

Identifikasi Jenis Sepeda Motor Berdasarkan Ciri Akustik Dengan Metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (Mfcc) Dan *K-Nearest Neighbor* (Knn)

1st Ibnu Alwindra
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ibnualwindra@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Jangkung Raharjo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Bambang Hidayat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
bhidayat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Maraknya kasus kriminal kendaraan roda dua yang terekam CCTV, membuat pelaku berusaha mengelabui sistem. Pelaku sadar akan adanya CCTV sehingga menutupi wajah, dan pelat nomor. Namun, CCTV terbatas sudut pandangnya yang menimbulkan kegelisahan pada masyarakat seperti pencurian sepeda motor yang sedang meningkat di beberapa wilayah Indonesia. Pelaku pencurian sering menggunakan motor sebagai alat mobilitasnya sehingga sulit untuk diidentifikasi. Dari rekaman suara kendaraan roda yang memiliki mesin 2-tak maupun 4-tak yang digunakan oleh pelaku maka dapat dijadikan sebagai bukti untuk mengidentifikasi pelaku. Dengan menggunakan Metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) maka dapat digunakan untuk ekstraksi ciri suara dan dengan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) dapat digunakan untuk mengklasifikasi. Penelitian ini memanfaatkan aplikasi Matlab untuk melakukan ekstraksi dan klasifikasi data suara yang terdiri dari 71 data latih dan 20 data uji. Akurasi identifikasi jenis sepeda motor menggunakan MFCC dan KNN mencapai 95%. Waktu komputasi sebesar 38,2914 detik dengan parameter *Frame size* 0,025, *Koefisien* MFCC 20, dan nilai *K*=3.

Kata kunci: MFCC, KNN, Sepeda motor, Pencurian, 2-tak, 4-tak.

I. PENDAHULUAN

Awalnya, manusia hanya memanfaatkan anggota badannya berupa kaki untuk melakukan kegiatan berpindah tempat[1]. Seiring berjalannya, waktu manusia mulai menciptakan alat transportasi yang dimanfaatkan untuk mendukung mobilisasi. Fungsi sebuah alat transportasi adalah untuk memudahkan manusia untuk berpindah lokasi[1]. Setiap alat transportasi memiliki ciri khas masing-masing dan dibagi berdasarkan jalur yang ditempuh. Transportasi darat berupa motor banyak digunakan oleh masyarakat. Umumnya, mesin sepeda motor dibedakan dalam dua jenis yaitu mesin 2 tak dan 4 tak. Sepeda motor dengan mesin 2 tak dalam siklus pembakaran hanya memiliki dua langkah. Sedangkan mesin 4 tak memiliki empat

langkah, yaitu hisap, kompresi, usaha, dan buang[2]. Maraknya kriminalitas kendaraan bermotor roda dua, beberapa di antaranya terekam oleh CCTV. Pelaku sering menyadari keberadaan CCTV dan mengambil tindakan pencegahan seperti menutup wajah atau pelat nomor. Namun, CCTV memiliki keterbatasan sudut pandang sehingga tidak dapat memantau area secara menyeluruh. Hal ini menyebabkan kekhawatiran dan kerugian bagi masyarakat yang menjadi korban. Pada tahun 2022, kasus pencurian sepeda motor di Indonesia meningkat. Data dari Robinopsnal Bareskrim Polri menunjukkan adanya peningkatan penindakan kasus ini pada dua pekan pertama Mei 2022, dengan 118 kasus dicatat di seluruh wilayah Indonesia[3]. Ironisnya, para pelaku biasanya menggunakan motor saat melakukan aksi berkelompok atau berpasangan. Motor yang digunakan bisa sama atau berbeda, hasil dari pencurian sebelumnya. Hal ini membuat proses identifikasi pelaku menjadi lebih sulit bagi pihak berwajib. Oleh karena itu, mereka membutuhkan rekaman suara kendaraan bermotor roda dua dengan jenis mesin 2-tak dan 4-tak dari kendaraan yang digunakan oleh pelaku untuk mempermudah proses identifikasi. Rekaman suara dari CCTV juga dapat menjadi sumber informasi terkait kasus pencurian kendaraan bermotor roda dua tersebut. Pada Tugas Akhir ini untuk mendeteksi kendaraan dengan mesin 2-tak dan 4-tak dapat dilakukan lewat metode suara yang dihasilkan oleh mesin. Penggunaan metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dalam mengekstraksi ciri data, lalu mengklasifikasikan data menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN), pengujian pertama ini menggunakan data latih yang di-*input*-kan selanjutnya akan di-*input*-kan pada MFCC. Ciri data suara akan disimpan di *file database* dan akan digunakan di proses selanjutnya. Pengujian kedua ini menggunakan data uji, setelah selesai di-*input*-kan pada proses ekstraksi ciri selanjutnya data suara akan diklasifikasikan KNN menggunakan ciri data yang sudah disimpan. Pada Tugas Akhir ini peneliti akan menciptakan sebuah konsep yang dapat membantu aparat dalam

identifikasi jenis mesin 2-tak atau 4-tak dari kendaraan yang digunakan oknum pencurian kendaraan bermotor roda dua. Pada penelitian sebelumnya, peneliti melakukan penelitian mengenai “Implementasi dan analisis kondisi mesin motor berdasarkan ciri akustik dengan metode Transformasi *Wavelet* dan KNN pada platform android”. Hasil tersebut mendapatkan nilai akurasi sebesar 58.33% untuk dapat mengklasifikasikan kondisi mesin motor[4]. Pada penelitian dengan judul “Implementasi kunci berbasis suara menggunakan metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN)”. Untuk penelitian ini telah berhasil membuat pengenalan pembicara dengan tingkat akurasi terbaik sebesar 87.5%[5]. Dari beberapa penelitian metode *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN) tergolong efektif untuk melakukan penelitian menggunakan *dataset* audio. Maka penelitian ini akan menggunakan metode ekstraksi ciri MFCC dan klasifikasi KNN. Diharapkan dengan model metode penelitian yang digunakan peneliti pada Tugas Akhir ini, dapat menghasilkan nilai akurasi yang baik sehingga suatu saat penelitian ini mampu diterapkan dalam kondisi sesungguhnya.

II. KAJIAN TEORI

A. Sinyal Suara

Sinyal didefinisikan sebagai suatu gelombang yang tak kasat mata yang bergerak di udara dan terbentuk dari sebuah getaran yang berasal dari suatu benda. Pada saat suatu benda bergetar maka akan merambat ke udara, air atau material lainnya, hal ini menghasilkan gelombang berdasarkan rambatannya. Suara tidak dapat merambat pada ruang hampa. Maka sinyal audio dapat didefinisikan sebagai reproduksi suara[6]. Dapat disimpulkan bahwa sinyal audio atau sinyal suara ialah gelombang yang dihasilkan oleh suatu benda yang bergetar dalam rentang frekuensi audio yang dapat di dengar oleh manusia pada frekuensi 20Hz sampai 20KHz[7].



GAMBAR 1
Contoh Sinyal Suara

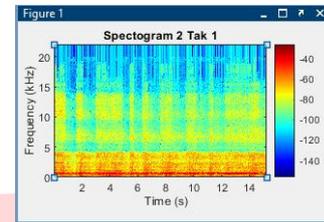
B. Sepeda Motor

Sepeda motor merupakan kendaraan yang banyak diminati oleh masyarakat karena penggunaannya sebagai alat transportasi sangat banyak. Sepeda motor merupakan transportasi yang menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energi[8]. Di Indonesia pengguna sepeda motor sangat banyak di karenakan lebih hemat dan fleksibel. Sepeda motor juga memiliki beberapa komponen mesin di antara lainnya komponen tengah, kiri dan kanan.

a. Mesin Motor 2 Tak

Mesin motor 2 tak (*Two-stroke engine*) atau mesin motor bensin 2 langkah merupakan mesin pembakaran dalam yang hanya memiliki 2 siklus kerja[9]. Ciri khas dari suara motor

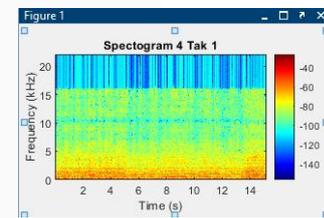
2 tak yaitu memiliki suara lebih berisik dan basah. Mesin motor 2 tak berkerja lebih ringkas di bandingkan mesin motor 4 tak, hal ini dikarenakan berkerja sangat efektif tetapi mesin 2 tak lebih banyak menghasilkan pulusi udara dan gas buang yang lebih besar dibandingkan mesin motor 4 tak. Dapat lihat pada Gambar 2 merupakan spektrogram dari mesin motor 2 tak yang memiliki frekuensi yang lebih tinggi karena memiliki 2 tahap siklus kerja.



GAMBAR 3
Spektrogram Mesin Motor 2 Tak

b. Mesin Motor 4 Tak

Mesin motor 4 tak (*four-stroke engine*) atau mesin motor bensin 4 langkah merupakan mesin pembakaran dalam yang mempunyai 4 tahap siklus kerja[9]. Mesin 4 tak dan 2 tak memiliki perbedaan, mesin 2 tak lebih simpel dibandingkan cara kerja mesin 4 tak. Tetapi mesin 4 tak lebih ramah lingkungan dan menghasilkan polusi yang lebih sedikit dikarenakan gas buang yang kecil dibandingkan dengan mesin 2 tak. Mesin 4 tak memiliki suara yang lebih garing, halus dan ngebase. Gambar 3 merupakan spektrogram dari mesin motor 4 tak yang memiliki frekuensi rendah karena memiliki 4 tahap siklus kerja.



GAMBAR 3
Spektrogram Mesin Motor 4 Tak

C. Ciri Akustik

Akustik merupakan ilmu yang khususnya membahas suara atau bunyi yang berasal dari benda bergetar. Ini mencakup semua aspek pendengaran dalam ruang yang dapat mempengaruhi kualitas bunyi[10]. Terdapat enam jenis ciri akustik yang dapat mengklasifikasikan jenis suara, yaitu:

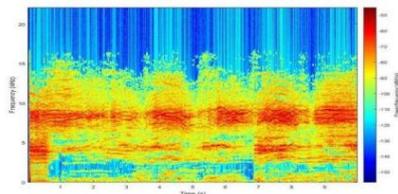
1. Akustik musikal,
2. Akustik medis,
3. Akustik arsitektural,
4. Akustik *underwater*,
5. Akustik elektro, dan
6. *Psychoacoustic*

Suara mesin sepeda motor 2 tak dan 4 tak sebagai dataset pada Tugas Akhir ini dapat digolongkan sebagai golongan *psychoacoustic*. Suara sirine dan manusia merupakan ciri akustik *psychoacoustic*[11].

D. Spektrogram

Spektrogram adalah visualisasi yang menunjukkan perubahan frekuensi dan intensitas gelombang seiring waktu. Dalam spektrogram, sumbu y mewakili spektrum frekuensi, sedangkan sumbu x mewakili spektrum waktu. Transformasi

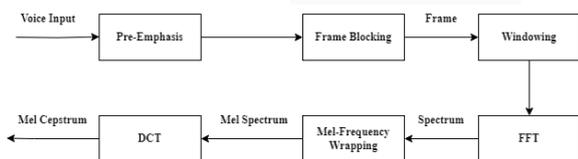
Fourier digunakan dalam spektrogram untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi [12]. Spektrogram ditampilkan sebagai grafik yang mempresentasikan intensitas sinyal digambarkan melalui warna dan kecerahan. Gambar 4, merupakan spektrogram.



GAMBAR 4
Spektrogram

E. *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC)

Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC), dimana metode ekstraksi ciri ini merupakan metode yang mendekati sistem pada pendengaran manusia. Dalam pemrosesannya, *Mel-Frequency Cepstral Coefficients* (MFCC) sering digunakan untuk ekstraksi ciri, karena dapat mempresentasikan sinyal dengan baik[13]. MFCC mempunyai dua buah filter yaitu filter linear yang berfrekuensi dibawah 1000 Hz dan filter logaritmik yang berfrekuensi diatas 1000 Hz. Keunggulan dari metode ini ialah dapat menangkap informasi penting yang terkandung dalam sinyal suara serta menghasilkan data seminimal mungkin tanpa menghilangkan informasi penting yang ada di sinyal suara[14]. Ada beberapa langkah untuk memproses sinyal suara yang sudah di inputkan, yaitu *Pre-emphasis*, *frame blocking*, *windowing*, *fast fourier transform*, *mel frequency wrapping* dan *Discrete Cosine Transform* (DCT). MFCC akan mengekstrak ciri akustik dari sinyal yang di input-kan untuk memperoleh nilai *koefisien*, yang akan di simpan di *dataset*. Dalam pengkodean sinyal analog suara motor. Gambar 5 diagram blok MFCC dalam memproses audio.



GAMBAR 5
Diagram Blok Proses MFCC

a. *Pre-Emphasis*

Pre-Emphasis bertujuan untuk mempertahankan frekuensi-frekuensi tinggi pada sebuah spektrum yang biasanya tereliminasi pada saat produksi suara, selain itu *pre-emphasis* dapat mengurangi *noise* pada suara masukan sehingga tingkat akurasi dari proses ekstraksi ciri dapat ditingkatkan[14]. Apabila frekuensi sudah setara maka sinyal yang di-input-kan dapat di proses dan menuju langkah selanjutnya. *Pre-emphasis* dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$y(n) = s(n)\alpha^*s(n - 1) \tag{1}$$

Keterangan:

- y(n) = Hasil Pre-Emphasis
- S(n) = Sinya sebelum Pre-Emphasis
- n = Nomor urut sinyal
- α = Konstanta bernilai 0,9 ≤ α ≤ 1

s = Sinyal

b. *Frame Blocking*

Tujuan *Frame Blocking* adalah sebagai pembagi sinyal suara ke dalam banyak *frame* pada waktu tertentu dengan lebih singkat. Setelah itu, banyaknya *frame* tersebut akan diubah menjadi *vector* akustik. Banyaknya *frame* tersebut selanjutnya dipisahkan oleh *overlap* yang bertujuan mempertahankan nilai yang tersimpan di dalam *frame*. *Frame* diproses untuk memperoleh frekuensi yang stabil[15]. Persamaan *frame blocking* dapat di hitung dengan persamaan (2).

$$f(n) = y(Ml + n) \tag{2}$$

Keterangan:

- f(n) = Hasil *frame blocking*
- M = Panjang *frame*
- l = Seluruh sinyal
- y = Hasil *pre-emphasis*
- n = Jumlah sampel

c. *Windowing*

Tujuan *windowing* adalah sebagai meminimalisir diskontinuitas sinyal pada perawalan dan akhir dari setiap *frame*. Adapun beberapa jenis dari metode *windowing*. Salah satunya yang sering digunakan adalah metode *hamming windowing*. Pada saat menghitung *windowing* terdapat persamaan x(n) dan w(n). x(n) merupakan sinyal tiap bagian pada *frame* yang sudah di proses, dan w(n) adalah sebuah *window*[15]. Persamaan *windowing* dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$w(n) = \alpha - \beta \cos \frac{2\pi n}{N - 1} \tag{3}$$

Keterangan:

- w(n) = *Windowing*
- n = Waktu diskrit
- N = Lebar filter
- α = 0.54
- β = 0.46

d. *Fast Fourier Transform*

Tujuan *Fast Fourier Transform* (FFT) yaitu berfungsi untuk mengkonversi setiap *frame* dari domain waktu ke domain frekuensi. Langkah ini mengubah tiap *frame* N sampel dari domain waktu ke dalam domain frekuensi. Dalam proses pengolahan suara, *Fast Transformasi Fourier* berguna untuk mengubah konvolusi getaran celah suara dan respon gelombang saluran suara dalam domain waktu[15]. Perhitungan FFT dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$X(k) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n)e^{\frac{2\pi jkn}{N}} \tag{4}$$

Keterangan:

- x(n) = Sinyal masukan
- X(k) = Hasil *Fast Fourier Transfer*
- N = Jumlah sampel
- n = Indeks sampel input dalam domain waktu

e. *Mel-Frequency Wrapping*

Mel-Frequency Wrapping merupakan filter berupa *filterbank* yang bertujuan untuk mengetahui ukuran energi dari frekuensi band tertentu pada sinyal suara. Lantaran persepsi telinga manusia terhadap frekuensi suara tidak mengikuti skala linier. Skala frekuensi yang sebenarnya menggunakan satuan Hz. Skala itu yang bekerja pada telinga manusia disebut skala frekuensi *Mel*[15]. Skala *mel-frequency* adalah frekuensi linier berada dibawah 1000 Hz dan bentuk logaritmik berada diatas 1000 Hz. *Filterbank* mempunyai respon pada frekuensi *bandpass* segitiga dan jarak *bandwidth* ditentukan oleh konstanta interval *mel-frequency*[16]. Perhitungan untuk mendapatkan nilai *mel* dalam frekuensi dapat menggunakan persamaan (.5).

$$Mel(f) = 2596 \times \log_{10}\left(1 + \frac{f}{700}\right) \quad (5)$$

Keterangan:

$Mel(f)$ = *Mel scale*

f = Frekuensi

f. Discreet Cosine Transform

Discreet Cosine Transform (DCT) merupakan salah satu langkah terakhir dari proses ekstraksi ciri MFCC. Konsep dasar dari DCT adalah mengorelasikan *mel spectrum* sehingga menghasilkan representasi yang baik dari *property spectral local*. Tahap *Discrete Cosine Transform* untuk mengonversi nilai *mel* kembali kedalam domain waktu[17].

$$c(n) = \sum_{k=1}^K \log s_k \cos \left[n \left(k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right] \quad (6)$$

Keterangan:

S_k = Hasil dari proses *filterbank*

N = Jumlah koefisien

F. K-Nearest Neighbor (KNN)

Metode algoritma *K- Nearest Neighbor* (KNN) merupakan metode algoritma pengklasifikasian data yang relatif sederhana dalam klasifikasian data. Metode KNN berkerja dengan cara mencari sebanyak mungkin kesamaan antara data yang sedang diuji dengan data latih yang sudah ada. Hasilnya, data uji akan ditempatkan kedalam kelas dengan memiliki jumlah kesamaan terbanyak[14]. KNN dapat digunakan untuk memasukkan data baru dalam kelompok data yang berdekatan dengan data latih, sehingga metode ini dapat digunakan untuk pengklasifikasi data suara uji sesuai dengan kelompok data suara seharusnya[18]. Data KNN berada di ruang multidimensional atau skalar. Data-data ini terdiri dari *dataset* yang didapat dari perhitungan komputer. Dengan mencari dan menghitung nilai konstanta (K), data dapat dikelompokkan berdasarkan jarak yang terdekat dengan kelas lain. Biasanya, persamaan yang digunakan dalam menentukan jarak yang terdekat dengan nilai konstanta (K) ialah persamaan *Euclidean distance*[19]. Persamaan *Euclidean distance* sebagai berikut:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (7)$$

Keterangan:

d = Jarak data uji dan latih

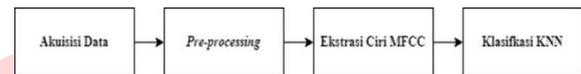
x = Data uji

y = Data latih

III.METODE

A. Desain Sistem

Rancangan sistem dan pelaksanaan tugas akhir ini, akan dijelaskan gambaran secara umum sitem yang digunakan. Berdasarkan diagram blok rancangan sistem pada gambar 6, sistem ini terdapat 4 langkah, yaitu akuisisi data atau pengambilan data suara mesin motor 2 tak dan 4 tak. Pre-processing dilakukan untuk memperbaiki kualitas data suara menjadi lebih baik. Ekstraksi ciri yang digunakan adalah MFCC untuk disimpan dalam dataset dan digunakan pada tahap selanjutnya. Tahap terakhir yaitu klasifikasi dengan menggunakan metode K-NN, tahap ini dilakukan untuk menentukan kelas suara mesin motor 2 tak dan 4 tak.



GAMBAR 6
Diagram Desain Sistem

B. Akuisi Data

Dalam penelitian ini data utama yang digunakan berupa suara mesin motor 2 tak dan 4 tak. Suara mesin motor 2 tak dan 4 tak direkam menggunakan hardware Samsung A30 suara motor yang direkam untuk *dataset* maksimal berdurasi 30 detik. Data suara mesin sepeda motor dibedakan menjadi 2 kelas yaitu, 2 tak dan 4 tak, dengan menghasilkan 100 data suara yang terdiri dari 41 data suara mesin motor 2 tak dan 60 data suara mesin motor 4 tak. Data suara yang dihasilkan akan dibagi menjadi 2, yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* menggunakan 71 data, dengan data suara mesin motor 2 tak berjumlah 30 data dan data suara mesin motor 4 tak berjumlah 40 data. Sedangkan data *testing* menggunakan 20 data, dengan data suara mesin motor 2 tak berjumlah 10 data dan data suara mesin motor 4 tak berjumlah 10 data.



GAMBAR 7
Ilustrasi Pengambilan Gambar

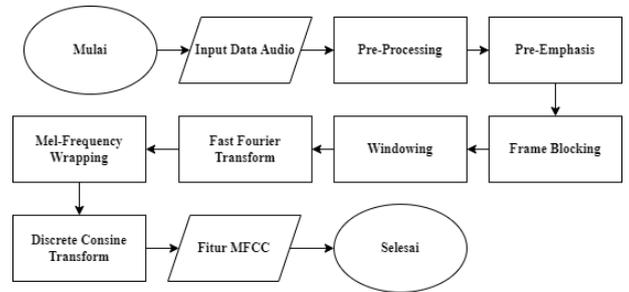
Pada Gambar 7, merupakan ilustrasi pada saat pengambilan data suara pada sepeda motor yang terdiri dari mesin motor 2 tak dan mesin motor 4 tak. Pada proses pengambilan data suara jarak *Smartphone* maksimal 10 cm di samping knalpot motor agar tidak terekam suara *noise* berupa angin yang di keluarkan dari mesin knalpot motor. Sebelum digunakan, seluruh data suara tersebut diedit terlebih dahulu menggunakan software Wavepad Audio dengan format file "wav" dengan frekuensi sumpling 41.100Hz. Tujuan dari menggunakan software Wavepad Audio untuk melakukan pre-processing pada sistem sebelum masuk tahap ekstraksi ciri. pada Gambar 8, merupakan pengambilan data suara mesin motor 2 tak dan pada Gambar 9, merupakan pengambilan data suara mesin motor 4 tak.



GAMBAR 8
Pengambilan Data Mesin Motor 2 Tak



GAMBAR 9
Pengambilan Data Mesin Motor 4 Tak



GAMBAR 10
Diagram Blok Proses MFCC

Pada tahap awal sinyal suara akan dibaca terlebih dahulu oleh sistem. Pada tahap *pre-processing* berfungsi untuk menghilangkan *noise* pada data suara yang di inputkan agar kualitas suara menjadi lebih baik. Selanjutnya tahap *pre-emphasis* yaitu penyaringan frekuensi tinggi untuk menyetarakan seluruh frekuensi pada data suara. Langkah selanjutnya adalah proses *frame blocking* membagi sinyal suara ke dalam *frame-frame* dengan waktu tertentu yang lebih singkat. Setelah itu *frame-frame* tersebut akan di lakukan proses *windowing* yang bertujuan untuk meminimalisir kontinuitas pada sinyal awal dan akhir pada setiap *frame*. Proses selanjutnya adalah *Fast Fourier Transform* untuk mengonversi setiap *frame* yang sudah di filter dari bentuk domain waktu ke domain frekuensi. Kemudian masuk ketahap *mel frequency wrapping* berfungsi untuk mendapatkan skala nilai mel pada sinyal suara. Tahap terakhir yaitu *discrete cosine transform*, proses ini untuk mengkonversi *spectrum* yang dihasilkan frekuensi mel kembali kedala domain waktu. Fitur yang dihasilkan pada ekstrasi ciri ini yaitu berupa nilai matriks *koefisien, delta* dan *delta-delta*.

C. *Preprocessing*

Pre-processing, merupakan langkah setelah proses sebelumnya yang bertujuan untuk memperbaiki data audio yang sudah diambil sebelum mencari ekstraksi cirinya. Ada 3 operasi pada tahap *pre-processing* ini[20]:

1. *Signal pre-emphasis*

Signal pre-emphasis adalah proses penyaringan data audio sehingga frekuensi yang tinggi akan di setarakan.

2. *Noise Elimination*

Pada proses ini *noise* atau sinyal yang ada pada data audio akan dihilangkan agar suara lebih jernih.

3. *Signal Enhancement*

Signal Enhancement adalah tahap akhir, proses ini bertujuan untuk membuat peak pada formant sinyal audio menjadi lebih memuncak.

D. Ekstrasi Ciri MFCC

Pada proses ekstrasi ciri menggunakan algoritma *Mel-frequency ceptra coefficients* (MFCC) untuk proses ekstrasi ciri akustik. Untuk mencari ciri pada data yang sudah di *input*-kan MFCC akan mengekstraksi data untuk

mendapatkan *cepstral coefficient* dan *frame*, sehingga pada dalam memproses pengenalan suara memiliki ketepatan yang akurat dan maksimal. Gambar 10, merupakan diagram blok pada proses MFCC.

E. Klasifikasi KNN

Metode klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN) didasari dengan menghitung jarak antar data pada *dataset*. Pramater K pada KNN dan jenis jarak terhadap akurasi sistem akan menentukan analisis yang akan diolah oleh KNN. Gambar 11, merupakan proses klasifikasi KNN.

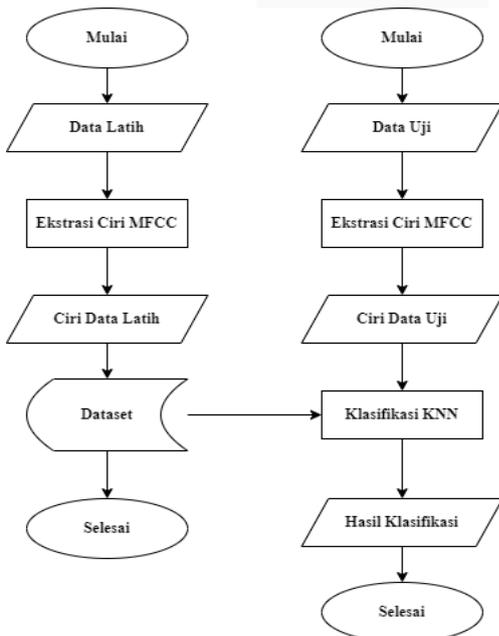


GAMBAR 11
Diagram Blok Proses KNN

Proses klasifikasi KNN diawali dengan menetapkan nilai dari parameter K setelah data suara melalui proses ekstraksi ciri. Parameter K biasanya bernilai ganjil, karena ketika menggunakan bilangan genap akan rentan terhadap ambiguitas. Proses selanjutnya, menghitung jarak antara data yang di uji dengan data latih yang telah tersimpan dalam dataset sebelumnya. Setelah mengukur jarak antar data uji dan data latih, KNN akan menentukan nilai K yang memiliki jarak minimal. Setelah itu akan dibuat klasifikasi baru. Pada proses terakhir, klasifikasi KNN akan mengeluarkan output hasil klasifikasi yang telah di hitung sebelumnya.

F. Desain Perancangan Sistem

Pada perancangan sistem penelitian ini, menggunakan perangkat lunak Matlab pada saat memproses data yang telah direkam. Sistem ini akan menjadi Langkah, yaitu tahap pelatihan dan pengujian. Tahap pelatihan akan di-input-kan data latih sebanyak 71 data yang digunakan sebagai pelatihan audio. Selanjutnya data akan diproses untuk mendapatkan ekstraksi ciri dengan menggunakan *Mel-Frequency Cepstral Coefficient* (MFCC). Ekstraksi ciri juga akan memproses data latih untuk mencari ciri akustik pada data yang di-input-kan. Hasil dari proses ekstraksi ciri akan disimpan di *dataset* dengan sebagai kelas jenis mesin sepeda motor 2 tak dan 4 tak dalam bentuk variabel "data_test". Pada proses selanjutnya, data yang di-input-kan dari pengujian sebanyak 20 data masing masing kelas sebanyak 10 data. Sistem ini terdapat perbedaan dengan sistem sebelumnya. Setelah melakukan ekstraksi ciri, sistem akan mendeteksi jenis mesin sepeda motor berdasarkan dataset yang telah di buat sebelumnya dengan klasifikasi *K-Nearest Neighbor* (KNN). Setelah KNN menentukan kelas data suara berdasarkan *dataset*, sistem akan mengeluarkan hasil *output* berupa nilai akurasi serta nilai waktu komputasi yang sesuai dari data yang diujikan dan proses nilai akurasi. Pada Gambar 12, merupakan diagram blok rancangan sistem data latih dan data uji.



GAMBAR 12

Diagram Blok Rancangan Sistem Data Latih dan Data Uji

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang pengujian sistem yang telah dibuat menggunakan dataset yang diambil dan di proses. Tujuan dari pengujian sistem ini yaitu untuk menganalisis pengaruh nilai parameter dirancang pada simulasi sitem ini yaitu, *Frame size*, *Koef MFCC* dan nilai K dari KNN. Sehingga dari hasil analisis pengujian sistem tersebut akan didapatkan nilai akurasi dan waktu komputasi yang terbaik dari beberapa skema parameter yang telah dibuat.

Skenario pengujian sistem di bagi menjadi dua bagian yaitu, Pada skenario pertama, menetapkan parameter *Koef MFCC* dengan nilai 10, 12, 16 dan 20, serta nilai K menggunakan nilai yaitu 1, 3, 5, 7 dan 9. Pada parameter *Frame Size* menggunakan nilai yang akan diujikan yaitu 0,05 dan 0,010. Pada skenario kedua, menetapkan parameter *Koef MFCC* dengan nilai 10, 12, 16 dan 20, serta nilai K menggunakan nilai yaitu 1, 3, 5, 7 dan 9. Pada parameter *Frame Size* menggunakan nilai yang akan diujikan yaitu 0,015 dan 0,025

TABEL 1
Nilai Akurasi Data Latih *Frame Size* 0,025

| Nilai Akurasi Data Latih | | | | |
|--------------------------|------------------|---------|---------|---------|
| <i>Frame Size</i> 0,025 | | | | |
| K | <i>Koef MFCC</i> | | | |
| | 10 | 12 | 16 | 20 |
| K1 | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| K3 | 73.24% | 74.65% | 84.51% | 84.51% |
| K5 | 67.61% | 66.20% | 64.79% | 85.92% |
| K7 | 64.79% | 60.56% | 59.15% | 81.65% |
| K9 | 60.56% | 59.15% | 59.15% | 85.92% |

Pada Tabel 1 menjelaskan hasil nilai akurasi data latih. Hasil nilai akurasi tertinggi pada pengujian sistem didapatkan nilai sebesar 100%

TABEL 2
Nilai Akurasi Data Uji *Frame Size* 0,025

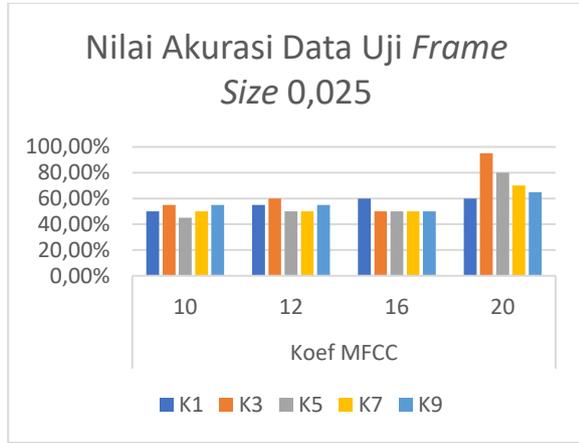
| Nilai Akurasi Data Uji | | | | |
|-------------------------|------------------|--------|--------|--------|
| <i>Frame Size</i> 0.025 | | | | |
| K | <i>Koef MFCC</i> | | | |
| | 10 | 12 | 16 | 20 |
| K1 | 50,00% | 55,00% | 60,00% | 60,00% |
| K3 | 55,00% | 60,00% | 50,00% | 95,00% |
| K5 | 45,00% | 50,00% | 50,00% | 80,00% |
| K7 | 50,00% | 50,00% | 50,00% | 70,00% |
| K9 | 55,00% | 55,00% | 50,00% | 65,00% |

TABEL 3
Nilai waktu Komputasi *Frame Size* 0,025

| Nilai Waktu Komputasi | | | | |
|-------------------------|------------------|---------|---------|---------|
| <i>Frame Size</i> 0.025 | | | | |
| K | <i>Koef MFCC</i> | | | |
| | 10 | 12 | 16 | 20 |
| K1 | 37,3915 | 39,8961 | 43,7114 | 38,9767 |
| K3 | 38,0426 | 38,7417 | 38,9834 | 38,9914 |

| | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|
| K5 | 40,6643 | 39,8372 | 41,0128 | 38,4975 |
| K7 | 38,4252 | 41,9519 | 38,5649 | 38,3635 |
| K9 | 39,9407 | 37,4119 | 39,1271 | 43,1188 |

Untuk memudahkan visualisasi Tabel 2, dilakukan pemindahan data pada Tabel 2, menjadi grafik seperti terlihat pada Gambar 13 dan menjadi *confusion matrix* terlihat pada Gambar 14

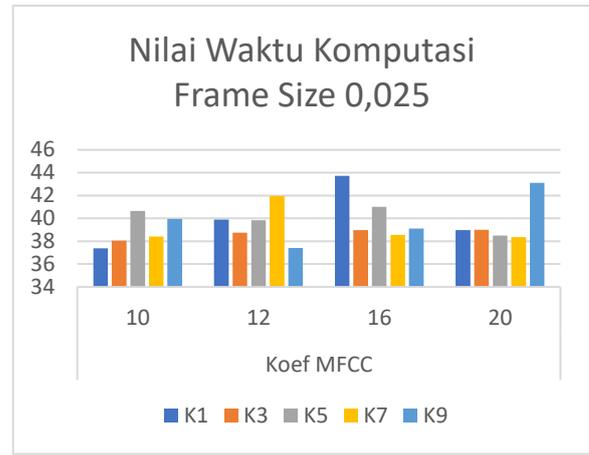


GAMBAR 13
Grafik Nilai Akurasi Data Uji Frame Size 0,025



GAMBAR 14
Confusion Matrix Nilai Akurasi Data Uji Frame Size 0.025

Untuk memudahkan visualisasi waktu komputasi, pemindahan data pada Tabel 3, menjadi grafik seperti terlihat pada Gambar 15



GAMBAR 15
Grafik Nilai Waktu Komputasi Frame Size 0,025

Pada Tabel 2 dan Gambar 13 grafik skenario pengujian dengan menunjukkan bahwa nilai akurasi tertinggi pada parameter *Frame size* 0,025. Hasil pengujian ini menunjukkan nilai akurasi tertinggi pada nilai parameter *Koef MFCC* 20 pada nilai K3. Nilai akurasi yang didapatkan pada pengujian ini bernilai 95,00% dengan hasil waktu komputasi yang bernilai 38,2914 detik. Nilai akurasi terbesar kedua pada nilai *Koef MFCC* 20 dengan nilai K5. Nilai akurasi yang didapatkan pada pengujian ini bernilai 80,00% dengan hasil waktu komputasi yang bernilai 38,4975 detik. Namun pada pengujian ini, akurasi terendah terjadi pada nilai *Koef MFCC* 10 pada nilai K5. Nilai akurasi yang didapatkan pada pengujian ini bernilai 45,00% dengan hasil waktu komputasi yang bernilai 40,6643 detik.

Tren grafik pada Gambar 13 menunjukkan perkembangan hasil nilai akurasi pada nilai parameter yang digunakan. Pada nilai *Koef MFCC* 10 hingga 20 pada nilai K1 mengalami kenaikan nilai menjadi 60,00%. Lalu pada nilai *Koef MFCC* 10 hingga 20 pada nilai K3 mengalami kenaikan nilai menjadi 95,00%. Pada nilai *Koef MFCC* 10 hingga 20 pada nilai K5 mengalami kenaikan nilai menjadi 80,00%. Namun pada nilai *Koef MFCC* 10 hingga 16 pada nilai K7 menghasilkan nilai konsisten yang sama sebesar 50,00% lalu pada nilai *Koef MFCC* 20 mengalami kenaikan nilai menjadi 70,00%. Pada nilai *Koef MFCC* 10 hingga 16 pada nilai K9 mengalami penurunan nilai menjadi 50,00% lalu pada nilai *Koef MFCC* 20 mengalami kenaikan nilai menjadi 65,00%. Dapat dilihat dari *confusion matrix* pada Gambar 14. Dari 20 data latih, model memprediksi 9 data 2-tak diprediksi benar dan 1 data yang diprediksi 4-tak, model memprediksi 10 data 4-tak diprediksi benar dan 0 data yang diprediksi 2-tak. Tren nilai waktu komputasi juga dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada Gambar 15. pada nilai *Koef MFCC* 10 dan 20 dengan nilai K3 nilai waktu komputasi yang dihasilkan semakin naik karena nilai *Koef MFCC* yang digunakan semakin banyak menjadikan terjadinya pembelajaran beberapa kali. Namun pada nilai *Koef MFCC* 10 hingga 20 dengan nilai K1, K7 hingga K9 hasil dari nilai waktu komputasi pada nilai parameter tersebut yang di tampilkan pada grafik mengalami grafik naik dan turun. Hal ini disebabkan karena hasil dari nilai waktu komputasi yang tidak konsisten.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis kedua pengujian sistem indentifikasi jenis sepeda motor berdasarkan ciri akustik dengan metode MFCC dan KNN, dapat disimpulkan bahwa, akurasi terbaik pada sistem yang digunakan dalam indentifikasi jenis sepeda motor mencapai nilai terbesar yaitu 95,00%. Waktu komputasi yang diperlukan dalam memproses data untuk mencapai nilai akurasi terbesar selama 38,2914 detik. Beberapa factor nilai dari jenis parameter yang digunakan dapat mempengaruhi kinerja sistem antara lain pada nilai *Frame Size* 0,025, nilai *Koef MFCC* 20, nilai *K3*. Proses *Preprocessing* pada data suara dapat mempengaruhi kualitas suara dan proses indentifikasi suara mesin motor dalam menentukan hasil akurasi terbesar.

REFERENSI

- [1] F. M. Maria, "Perkembangan Transportasi Dari Masa Ke Masa dan Jenis-Jenis Alat Transportasi," *recisfmmjambi.com*, Jan. 20, 2021. <https://recisfmmjambi.sch.id/berita/detail/441/perkembangan-transportasi-dari-masa-ke-masa-dan-jenis-jenis-alat-transportasi> (accessed Aug. 14, 2023).
- [2] G. Satria, "Apa Itu Mesin Motor 2-tak dan Cara Bekerjanya," *Kompas.com*, Dec. 28, 2020. <https://otomotif.kompas.com/read/2020/12/28/100200515/apa-itu-mesin-motor-2-tak-dan-cara-bekerjanya?page=all> (accessed Aug. 14, 2023).
- [3] Pusiknas Bareskrim Polri, "Waspada! Pencurian Sepeda Motor Mencapai 700 Kasus dalam Dua Pekafigds," Pusiknas Bareskrim Polri, 2022. https://pusiknas.polri.go.id/detail_artikel/waspada_pencurian_sepeda_motor_mencapai_700_kasus_dalam_dua_pekan (accessed Sep. 15, 2023).
- [4] L. P. Aditya, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS KONDISI MESIN MOTOR," Telkom University, 2015.
- [5] M. N. Rabbani, A. Rizal, I. Fiky, and Y. Suratman, "IMPLEMENTASI KUNCI BERBASIS SUARA MENGGUNAKAN METODE MEL FREQUENCY CEPSTRAL COEFFICIENT (MFCC) Implementation of Voice Recognition Based Key Using Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC)," Universitas telkom, pp. 1–8, 2016.
- [6] A. Riyani, A. Nurrochman, E. Sanjaya, P. Rizqiyah, and A. Junaidi, "Mengidentifikasi Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (Fft) Berbasis Matlab," *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications*, vol. 1, no. 2, pp. 42–050, 2019, doi: 10.20895/INISTA.V1I2.
- [7] F. F. Li and T. J. Cox, *Digital Signal Processing in Audio and Acoustical Engineering*. 2019.
- [8] C. Gani Segara and U. Surya Dharma, "Kinerja Mesin Sepeda Motor dengan Sistem Vaporasi Bahan Bakar," *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, vol. 08, no. 1, pp. 56–64, 2019.
- [9] D. Wahyu, "Uji Kinerja Mesin Fiat 4-Tak dengan Kapasitas 1.100 CC Menggunakan Automotive Engine Test Bed T101D," vol. 9, no. 2, pp. 2089–4880, 2019, doi: 10.21063/jtm.2019.v9.i2.74-83.
- [10] C. I. P. K. Kencawati, "Bahan Ajar Mata Kuliah Akustik, Noise Dan Material Penyerap Suara," 2017.
- [11] V. C. Fuadi, B. DR. Hidayat, and S. A. S. T. M. T. Wibowo, "Implentasi Dan Analisis Kondisi Mesin Mobil Berdasarkan Ciri Akustik Dengan Metode Transformasi Wavelet Pada Platform Android," *Jurnal Universitas Telkom*, pp. 1–10, 2014.
- [12] H. Nugraha, A. Rizal, M. T. St, and I. Iwut, "Desain Dan Implementasi Spektograf Untuk Menampilkan Spektogram Warna Dari Suara Paru-Paru," *Jurnal Jurusan Teknik Elektro*, 2008.
- [13] G. Ajinurseto, L. O. Bakrim, and N. Islamuddin, "Penerapan Metode Mel Frequency Cepstral Coefficients pada Sistem Pengenalan Suara Berbasis Desktop," *Infomatek*, vol. 25, no. 1, pp. 11–20, Jun. 2023, doi: 10.23969/infomatek.v25i1.6109.
- [14] J. Elektronik, I. K. Udayana, N. Kadek, Y. Dewi, I. Ketut, and G. Suhartana, "Idenfikasi Nada Dasar Kendang Menggunakan MFCC dan KNN," *Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana*, vol. 11, no. 4, pp. 797–802, 2023.
- [15] D. Anggraeni, W. S. M. Sanjaya, M. Y. S. Nurasyidiek, and M. Munawwaroh, "The Implementation of Speech Recognition using Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) and Support Vector Machine (SVM) method based on Python to Control Robot Arm," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/288/1/012042.
- [16] A. Mustofa, "Sistem Pengenalan Penutur dengan Metode Mel-frequency Wrapping," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 88–96, 2007.
- [17] S. Dwi and P. Candra, "Klasifikasi suara Dengan Ekstrasi Ciri Mel Frequency Ceptral Coefficients Menggunakan Machine Learning," 2021.
- [18] I. Gede Harsemadi, M. Sudarma, and N. Pramaita, "Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor pada Perangkat Lunak Pengelompokan Musik untuk Menentukan Suasana Hati," *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 1, pp. 15–20, 2017, [Online]. Available: www.audionetwork.com
- [19] S. Sen, A. Dutta, and N. Dey, *Audio Processing and Speech Recognition Concepts, Techniques and Research Overviews*. 2019. [Online]. Available: <http://www.springer.com/series/10618>
- [20] Rabiner Lawrence and B.-H. Juang, "Fundamental of Speech Recognition Lawren," 1993.