

$$x(0) = 0,08 \cdot (-0,0000305176)$$

$$x(0) = -24,414 \text{ atau } 0,0000024414$$

Berikut hasil dari proses *Windowing*.

Tabel 4. 4 Nilai Sinyal Suara Setelah *Windowing* ayat_1 Frame 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	1023
1	0.0000024414	-0.0000023684	0	...	-0.0000147965
2	-0.0000024414	0.0000023684	-0.0000024425	...	-0.0000326696
3	-0.0003430176	0.0005929566	-0.0001211548	...	0.0002267456
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00		0.00000000e+00

4.3.4. Fast Fourier Transform جامعة الرانري

Setelah melakukan *windowing*, langkah selanjutnya yaitu *Fast Fourier Transform* yang mana akan berperan untuk mengubah domain waktu ke domain frekuensi. FFT merupakan implementasi dari *Discrete Fourier Transform*.

Pada FFT, untuk melakukan pencarian hasil yaitu menggunakan rumus yang sudah dipaparkan dirumus nomor (2.5) yang mana penjumlahannya adalah sebagai berikut.

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-\frac{j2\pi nk}{N}}$$

$$S(k) = \sum_{n=0}^{512-1} x(n) e^{-\frac{j2\pi n(0)}{512}}$$

$$S(0) = (0.0000024414)e^{-\frac{j2\pi(0)(0)}{512}} + (-0.0000023684)e^{-\frac{j2\pi(1)(0)}{512}} + (0)e^{-\frac{j2\pi(2)(0)}{512}} + \dots + (-0.0000147965)e^{-\frac{j2\pi(2)(0)}{512}}$$

$$S(0) = 0.0122520184$$

Proses ini dilakukan pada setiap nilai sinyal suara pada tiap-tiap *frame* hingga hasilnya dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 5 Nilai Sinyal Suara Setelah FFT ayat_1 *Frame* 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	511
1	0.0122520184	0.01590667347	0.008805899885	...	0.01590667347
2	0.0049433043	0.008654492734	0.005281855218	...	0.008654492734
3	0.0237114284	0.01847024358	0.06219726998	...	0.01847024358
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	...	0.00000000e+00

Setelah melakukan FFT, ditahap ini nilai sinyal suara perlu dihitung kepadatan spektral energinya (P_k) yaitu dengan mengkuadratkan nilai sinyal suara lalu membaginya dengan nilai N seperti berikut.

$$P_0 = \frac{||0.0122520184||^2}{512} = 0.000000293187$$

$$P_1 = \frac{||0.01590667347||^2}{512} = 0.000000494184, \text{ Dst } \dots$$

Maka jika ditampilkan hasil seluruh nilai yang sudah dilakukan spektral energinya dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Nilai Sinyal Suara Setelah Spektral Energi ayat_1 Frame 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	511
1	0.000000293187	0.000000494184	0.000000151453	...	0.000000494184
2	0.000000047727	0.00000014629	0.000000054488	...	0.00000014629
3	0.000001098109	0.000000666308	0.0000007555665	...	0.000000666308
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00		0.00000000e+00

4.3.5. Scale Mel Filterbank

Tahap berikutnya adalah melakukan proses *filterbank* untuk mengetahui ukuran energi dari frekuensi band tertentu terhadap sinyal suara yang sudah diproses dari tahap sebelumnya. Di tahap *filterbank* ini, untuk mendapatkan hasilnya maka dibutuhkan nilai *fft bin* beserta *mel-frequency* nya yang nantinya akan dilakukan penjumlahan dengan hasil nilai sinyal suara spektral energi sesuai mengikut pada rumus *filterbank* yang ada. Namun untuk mendapatkan hasil nilai *fft bin*, tahap pertama adalah *mel-frequency* kemudian nilai frekuensi setelah itu *fft bin*.

Adapun untuk mencari nilai *mel-frequency* mengikut pada rumus bahwa perlu menentukan dahulu nilai terendah dan tertinggi dari nilai dan kemudian dibagi dengan nilai N *filterbank*, berikut perhitungannya.

$$mel(f_n) = 2595 \log_{10}\left(1 + \frac{f}{700}\right)$$

$$\text{nilai terendah} = mel(f_0) = 2595 \log_{10}\left(1 + \frac{0}{700}\right) = 0$$

$$\text{nilai tertinggi} = mel(f_{22050}) = 2595 \log_{10}\left(1 + \frac{22050}{700}\right) = 3923,33732$$

Setelah didapati nilai terendah dan tertinggi dari nilai data, setelah itu dibagi rentang nilai dari frekuensi terendah sampai yang tertinggi sebanyak nilai *filterbank* yaitu 40 ditambah 2. Sehingga didapati hasilnya seperti tabel dibawah ini.

Tabel 4. 7 Nilai *Mel-Frequency*

<i>Mel ke-n</i>	Nilai <i>Mel-Frequency</i>
0	0
1	95.69115419
2	191.3823084
...	...
41	3923.337322

Selanjutnya mencari nilai frekuensi yaitu dengan mengubah skala Nilai *Mel-Frequency* nya. Hasilnya seperti dibawah ini.

Tabel 4. 8 Nilai Frekuensi

Frek ke-n	Nilai Frekuensi
0	0
1	62.03206123
2	129.5612319
...	...
41	22050

Selanjutnya mencari nilai *fft bin* yaitu N dari FFT yaitu 512 ditambah 1 dikali dengan nilai frekuensi ke-n (22050) dibagi *sampling rate* (44100), maka ditemukan hasilnya 256,5 sesuai dengan nilai bin ke-n pada tabel berikut.

Tabel 4. 9 Nilai Bin

bin ke-n	Nilai Bin
0	0
1	0.721597447
2	1.507140861
...	...
41	256.5

Setelah semua nilai ditemukan, terakhir perlu mencari koefisien *filterbank* agar bisa melakukan perhitungan *filterbank*. Dibawah ini hasil *filterbank*.

Tabel 4. 10 Nilai Sinyal Suara Setelah Filterbank ayat_1 Frame 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	39
1	0.000000293187	0.000000494184	-0.000000141734	...	-0.000041895612
2	0.000000047727	0.00000014629	0.000000006761	...	-0.00001144168
3	0.000001098109	0.000000666308	0.000006457556	...	-0.001353169161
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00		0.00000000e+00

Supaya seluruh nilai selaras dan lebih sederhana, maka hasil Filterbank diatas di konversi ke dalam satuan dB. Hal ini dilakukan untuk merepresentasikan magnitudo energi atau daya sinyal yang nantinya membantu menyorot perbedaan relative antara nilai-nilai energy frekuensi yang diekstraksi. Berikut hasil konversi nilai filterbank ke dalam satuan dB.

Tabel 4. 11 Nilai Konversi ke Satuan dB ayat_1 Frame 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	39
1	-130.6571058	-126.1222264	-136.9705191	...	-87.55662922
2	-146.4247173	-136.6957072	-163.3997813	...	-98.83020405
3	-119.187091	-123.5264994	-103.7986364	...	-57.37295817
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00		0.00000000e+00

4.3.6. Discrete Cosinus Transform

Selanjutnya adalah *Discrete Cosinus Transform* (DCT), yaitu komponen kunci di dalam ekstraksi ciri MFCC pada pemrosesan sinyal suara. DCT berfungsi untuk mendekorelasi atau mengurangi redundansi antar koefisien dan mengkompresi informasi penting yang ada pada sinyal suara. Adapun penggunaan atau penerapan dari DCT setelah tahap *filterbank* adalah sebagai berikut.

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

Dari rumus diatas, maka didapati nilai DCT adalah mengikut nilai berikutnya sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 4. 12 Nilai Sinyal Suara Setelah DCT ayat_1 Frame 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	39
1	-312.575054	-62.693494	-27.204114	...	-0.595081
2	-349.807125	-68.169126	-32.369429	...	-1.211304
3	-226.517787	-87.910363	-47.066431	...	-0.730942
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00		0.00000000e+00

4.3.7. Cepstral Liftering

Pada tahap terakhir dari ekstraksi ciri MFCC adalah *Cepstral Liftering* yang diterapkan pada koefisien cepstral untuk mengurangi variabelitas tingkat energi antar koefisien yang membuat nantinya meningkat kontras dan relevansi koefisien yang berkontribusi terhadap karakteristik sinyal suara.

Adapun langkah dalam menyelesaikan tahap *Cepstral Liftering* ini adalah mengikut rumus (2.9) dengan penjumlahan sebagai berikut.

$$w(n) = C_n + \frac{L}{2} \sin\left(\frac{n\pi}{L}\right)$$

$$n[0] = -312.575054$$

$$w[1] = 1 + \frac{11}{2} \sin\left(\frac{1\pi}{11}\right)$$

$$w[1] = 1 + 5,5 \times 0,281 = 2,549529063$$

$$n[1] = w[1] \times c[1]$$

$$n[1] = 2,549529063 \times (-62,693494) = -159,838885$$

Setelah melakukan penjumlahan diatas, hasil nilai tahap *Cepstral Liftering* yaitu pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 13 Nilai Sinyal Suara Setelah *Cepstral Liftering* ayat_1 Frame 0

File Suara	Frame ke-n				
	0	1	2	...	39
1	-312.575054	-159.838885	-108.096213	...	2.644551
2	-349.807125	-173.799168	-128.620719	...	5.383057
3	-226.517787	-224.130025	-187.019617	...	3.248319
...
46	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00		0.00000000e+00

Setelah tahap akhir MFCC yaitu Cepstral Liftering, dapat disimpulkan bahwa hasil Akhir dari MFCC adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 14 Hasil Akhir MFCC Suara 1 Frame 0

No	Bacaan	Pembaca	Hasil MFCC (Suara 1 Frame 0)					
			0	1	2	3	...	39
1	Ayat_1	Ghazy Maulana	-312.575.054	-159.838.885	-108.096.213	-109.453.859	...	2.644.551
2	Ayat_2	Ghazy Maulana	-591.851.427	-175.602.192	-82.513.475	-98.157.328	...	-1.067.822
3	Ayat_3	Ghazy Maulana	-467.261.846	-20.814.279	-151.593.623	-160.659.292	...	2.436.904
4	Ayat_4	Ghazy Maulana	-345.996.485	-171.855.693	-119.412.259	-124.704.034	...	-2.274.515
5	Ayat_5	Ghazy Maulana	-380.947.064	-216.674.132	-150.267.058	-153.552.796	...	-0.527985
6	Ayat_6	Ghazy Maulana	-0.527985	-16.173.446	-84.941.672	-103.735.845	...	-1.673.088
7	Ayat_7	Ghazy Maulana	-511.648.846	-281.052.637	-128.293.547	-95.383.323	...	0.640352

Adapun alasan dari nilai negatif yang dihasilkan dari Ekstraksi Ciri MFCC diatas yaitu dikarenakan dari awal nilainya yang cenderung mendekati angka 0 (nilainya sangat kecil) sehingga disaat melakukan proses yang umumnya menggunakan logaritma pada setiap rumusnya sering mengeluarkan nilai yang akhirnya negatif. Pada MFCC, hal ini tidak jarang terjadi, karena sebagian besar nilai merupakan hasil dari operasi-operasi matematis yang diterapkan selama ekstraksi ciri MFCC.

Sebelum memasuki tahap klasifikasi KNN, hasil ekstraksi ciri MFCC diatas secara keseluruhan nilainya digabung ke dalam file baru menjadi satu dataset serta melakukan pembuatan label di akhir kolom nilai sesuai dengan ayatnya. Hal ini akan mempermudah proses klasifikasi dikarenakan nilai tidak terpecah baik *frame-frame* ataupun sinyal suaranya.

Berikut adalah hasil penggabungan seluruh nilai pada masing-masing file CSV dan membuat label pada masing-masing nilai dengan menyesuaikan ayatnya.

Tabel 4. 15 Penggabungan Nilai dan Pelabelan

File Suara	Label	Frame ke-n					
		0	1	2	3	...	3015
0	ayat_1	-312.575.054	-346.587.233	-311.283.106	-353.279.867	...	0.0
1	ayat_1	-159.838.885	-199.238.593	-188.448.915	-251.714.000	...	0.0
2	ayat_1	-108.096.213	-136.114.921	-142.205.254	-211.969.413	...	0.0
3	ayat_1	-109.453.859	-138.756.341	-141.409.341	-221.556.964	...	0.0
4	ayat_1	-82.940.604	-101.264.604	-109.667.486	-183.398.612	...	0.0
...
8348	ayat_7	1.057.485	6.575.322	1.650.881	-0.393448	...	0.0
8349	ayat_7	1.212.143	8.837.054	1.810.241	-1.170.144	...	0.0
8350	ayat_7	1.063.683	8.542.759	1.297.689	-1.172.308	...	0.0
8351	ayat_7	0.690480	6.588.305	0.982039	-1.223.180	...	0.0
8352	ayat_7	0.316379	3.348.452	0.409916	-0.470337	...	0.0

4.4. Klasifikasi Sinyal Suara Menggunakan KNN

Dari hasil penggabungan nilai dari tabel diatas maka hal pertama yang perlu diperhatikan di tahap klasifikasi KNN ini adalah menyediakan data yang memang sudah bersih baik dari format nilai yang sekiranya tidak sesuai dengan proses klasifikasi KNN seperti nilai yang tidak mengandung nilai 'None' atau 'NaN' atau 'infinity' atau mungkin nilai yang terduplikat yang nantinya dapat memengaruhi hasil akurasi pada model. KNN berguna untuk mengklasifikasi model yang digunakan sebelumnya yaitu MFCC agar dapat melihat kebagusan dari model tersebut.

Berikut type data yang tersimpan dalam penelitian ini kebanyakan dalam bentuk *float*, sedangkan total jumlah baris sebanyak 8353 baris dan kolom sebanyak 3016 kolom *include* dengan kolom Label.

```
0          float64
1          float64
2          float64
3          float64
4          float64
...
3012       float64
3013       float64
3014       float64
3015       float64
Label      object
Length: 3016, dtype: object float64

data shape : (8353, 3016)
```

Adapun penentuan x dan y dalam pemisahan data *training* dan data *testing* dilakukan pembagian 80% data *training* lalu sisanya untuk data *testing* serta *include* pembagian fitur nilai kodenya seperti dibawah ini.

```
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
test_size=0.2, random_state=42)
```

Namun perlu mengubah kolom label yang sebelumnya berbentuk *string* (nama-nama label) menjadi angka 0, supaya saat melakukan klasifikasi terhindar dari *error* karena kode hanya bisa memproses nilai angka bukan kalimat, tabelnya seperti dibawah ini.

Tabel 4. 16 Mengubah Kolom Label menjadi Angka 0

File Suara	Label	Frame ke-n					
		0	1	2	3	...	3015
0	0	-312.575.054	-346.587.233	-311.283.106	-353.279.867	...	0
1	0	-159.838.885	-199.238.593	-188.448.915	-251.714.000	...	0
2	0	-108.096.213	-136.114.921	-142.205.254	-211.969.413	...	0
3	0	-109.453.859	-138.756.341	-141.409.341	-221.556.964	...	0
4	0	-82.940.604	-101.264.604	-109.667.486	-183.398.612	...	0

5 rows × 3016 columns

Kemudian dibawah ini hasil pembagian dari data *training* sebanyak 6682 baris dan data *testing* sisanya sebanyak 1671 baris dari file nilai data yang sudah digabungkan sebelumnya.

```
X_train : (6682, 3015)
X_test  : (1671, 3015)
y_train : (6682,)
y_test  : (1671,)
```

Pembagian data *training* dan data *testing* dengan menentukan bahwa titik x di kolom dan baris pertama pada nilai, dan titik y berada pada sudut kolom dan baris terakhir pada nilai. Maka setelah semuanya diketahui dan sudah siap untuk dieksekusi, selanjutnya langkah pemodelan terhadap klasifikasi KNN untuk mendapatkan akurasi. Dibawah ini adalah hasil akurasi yang didapatkan dengan nilai k=1 include dengan hasil *Confusion Matrix* yaitu *accuracy*, *predicision*, *recall*, dan *f1-score* dengan akurasi akhir terbaik sebesar 86%.

Tabel 4. 17 Akurasi KNN dengan k=1

	precision	recall	f1-score	support
0	0.96	0.82	0.89	244
1	0.86	0.87	0.86	209
2	0.68	0.91	0.78	232
3	0.85	0.90	0.87	207
4	0.96	0.84	0.90	276
5	0.82	0.87	0.84	232
6	0.97	0.84	0.90	271
accuracy			0.86	1671
macro avg	0.87	0.86	0.86	1671
weighted avg	0.88	0.86	0.87	1671
Akurasi KNN : 0.8623578695391981				

Sedangkan nilai k=2 mendapatkan akurasi terbaik sebesar 82%.

Tabel 4. 18 Akurasi KNN dengan k=2

	precision	recall	f1-score	support
0	0.88	0.83	0.86	244
1	0.73	0.87	0.79	209
2	0.61	0.92	0.74	232
3	0.82	0.84	0.83	207
4	0.97	0.80	0.88	276
5	0.94	0.77	0.84	232
6	1.00	0.79	0.88	271
accuracy			0.83	1671
macro avg	0.85	0.83	0.83	1671
weighted avg	0.86	0.83	0.83	1671
Akurasi KNN : 0.8288450029922202				

Kemudian nilai $k=3$ mendapatkan akurasi terbaik sebesar 82%.

Tabel 4. 19 Akurasi KNN dengan $k=3$

	precision	recall	f1-score	support
0	0.86	0.80	0.83	244
1	0.72	0.85	0.78	209
2	0.69	0.86	0.76	232
3	0.76	0.85	0.80	207
4	0.97	0.80	0.88	276
5	0.82	0.81	0.82	232
6	0.98	0.80	0.88	271
accuracy			0.82	1671
macro avg	0.83	0.82	0.82	1671
weighted avg	0.84	0.82	0.83	1671
Akurasi KNN : 0.822262118491921				

Dan nilai $k=5$ mendapatkan akurasi terbaik sebesar 79%.

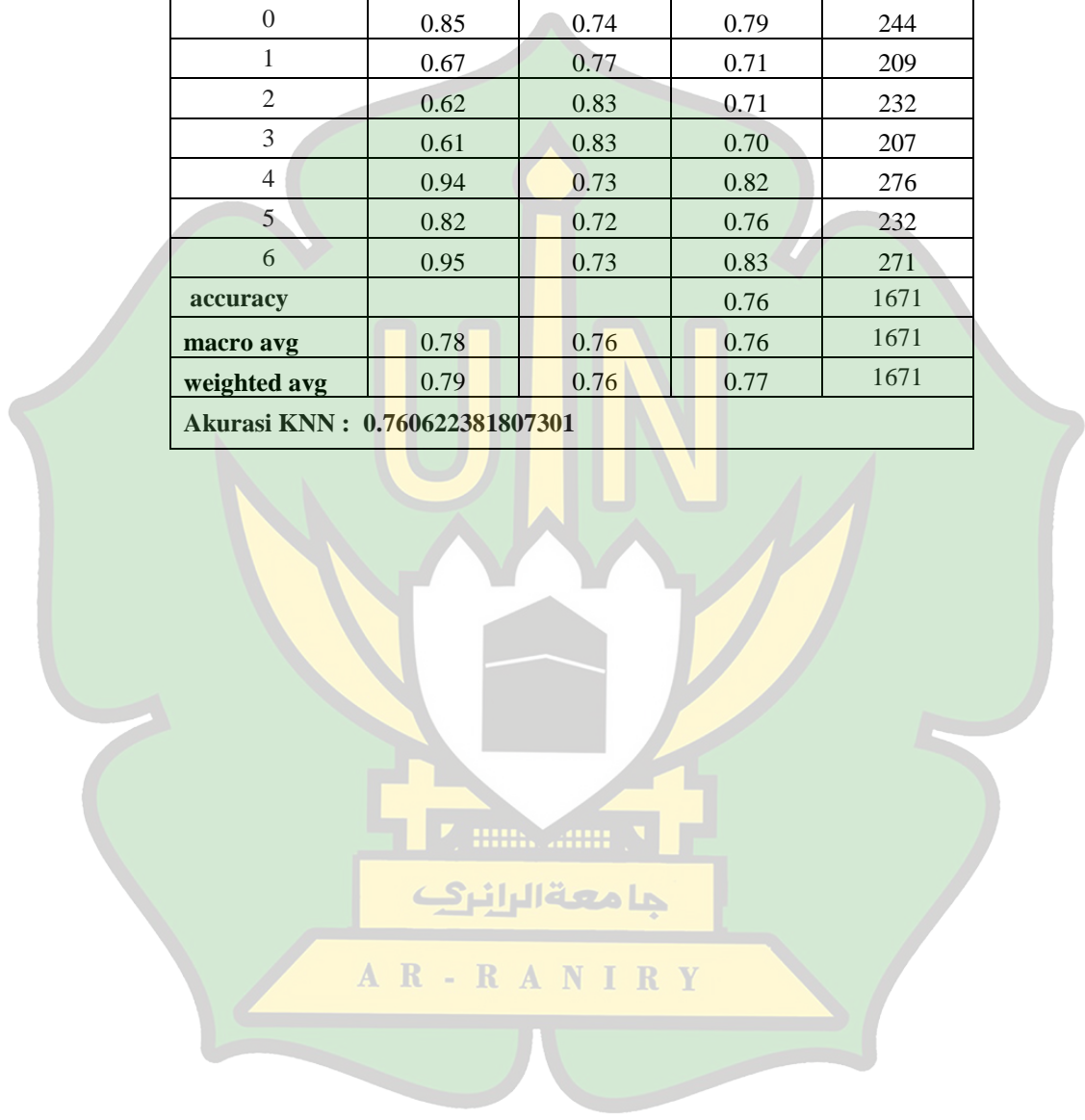
Tabel 4. 20 Akurasi KNN dengan $k=5$

	precision	recall	f1-score	support
0	0.86	0.78	0.82	244
1	0.72	0.82	0.77	209
2	0.63	0.86	0.72	232
3	0.66	0.85	0.74	207
4	0.97	0.76	0.85	276
5	0.87	0.76	0.81	232
6	0.98	0.76	0.85	271
accuracy			0.79	1671
macro avg	0.81	0.80	0.80	1671
weighted avg	0.82	0.79	0.80	1671
Akurasi KNN : 0.7941352483542788				

Terakhir, nilai $k=7$ mendapatkan akurasi terbaik sebesar 76%.

Tabel 4. 21 Akurasi KNN dengan $k=7$

	precision	recall	f1-score	support
0	0.85	0.74	0.79	244
1	0.67	0.77	0.71	209
2	0.62	0.83	0.71	232
3	0.61	0.83	0.70	207
4	0.94	0.73	0.82	276
5	0.82	0.72	0.76	232
6	0.95	0.73	0.83	271
accuracy			0.76	1671
macro avg	0.78	0.76	0.76	1671
weighted avg	0.79	0.76	0.77	1671
Akurasi KNN : 0.760622381807301				



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Ekstraksi ciri MFCC menghasilkan data yang jauh lebih kecil dari data mentah, sehingga di tahap KNN lebih memudahkan dalam melakukan klasifikasi karena jika semakin kecil nilai semakin baik akurasi.
2. Klasifikasi KNN menghasilkan akurasi terbaik *include* dengan *Confusion Matrix* yaitu *accuracy*, *predicision*, *recall*, dan *f1-score* sebesar 86% dengan nilai k=1 dan 82% dengan nilai k=2, 82% dengan nilai k=3, 79% dengan nilai k=5, 76% dengan nilai k=7.

5.2. Saran

Adapun saran setelah melakukan penelitian ini adalah bahwa penelitian ini masih butuh perkembangan yang lebih matang agar dapat dilihat keberhasilannya yaitu berupa program yang di dapatkan. Maka untuk saran terhadap penelitian berikutnya yaitu perlu mengembangkan penelitian ini ke tahap perancangan aplikasi serta bisa mengumpulkan lebih banyak data agar hasil penelitian jauh lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir & Terra Ch. Triwahyuni. (2013). *Pengantar Teknologi Informasi Edisi Revisi* (Dewi H (ed.); 2nd ed.). CV. ANDI OFFSET (Penerbit Andi).
- Amin, M. B. (2020). *Implementasi Metode MFCC dan LVQ untuk Pembelajaran Pelafalan Bahasa Inggris*. <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/1339>
- Daffa Invandika. (2022). *Speech Recognition Untuk Klasifikasi Emosi Menggunakan K-Nearest Neighbor*. 1–30. <http://eprints.umm.ac.id/id/eprint/94927>
- Dr. Beni Ahmad Saebani, M. S. (2017). *Pedoman Aplikatif Metode Penelitian dalam Penyusunan Karya Tulis Ilmiah, Skripsi, Tesis, dan Disertasi* (1st ed.).
- Dr. Muhammad, M. A. (2008). *Metodologi Penelitian Ekonomi Islam Pendekatan Kuantitatif (Dilengkapi dengan contoh-contoh Aplikasi: Proposal Penelitian dan Laporannya)* (1st ed.). PT RajaGrafindo Persada.
- Dr. Rianto Adi. (2004). *Metodologi Penelitian Sosial dan Hukum* (1st ed.). Granit.
- Dwi Prasetya Candra. (2021). *Klasifikasi Suara dengan Ekstraksi Ciri Mel Frequency Cepstral Coefficients Menggunakan Machine Learning. Pesquisa Veterinaria Brasileira*.
- Fauzi, A. R. (2020). *Simulasi Control Smart Home berbasis Mel Frequency Cepstral Coefficients menggunakan metode Support Vector Machine (SVM)*. [http://digilib.uinsby.ac.id/id/eprint/43041%0Ahttp://digilib.uinsby.ac.id/43041/2/Arif Rahman Fauzi_H06216003.pdf](http://digilib.uinsby.ac.id/id/eprint/43041%0Ahttp://digilib.uinsby.ac.id/43041/2/Arif%20Rahman%20Fauzi_H06216003.pdf)
- Hasna Septi Dewi. (2020). *Penerapan Metode MFCC dan K-NN sebagai Sistem Pengenalan Suara untuk Mengenali Aksent Daerah*. <http://eprints.itenas.ac.id/1312/>
- Khamid, A., Prasmanita, D., Munawaroh, R., Zamroni, A., & Nasitoh, O. E. (2020). *Implementasi Pembelajaran Tajwid dan Keterampilan Membaca Al-Qur'an dalam Materi Al-Qur'an Hadist. Attractive : Innovative Education Journal*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.51278/aj.v2i2.38>
- Lana, H., Agus, N., Made, I. D., Atmaja, B., Agung, A., & Ngurah, I. (2022). *Aplikasi Identifikasi Nada Darbuka Dengan Onset Detection, MFCC, Dan KNN*. 11(1), 137–146.

- Lukman, M. (2016). *IMPLEMENTASI K-MEANS CLUSTERING DAN LEARNING VECTOR QUANTIZATION*.
- Mujilahwati, S., Sholihin, M., & Wardhani, R. (2021). *Optimasi Hyperparameter TensorFlow dengan Menggunakan Optuna di Python : Study Kasus Klasifikasi Dokumen Abstrak Skripsi*. 5, 1084–1089.
<https://doi.org/10.30865/mib.v5i3.3090>
- Mustika et al. (2021). *Data Mining dan Aplikasinya* (N. Rismawati (ed.); 1st ed.).
- Narbuko, D. C., & Achmad, D. H. A. (2013). *metodologi penelitian*.
- Pandu et al. (2019). *KLASIFIKASI GENRE MUSIK MENGGUNAKAN METODE MEL FREQUENCY CEPSTRUM COEFFICIENTS (MFCC) DAN K-NEAREST NEIGHBORS CLASSIFIER (Classification of Music Genres Using The Mel-Frequency Cepstrum Coefficients*. 1(2), 189–197.
- Purwanto, Ahmadi, Muhammad Muchlish Huda, & Zainul Mu'ien Husni. (2022). *Arabic Learning With Qur'an Sanad (Case Study in Pondok Pesantren Tahfidzul Qur'an Ibnu Abbas 2 Klaten*. *Al-Qodiri: Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Kenegaraan*, 20(1), 97–108.
- Rahmatullah, I. L. (2022). *Pengenalan suara menggunakan algoritma convolutional neural network pada gim pembelajaran bahasa arab*.
- Siti Raysyah et al. (2021). *Klasifikasi tingkat kematangan buah kopi berdasarkan deteksi warna menggunakan metode knn dan pca*. 8(2), 88–95.
- Sugiyono, P. D. (2017). *metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan kombinasi (mixed methods)* (M. T. Sutopo (ed.)).
- Suwanda, R. (2019). *Kinerja Algoritma Support Vector Machine Berdasarkan Ekstraksi Sinyal Suara Dengan Mel-Frequency Cepstrum Coefficients Pada Pelafazan Ayat Al-Quran*. *Tesis*, 4(2), 1–92.
- Umar, R. (2019). *Qira' At Al-Qur'an*. *Jurnal Al-Asas*, 3, 37.
- Yaumi, A. S., Zulfiqar, Z., Nugroho, A., & Kunci, K. (2020). *Sistem Pembelajaran Hukum Baca Al-Qur'an Menggunakan Algoritma LPC dan KNN*. 6(1), 44–50.

LAMPIRAN

Kode MFCC

-Import Library yang dibutuhkan

```
import os
import csv
import librosa
import pandas as pd
import numpy as np
import soundfile as sf
```

-Sampling

```
def resample_audio(input_path, output_path):
    y, sr = librosa.load(input_path, sr=44100)
    sf.write(output_path, y, sr)
root_directory =
for dirpath, dirnames, filenames in os.walk(root_directory):
    for filename in filenames:
        if filename.endswith('.wav'):
            file_path = os.path.join(dirpath, filename)
            output_file_path = os.path.join(output_directory,
filename)
            resample_audio(file_path, output_file_path)
```

- Pre-Emphasis

```
def pre_emphasis(input_file, output_file,
pre_emphasis_coeff=0.97):
    audio, sr = librosa.load(input_file, sr=44100)
    pre_emphasized_audio = librosa.effects.preemphasis(audio,
coef=pre_emphasis_coeff)
```

-Frame Blocking

```
def frame_blocking(input_file, output_dir, frame_size, hop_size):  
    with open(input_file, 'r') as csvfile:  
        reader = csv.reader(csvfile)  
        audio_signal = np.array(data, dtype=np.float32)  
        num_frames = (len(audio_signal) - frame_size) // hop_size + 1  
        hop_size = 512  
        frame_size = 1024  
    for file in csv_files:  
        input_file = os.path.join(input_dir, file)  
        frame_blocking(input_file, output_dir, frame_size, hop_size)
```

-Windowing

```
def process_directory(directory_path, output_dir):  
    input_files = os.listdir(directory_path)  
    for file in input_files:  
        file_path = os.path.join(directory_path, file)  
        window_length = len(audio_signal)  
        hamming_window =  
        librosa.filters.get_window('hamming', window_length)  
        output_signal = audio_signal * hamming_window[:, np.newaxis]
```

-FFT

```
def perform_fft(input_dir, output_dir, N=512):  
    for filename in os.listdir(input_dir):  
        if filename.endswith('.csv'):  
            signal = data.values.flatten()[:N]  
            signal = np.pad(signal, (0, N - len(signal)))  
            X = np.fft.fft(signal)  
    perform_fft(input_dir, output_dir)
```

-Mel Scale Filterbank

```
def compute_filter_bank_coefficients(fft_bin_values,
mel_frequencies, num_filter_banks):
    filter_bank_coefficients = np.zeros((num_filter_banks,
len(fft_bin_values)))
    for i in range(num_filter_banks):
        for j in range(len(fft_bin_values)):
            if mel_frequencies[j] <= mel_frequencies[i]:
                if i == 0 or mel_frequencies[j] ==
mel_frequencies[i]:
                    filter_bank_coefficients[i, j] = 1.0
                else:
                    filter_bank_coefficients[i, j] =
(mel_frequencies[j] - mel_frequencies[i - 1]) /
(mel_frequencies[i] - mel_frequencies[i - 1])
            elif mel_frequencies[j] <= mel_frequencies[i + 1]:
                filter_bank_coefficients[i, j] =
(mel_frequencies[i + 1] - mel_frequencies[j]) /
(mel_frequencies[i + 1] - mel_frequencies[i])

    return filter_bank_coefficients

def compute_filter_bank_energy(filter_bank_coefficients,
spectral_energy):
    return np.dot(filter_bank_coefficients, spectral_energy[:,
np.newaxis]).squeeze()

filter_bank_coefficients =
compute_filter_bank_coefficients(fft_bin_values, mel_frequencies,
num_filter_banks)

filter_bank_energy =
compute_filter_bank_energy(filter_bank_coefficients,
spectral_energy)
```

-DCT

```
def dct_type2(x):
    N = len(x)
    X = np.zeros(N)
    for k in range(N):
        if k == 0:
            alpha_k = np.sqrt(1 / (4 * N))
        else:
            alpha_k = np.sqrt(2 / N)
        X[k] = alpha_k * np.sum(x * np.cos(np.pi/N *
(np.arange(N) + 0.5) * k))
    return X
```

-Cepstral Liftering

```
def cepstral_liftering(cepstral_coeffs, L):
    lifted_coeffs = cepstral_coeffs * (1 + 0.5 * L * np.sin(np.pi
* np.arange(len(cepstral_coeffs)) / L))
    return lifted_coeffs
L = 11
lifted_coeffs = cepstral_liftering(cepstral_coeffs, L)
```

Kode KNN

-Import Library yang dibutuhkan

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import confusion_matrix, accuracy_score,
classification_report
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
import seaborn as sns
```

-Membaca Data

```
# Baca data dari file CSV
df =
pd.read_csv('/content/drive/MyDrive/Penelitian/11_ceptral/data_bersih.csv')
df
```

-Memeriksa Data

```
print('data shape : ', df.shape)
df.dtypes
df.Label.value_counts()
df.isna().sum()
df.isin([np.inf, -np.inf]).sum()
df.duplicated().sum()
```

- Mengubah nilai di kolom Label menjadi angka 0

```
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
label_encoder = LabelEncoder()
df['Label'] = label_encoder.fit_transform(df['Label'])
```

-Mengatur titik x dan y, data *training* dan data *testing*

```
X = df.drop(columns=['Label'])
y = df['Label']

print('x : ', X.shape)
print('y : ', y.shape)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y,
test_size=0.2, random_state=42)
print(f'X_train : {X_train.shape}')
print(f'X_test : {X_test.shape}')
print(f'y_train : {y_train.shape}')
print(f'y_test : {y_test.shape}')
```

- Klasifikasi KNN dan *Confusion Matrix*

```
knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=1)
knn.fit(X_train, y_train)
y_pred = knn.predict(X_test)
KNN_acc = accuracy_score(y_pred, y_test)
print(classification_report(y_test, y_pred))
print('Akurasi KNN : ', (KNN_acc))
```

Hasil

-Akurasi Akhir dengan nilai Terbaik (k=1)

	precision	recall	f1-score	support
0	0.96	0.82	0.89	244
1	0.86	0.87	0.86	209
2	0.68	0.91	0.78	232
3	0.85	0.90	0.87	207
4	0.96	0.84	0.90	276
5	0.82	0.87	0.84	232
6	0.97	0.84	0.90	271
accuracy			0.86	1671
macro avg	0.87	0.86	0.86	1671
weighted avg	0.88	0.86	0.87	1671

Akurasi KNN : 0.8623578695391981

-Akurasi Akhir dengan nilai Terbaik (k=2)

	precision	recall	f1-score	support
0	0.88	0.83	0.86	244
1	0.73	0.87	0.79	209
2	0.61	0.92	0.74	232
3	0.82	0.84	0.83	207
4	0.97	0.80	0.88	276
5	0.94	0.77	0.84	232
6	1.00	0.79	0.88	271
accuracy			0.83	1671
macro avg	0.85	0.83	0.83	1671
weighted avg	0.86	0.83	0.83	1671

Akurasi KNN : 0.8288450029922202

-Akurasi Akhir dengan nilai Terbaik (k=3)

precision	recall	f1-score	support		
	0	0.86	0.80	0.83	244
	1	0.72	0.85	0.78	209
	2	0.69	0.86	0.76	232
	3	0.76	0.85	0.80	207
	4	0.97	0.80	0.88	276
	5	0.82	0.81	0.82	232
	6	0.98	0.80	0.88	271
accuracy				0.82	1671
macro avg		0.83	0.82	0.82	1671
weighted avg		0.84	0.82	0.83	1671

Akurasi KNN : 0.822262118491921

-Akurasi Akhir dengan nilai Terbaik (k=5)

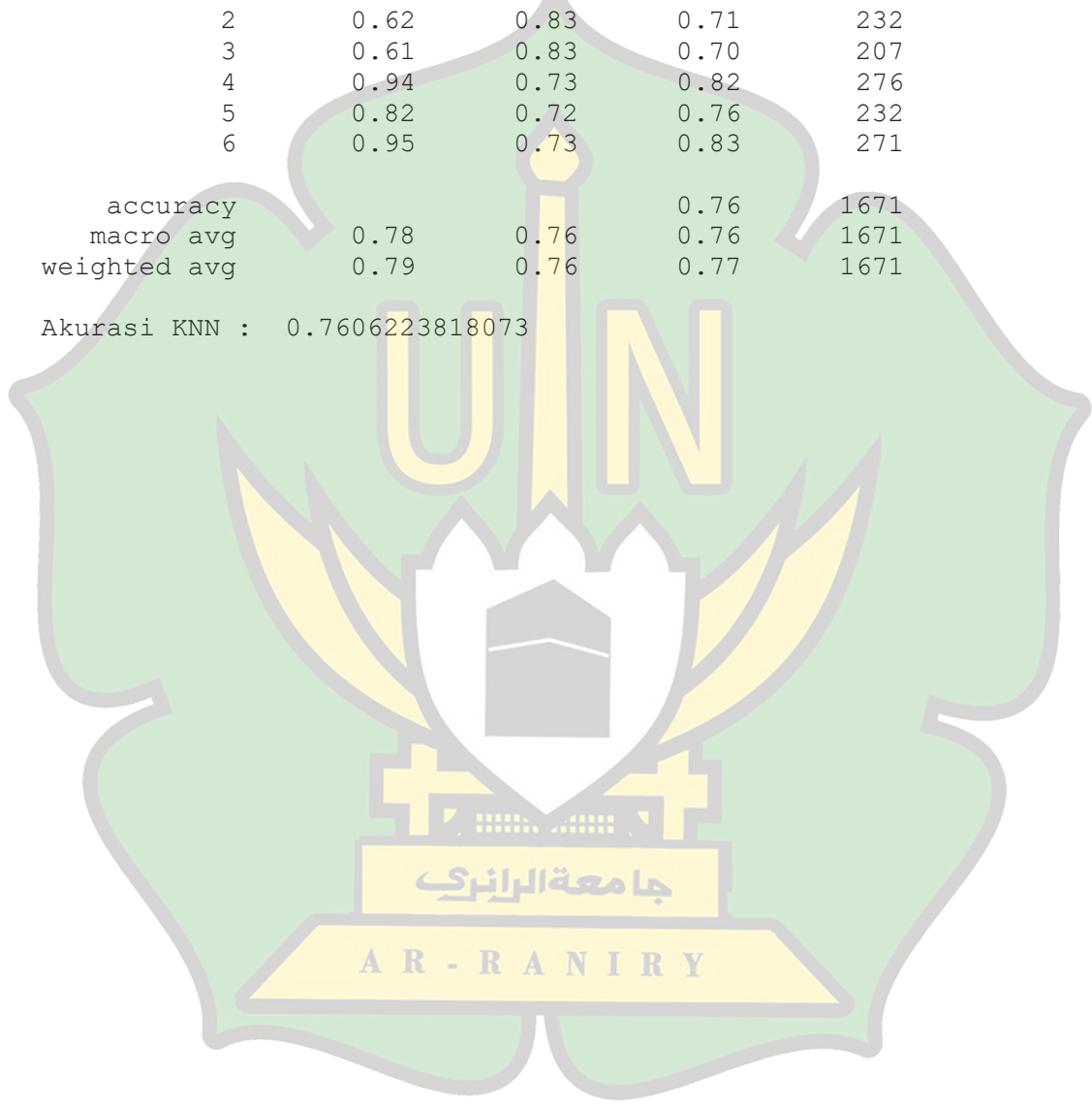
precision	recall	f1-score	support		
	0	0.86	0.78	0.82	244
	1	0.72	0.82	0.77	209
	2	0.63	0.86	0.72	232
	3	0.66	0.85	0.74	207
	4	0.97	0.76	0.85	276
	5	0.87	0.76	0.81	232
	6	0.98	0.76	0.85	271
accuracy				0.79	1671
macro avg		0.81	0.80	0.80	1671
weighted avg		0.82	0.79	0.80	1671

Akurasi KNN : 0.7941352483542788

-Akurasi Akhir dengan nilai Terbaik (k=7)

precision	recall	f1-score	support		
	0	0.85	0.74	0.79	244
	1	0.67	0.77	0.71	209
	2	0.62	0.83	0.71	232
	3	0.61	0.83	0.70	207
	4	0.94	0.73	0.82	276
	5	0.82	0.72	0.76	232
	6	0.95	0.73	0.83	271
accuracy				0.76	1671
macro avg	0.78	0.76	0.76	0.76	1671
weighted avg	0.79	0.76	0.77	0.77	1671

Akurasi KNN : 0.7606223818073



RIWAYAT HIDUP



NURBAITY, Dilahirkan di Sibolga Provinsi Sumatera Utara pada tanggal 03 Juni 2001. Anak ke empat dari empat bersaudara pasangan dari Rudi Saputra dan Julidar Tanjung. Penulis menyelesaikan Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 06 Rambah Lanai Panti Sumatera Barat dengan tahun lulus 2013, kemudian lanjut Pendidikan di jenjang Sekolah Menengah Pertama di MTs Musthafawiyah Purba Baru Sumatera Utara dengan tahun lulus 2016, kemudian melanjutkan pendidikan jenjang Sekolah Menengah Atas di SMA Swasta Muhammadiyah 15 Sibolga Sumatera Utara dengan tahun lulus 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan Strata-1 (S1) di Perguruan Tinggi Negeri, tepatnya di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh Fakultas Sains dan Teknologi pada Program Studi Teknologi Informasi.