

## ***Classification Of Sounds Based On Frequency Range Using The Fast Fourier Transform Method To Determine Human Voice Types***

Klasifikasi Suara Berdasarkan *Range* Frekuensi Menggunakan Metode *Fast Fourier Transform* Untuk Mengetahui Jenis Suara Manusia

**Liza Fitria<sup>1</sup>, Novianda<sup>2</sup>, Devi Alfina<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Progam Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra

<sup>1</sup>lizafitria@unsam.ac.id, <sup>2</sup>novianda\_tif@unsam.ac.id, <sup>3\*</sup>devialfina06@gmail.com

\*: *Penulis korenspondensi (corresponding author)*

### ***Informasi Artikel***

*Received: March 2024*

*Revised: June 2024*

*Accepted: August 2024*

*Published: October 2024*

### ***Abstract***

*Purpose: This system is intended to determine the type of voice of each individual, both male and female, because every voice or sound produced must have a tone and its own type.*

*Design/methodology/approach: The system designed consists of initial data input in the form of sound in wav format. with a file size of no more than 200 Mb, then extracted using FFT (Fast Fourier Transform) in Python software and the sound data will be processed from the time domain to the frequency domain to produce a graph and the type of sound.*

*Findings/result: In this research, the system can classify sounds based on the frequency range of piano keys that is the same or dominant as the sound range, thereby producing sound frequency, type and tone of sound as well as graphs.*

*Originality/value/state of the art: This research produced the highest tone by Titin with a frequency of 1374.523 Hz with the tone F6 and the lowest sound was obtained by Ulfa with a frequency of 71.242 Hz with the tone D2.*

### ***Abstrak***

*Tujuan: Sistem ini diperuntukkan untuk mengetahui jenis suara setiap individu baik laki-laki maupun perempuan karena setiap suara atau bunyi yang dikeluarkan pasti memiliki sebuah nada dan jenisnya masing-masing.*

*Perancangan/metode/pendekatan: Sistem yang dirancang terdiri dari masukan data awal berupa suara yang bereksistensi dengan format wav. dengan ukuran file tidak lebih dari 200 Mb, kemudian di ekstraksi menggunakan*

*Keywords: Sound Signal, Type of Sound, Frequency Range, Fast Fourier Transform, Wav.*

*Kata kunci: Sinyal Suara, Jenis Suara, Range Frekuensi, Fast Fourier Transform, Wav.*

---

FFT (*Fast Fourier Transform*) pada *software Python* dan data suara akan di olah dari domain waktu ke domain frekuensi sehingga menghasilkan grafik dan jenis suaranya. Hasil: Dalam penelitian ini sistem dapat mengklasifikasikan suara berdasarkan range frekuensi tuts piano yang sama atau dominan dengan range suara sehingga menghasilkan frekuensi suara, jenis dan nada suara serta grafiknya.

Keaslian/ *state of the art*: Penelitian ini menghasilkan nada tertinggi oleh Titin dengan frekuensi sebesar 1374.523 Hz dengan nada F6 dan suara terendah di dapat oleh Ulfa dengan frekuensi 71.242 Hz dengan nada D2.

---

## 1. Pendahuluan

Secara umum suara manusia dapat diklasifikasikan ke dalam dua golongan besar, yaitu suara laki-laki dan suara perempuan. Masing-masing golongan memiliki kelas di antaranya suara tinggi perempuan (Sopran), suara sedang perempuan (Mezzo Sopran) dan suara rendah perempuan (Alto). Sedangkan untuk suara tinggi laki-laki (*Tenor*), suara sedang laki-laki (*Bariton*) dan suara rendah laki-laki disebut (*Bass*). Masing-masing kelas memiliki range frekuensi dan karakteristik yang berbeda-beda sehingga dapat membedakan ciri antara sampel suara satu dengan sampel suara lainnya [1].

Meskipun suara manusia berbeda-beda tetapi sebagai pendengar tetap dapat mengenali apa yang diucapkan. Perbedaan yang sangat mendasar dalam suara manusia ialah tinggi rendahnya suara manusia tersebut yang berhubungan dengan sinyal dari gelombang suara manusia. Suara merupakan sesuatu yang dapat didengar dan memiliki ciri sinyal tertentu, sedangkan ucapan merupakan suara yang terdiri dari kata-kata yang diucapkan. Pengucapan dalam sebuah bahasa terbagi atas konsonan (k) dan vokal (v). Pengenalan suara atau ucapan merupakan salah satu upaya agar suara dapat dikenali atau diidentifikasi sehingga dapat dimanfaatkan. Agar dapat mengenali suara yang diucapkan maka digunakanlah suatu metode untuk ekstraksi ciri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Fast Fourier Transform* sebagai ekstraksi ciri [2].

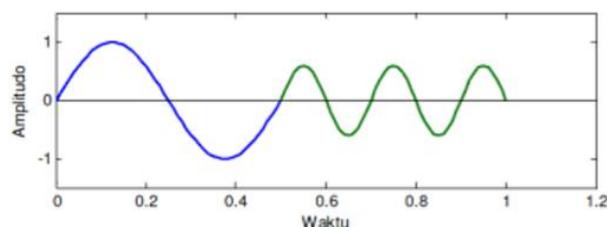
Dalam menentukan jenis suara biasanya masih dilakukan secara manual yaitu dengan bantuan para ahli dibidang musik atau pelatih vokal tetapi kelemahannya yaitu setiap pelatih vocal memiliki standar dan ciri khas yang berbeda-beda. Akibatnya masih sering terjadi kesalahan ataupun kekeliruan dalam pengelompokan jenis suara, kesalahan dalam pengelompokan jenis suara akan berakibat fatal dikarenakan jika jenis suara yang digunakan tidak sesuai, maka akan terjadi ketidakseimbangan komposisi suara dalam suatu kelompok paduan suara. Untuk itu sistem ini dirancang agar setiap jenis suara yang mengekstrasi ciri suara manusia baik secara realtime maupun dengan cara perekaman terlebih dahulu.

## 2. Metode Penelitian

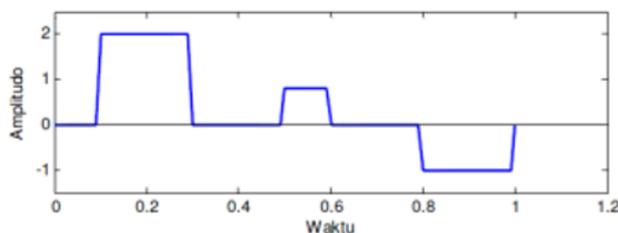
### 2.1. Sinyal Suara

Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda. Getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinu terhadap waktu. Suara berhubungan erat dengan rasa “mendengar”. Audio diartikan sebagai suara atau reproduksi suara. Gelombang suara adalah gelombang yang dihasilkan dari sebuah benda yang bergetar. Gambarnya adalah senar gitar yang dipetik, gitar akan bergetar dan getaran ini merambat di udara, atau air, atau material lainnya. Satu-satunya tempat dimana suara tak dapat merambat adalah ruangan hampa udara. Gelombang suara ini memiliki lembah dan bukit, satu buah lembah dan bukit akan menghasilkan satu siklus atau periode. Siklus ini berlangsung berulang-ulang, yang membawa pada konsep frekuensi. [1]

Sinyal dibedakan menjadi dua yaitu sinyal analog dan sinyal digital. Suatu sinyal dikatakan analog apabila amplitudo dari sinyal tersebut terus menerus ada dalam rentang waktu tertentu (kontinu) dan memiliki variasi nilai amplitudo tak terbatas. Sebaliknya data atau sinyal dikatakan digital apabila amplitudo dari sinyal tersebut tidak kontinu dan memiliki variasi nilai amplitudo yang terbatas (diskrit). [3]



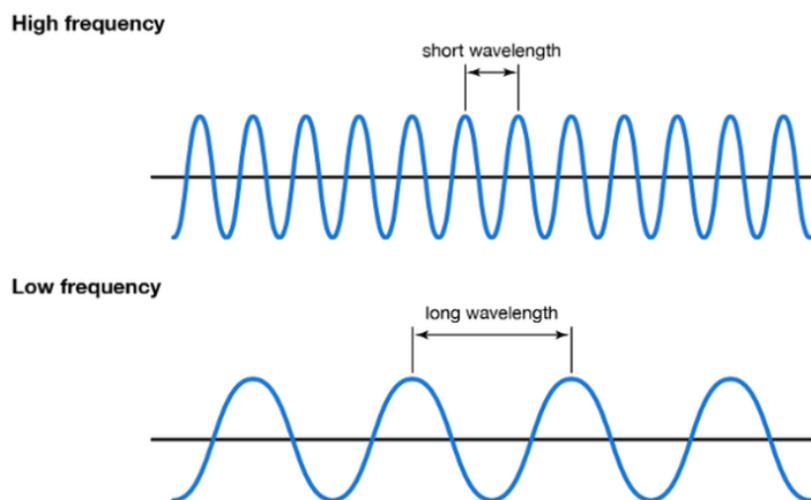
Gambar 1. Sinyal Analog



Gambar 2. Sinyal Digital

### 2.2. Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah dari siklus yang terjadi dalam satu detik. Satuan dari frekuensi adalah *Hertz* atau disingkat Hz atau dapat diartikan sebagai jumlah getaran yang terjadi dalam waktu satu detik. Getaran gelombang suara semakin cepat, frekuensi semakin tinggi. Keras bunyi berhubungan dengan energi yang terkandung di dalam gelombang bunyi tersebut. Dan telinga manusia dapat menangkap gelombang bunyi berfrekuensi antara 20 Hz dan 20.000 Hz. [1]



Gambar 3. Frekuensi

### 2.3. Klasifikasi Jenis Suara

Jenis suara dapat dikatakan mengacu pada nada tertinggi dan terendah yang bisa dicapai. Baik ketika sedang berbicara, berteriak ataupun bernyanyi. Berikut penjelasannya klasifikasi suara :

#### 2.3.1. Suara Perempuan

##### 1. Sopran

Sopran merupakan jenis suara tertinggi untuk perempuan dewasa. Jenis suara ini bisa menjangkau nada C4 hingga nada G5. Karakter suara sopran yang dimiliki perempuan dewasa, sering diklasifikasi berdasarkan warna vokal, timbre, rentang suara dan ketangkasan suara.

##### 2. Mezzo-sopran

Mezzo sopran memiliki karakter suara yang sedang. Artinya tidak terlalu tinggi ataupun rendah. Jenis suara ini bisa menjangkau nada A3 hingga A5. Selain itu, biasanya nada ini mencakup nada bawah A, nada tengah C dan nada F kedua, nada atas G serta nada C tengah.

##### 3. Alto atau contralto

Jenis suara alto merupakan jenis suara perempuan dewasa yang rendah. Jenis suara ini hanya bisa menjangkau nada F hingga nada D2. Alto dalam jenis suara perempuan, sering juga disebut sebagai contralto.

#### 2.3.2. Suara Laki-Laki

##### 1. Tenor

Jika sopran adalah suara tertinggi untuk perempuan dewasa, suara tertinggi untuk pria adalah *tenor*. Jenis suara ini bisa menjangkau nada B hingga G1.

##### 2. Countertenor

*Countertenor* atau *contra tenor* *Countertenor* sering juga disebut sebagai *contra tenor* dalam suara alto pria dewasa. Biasanya di Inggris, jenis suara ini lebih merujuk pada falsetto alto

dibanding *tenor* yang tinggi. Jangkauan suara untuk *countertenor* adalah dari nada E3 sampai E5 lebih tinggi dan jangkauan nadanya lebih luas dibanding tipe suara *tenor*.

### 3. Bariton

Jenis suara *bariton* adalah jenis suara pria dewasa yang tidak terlalu tinggi dan rendah atau yang bisa disebut sedang. Jangkauan nadanya adalah dari nada A hingga nada F.

### 4. Bass

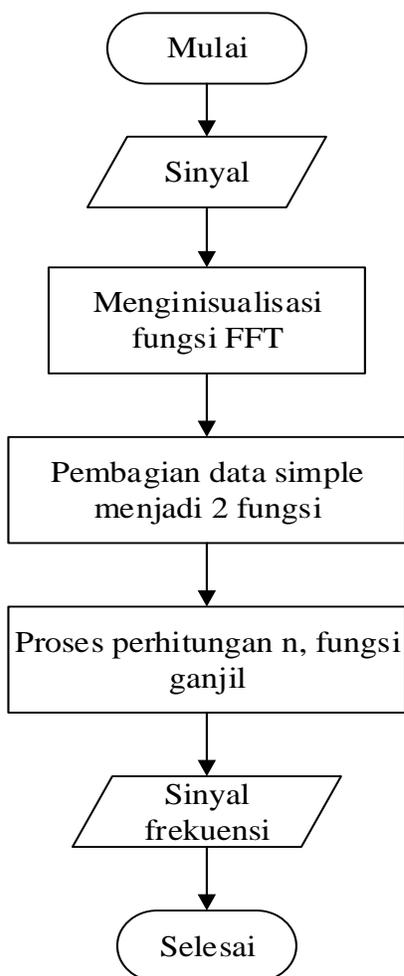
*Bass* adalah jenis suara pria dewasa. Jangkauan nadanya adalah dari nada E hingga nada C1. Pada abad ke-18, suara *bass* memegang peran struktural yang penting. [4]

## 2.4. Fast Fourier Transform

*Fast Fourier Transform*(FFT) yang ditemukan tahun 1965 merupakan pengembangan dari *Fourier Transform* (FT). Penemu FT adalah J. Fourier pada tahun 1822. FT membagi sebuah sinyal menjadi frekuensi yang berbeda-beda dalam fungsi eksponensial yang kompleks. FFT (*Fast fourier transform*) adalah suatu metoda untuk mentransformasikan sinyal suara menjadi sinyal frekuensi, artinya proses perekaman suara disimpan dalam bentuk digital berupa gelombang spectrum suara berbasis frekuensi sehingga lebih mudah dalam menganalisa spectrum frekuensi suara yang telah direkam. Transformasi fourier sangat efisien untuk menyelesaikan transformasi fourier diskrit yang banyak dipakai untuk keperluan analisa sinyal seperti pemfilteran, analisa korelasi, dan analisa spectrum. [1]

Prinsip kerja FFT adalah membagi sinyal hasil penyamplingan menjadi beberapa bagian yang kemudian masing-masing bagian diselesaikan dengan algoritma yang sama dan hasilnya dikumpulkan kembali. Ada tiga kelas FFT yang umum digunakan di dalam suatu *software* DSP yaitu *Decimation in Time* (DIT), *Decimation in Frequency* (DIF) dan *Split Radix*. Ide ketiga jenis FFT tersebut adalah proses iterasi sequence data dilakukan secara berbeda dan memanfaatkan fungsi kernel yang memiliki sifat yang simetris pada suatu nilai tertentu dalam satu periode suatu sinyal. Jenis lain FFT yang sudah digunakan adalah paralel FFT dimana sequence data dikerjakan dengan menggunakan *parallel computing* sehingga proses transformasi akan lebih cepat. [5]

Berikut bentuk algoritma *Fast Fourier Transform* :



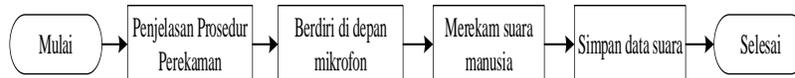
**Gambar 4.** Algoritma FFT

Penjelasan dari flowchart diatas :

1. Mulai.
2. Masuknya input Sinyal audio dari suara manusia yang di ucapkan didepan microphone, kemudian suara audio masuk melalui microphone.
3. Proses Transformasi dari sinyal audio ke domain frekuensi Hz.
4. Proses Pembagian data dari sinyal audio yang masuk menjadi dua bagian yaitu Ganjil, Genap.
5. Proses Perhitungan n, perhitungan jumlah hasil Frekuensi yang sudah di Transformasikan.
6. Hasil Output Transformasi yaitu berupa frekuensi diskrit.
7. Selesai.

## 2.5. Pre-processing

*Pre-processing* adalah teknik untuk menyiapkan data agar lebih siap untuk dilakukan lebih lanjut dalam rangka ekstraksi pengetahuan. Dalam penelitian ini, pre-processing yang dilakukan sebagai berikut :

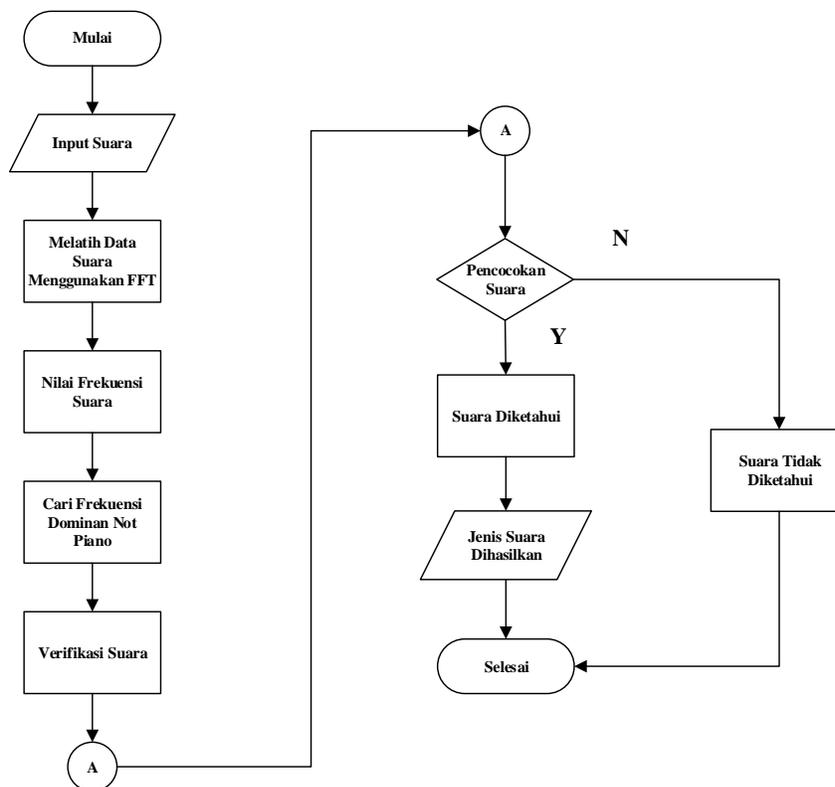


**Gambar 5.** Diagram Alir Perekaman Suara

Pada gambar 5 menggambarkan proses untuk pengambilan data suara. Sebelum proses pengambilan suara, relawan diberikan pengarahan tentang prosedur perekaman suara, seperti jarak antara mulut dengan microphone dan pelafalan nada yang digunakan dalam proses perekaman. Terdapat tiga pelafalan suara yang akan digunakan yaitu suara dari pengucapan nada dasar “do”, suara dari pengucapan nada ‘do re mi fa sol la si do’ (1 oktaf) dan suara dari pengucapan nada ‘do re mi fa sol la si do’ secara bertahap mencapai nada tertinggi (maksimum). Pengambilan suara dilakukan dengan merekam suara sampai suara tertinggi yang dapat dicapai guna melihat frekuensi maksimum yang dihasilkan.

## 2.6. Perancangan sistem dengan Flowchart (Processing)

Pada tahap perancangan sistem dilakukan perancangan sesuai dengan kebutuhan agar sistem yang dibuat dapat dimanfaatkan secara optimal. Salah satunya yaitu dengan menggunakan *flowchart* untuk menggambarkan alur proses pengenalan jenis suara dan parameter proses dari pengenalan jenis suara.



**Gambar 6.** Flowchart Proses Pengolahan Data

Pada gambar 6. menggambarkan proses klasifikasi suara. Pada bagian ini sinyal input (suara) yang telah disimpan dalam format *wav*. akan dilakukan proses melatih data suara menggunakan *Fast Fourier Transform* untuk mengetahui nilai frekuensi dasar. Pada awalnya file suara yang terbaca adalah sinyal sinusoidal, lalu dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* diubah ke dalam bentuk diskrit. Kemudian suara yang mempunyai nilai frekuensi akan mencari data frekuensi dominan not piano untuk dilakukan verifikasi suara agar diketahui nada suara tersebut . Pada proses pengolahan data suara yang direkam berupa nada dasar ‘do’, kemudian ‘do re mi fa sol la si do’ secara lengkap (1 oktaf), dan ‘do re mi fa sol la si do’ secara bertahap sampai nada yang disanggupi (maksimum). Jika suara diketahui maka hasilnya berupa jenis suara dari nada yang muncul, tetapi jika tidak diketahui maka nada yang muncul tidak mempunyai jenis suaranya.

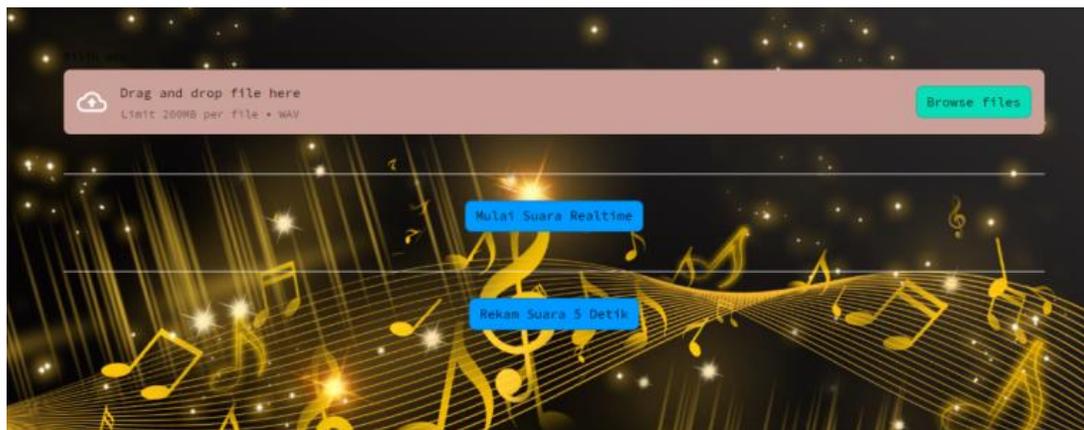
### 2.7. Rencana Pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah dengan menguji 20 sample suara diantaranya 10 laki-laki dan 10 perempuan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal nada dasar “do”, suara dari pengucapan nada ‘do re mi fasol la si do’ (1 oktaf) dan suara dari pengucapan nada ‘do re mi fa sol la si do’ secara bertahap mencapai nada tertinggi (maksimum) selama beberapa detik sebagai masukan awal melalui file rekaman suara dengan format *.wav* dengan total keseluruhan data yaitu 60 data suara.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. User Interface Halaman Utama

Hasil akhir dari perancangan sistem akan menampilkan hasil dari analisis sinyal suara dengan menggunakan FFT serta hasil klasifikasi tipe suara. Berikut penjelasan dari perancangan halaman depan aplikasi sebagai berikut :

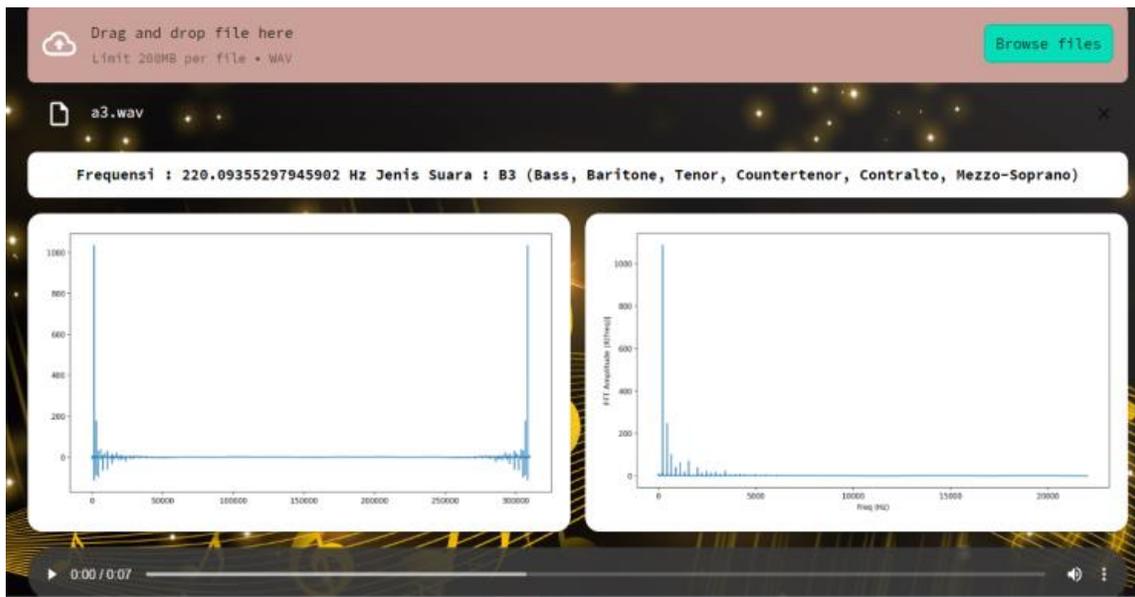


**Gambar 7.** Halaman Utama Dalam Program

Dari gambar 7 di atas menunjukkan tampilan halaman depan aplikasi yang merupakan tampilan utama dalam program pengenalan jenis suara. Di dalamnya terdapat 3 buah menu yaitu menu upload, realtime dan rekam 5 detik untuk melakukan proses pengenalan jenis suara, selengkapnya berikut penjelasn dibawah ini :

1. Menu Pengenalan Jenis Suara Berdasarkan Upload File Dengan Format WAV

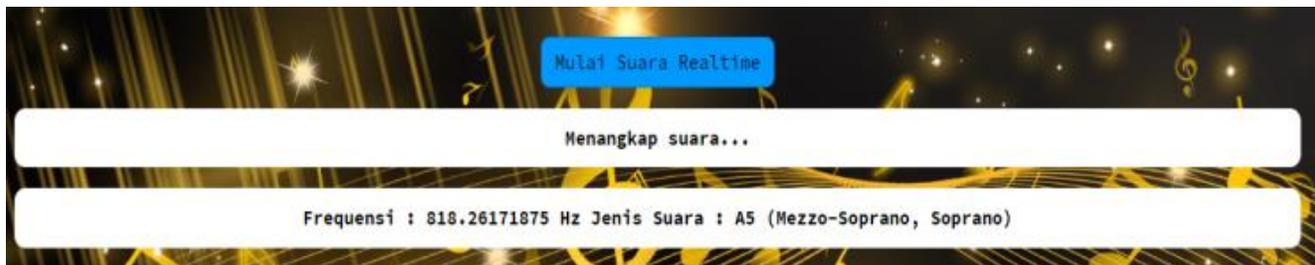
Pada tampilan menu ini dilakukan proses pengenalan jenis suara dengan cara mengupload rekaman dengan format .wav dengan kapasitas max 200mb per file, setelah di upload sebuah file maka akan terproses selama beberapa detik untuk mendapatkan hasil dari frekuensi suara dan jenis suaranya serta memunculkan grafik dari spectrum suara dan grafik frekuensinya. File juga bisa diputar kembali untuk memastikan file tersebut adalah file yang diinginkan. Contoh tampilannya yaitu sebagai berikut :



**Gambar 8.** Tampilan Pengenalan Jenis Suara Berdasarkan Upload File

## 2. Menu Pengenalan Jenis Suara Berdasarkan Real-time

Pada tampilan menu ini dilakukan proses pengenalan jenis suara dengan cara merekam suaraberdasarkan real-time, dalam proses ini tidak ada selang waktu tertentu maka frekuensi dan jenis suara yang dihasilkan pun akan berubah-ubah sesuai dengan suara yang terekam saat itu juga. Namun dalam menu ini tidak dapat memunculkan grafik dari spectrum suara dan grafik frekuensinya karena setiap grafik memerlukan waktu beberapa saat untuk dikenali. Contoh tampilannya yaitu sebagai berikut :

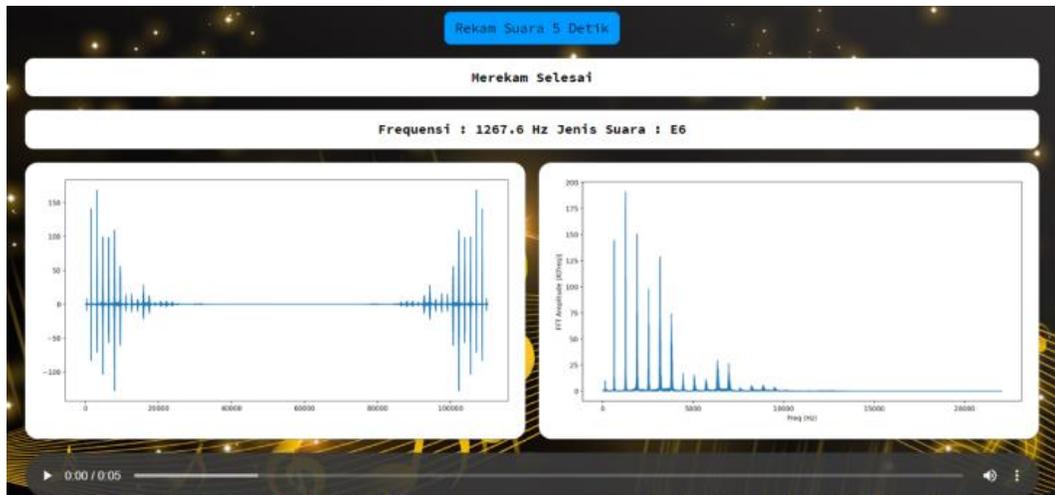


**Gambar 9.** Tampilan Pengenalan Jenis Suara Berdasarkan Real-Time

## 3. Menu Pengenalan Jenis Suara Berdasarkan Rekaman 5 Detik

Pada tampilan menu ini dilakukan proses pengenalan jenis suara dengan cara merekam suara selama 5 detik, pada proses ini sistem akan merekam dan menyimpan suara selama 5 detik

kemudian dapat diperoleh hasil dari frekuensi suara dan jenis suaranya serta memunculkan grafik dari spectrum suara dan grafik frekuensinya. File juga bisa diputar kembali untuk memastikan file tersebut adalah file yang diinginkan. Contoh tampilannya yaitu sebagai berikut :



**Gambar 10.** Tampilan Pengenalan Jenis Suara Berdasarkan Rekam 5 Detik

### 3.2 Tabel Pengujian

Berikut tabel pengujian dari hasil dan analisa Pengenalan Jenis Suara Menggunakan Metode *Fast Fourier Transform* (FFT) yaitu sebagai berikut :

**Tabel 1.** Tabel Pengujian Suara Perempuan

**Nilai Range Frekuensi**

No	Nama	Nada Dasar	Nada Rata-rata (do,re,mi,fa,sol,la,si,do)	Nada Maksimum
1	Noor	484.203 Hz	765.980 Hz	803.834 Hz
2	Titin	951.483 Hz	875.362 Hz	1374.523 Hz
3	Ulfa	408.047 Hz	71.242 Hz	469.001 Hz
4	Bunda	769.992 Hz	627.489 Hz	355.530 Hz
5	Dedek	286.771 Hz	466.796 Hz	521.391 Hz
6	Depi	363.355 Hz	766.485 Hz	765.010 Hz
7	Dila	438.861 Hz	499.563 Hz	567.627 Hz
8	Fara	1100.067 Hz	686.221 Hz	567.627 Hz
9	Icha	722.041 Hz	377.934 Hz	531.643 Hz
10	Nita	218.562 Hz	336.781 Hz	408.862 Hz

**Tabel 2.** Tabel Pengujian Suara Laki-Laki

**Nilai Range Frekuensi**

No	Nama	Nada Dasar	Nada Rata-rata (do,re,mi,fa,sol,la,si,do)	Nada Maksimum
1	Kevin	1026.238 Hz	796.784 Hz	1203.178 Hz
2	Joel	858.162 Hz	1116.437 Hz	1152.064 Hz
3	Dika	558.064 Hz	1010.429 Hz	769.253 Hz
4	Pras	1147.387 Hz	1013.500 Hz	1051.125 Hz
5	Andre	100.860 Hz	415.307 Hz	413.696 Hz
6	Deni	618.930 Hz	314.089 Hz	726.917 Hz

Nilai Range Frekuensi

No	Nama	Nada Dasar	Nada Rata-rata (do,re,mi,fa,sol,la,si,do)	Nada Maksimum
7	Albian	395.228 Hz	345.810 Hz	598.306 Hz
8	Isnan	114.292 Hz	628.343 Hz	540.843 Hz
9	Dani	558.064 Hz	1013.600 Hz	1152.068 Hz
10	Kamal	1026.230 Hz	1202.170 Hz	796.780 Hz

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis diatas maka diperoleh kesimpulan yaitu sistem dapat mengetahui nada tinggi dan nada rendah seseorang berdasarkan frekuensi yang dihasilkan. Sistem pengenalan jenis suara menggunakan metode FFT dapat mengetahui range frekuensi suara yang kemudian disesuaikan dengan frekuensi *tuts* piano sehingga keluarannya dapat berbentuk jenis suara dan grafiknya. Jenis suara yang dihasilkan bergantung pada range frekuensi yang diperoleh, semakin tinggi nilai frekuensi yang dihasilkan maka akan semakin tinggi pula tingkat jenis suaranya, begitupun sebaliknya. Hasil yang didapat untuk suara terendah yaitu pada Ulfa 71.242 Hz dan suara tertinggi yaitu pada Titin 1374.523 Hz.

### 4.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan format suara yang digunakan hanya dengan format *wav.*, diharapkan pada penelitian selanjutnya format musik dapat fleksibel menggunakan format lainnya seperti mp3 dan lain sebagainya. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan sistem dapat berkolaborasi dengan metode baru untuk membedakan mana suara yang dihasilkan oleh manusia, dan mana suara yang dihasilkan oleh benda.

## Daftar Pustaka

- [1] S. T. Wahyudi, E. ' . safrianti, and Y. ' . Rahayu, "Aplikasi Spectrum Analyzer untuk Menganalisa Frekuensi Sinyal Audio Menggunakan Matlab," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2015.
- [2] N. Apriani, R. Wiryasaputra, and L. W. Astuti, "Pengenalan Pola Suara Manusia Berekstensi File Wav Menggunakan Metode Fast Fourier Transform Dan Bayes," *Comput. J. Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2018.
- [3] A. Riyani, A. Nurrochman, E. Sanjaya, P. Rizqiyah, and A. Junaidi, "Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications Mengidentifikasi Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (Fft) Berbasis Matlab," vol. 1, no. 2, pp. 42–050, 2019, doi: 10.20895/INISTA.V1I2.
- [4] V. K. M. Putri, "Jenis Suara Manusia: Sopran, Alto, *Tenor*, *Baritone*, dan *Bass*," *kompas*. Accessed: May 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/skola/read/2021/01/22/170114269/jenis-suara-manusia-sopran-alto-tenor-baritone-dan-bass?page=all>
- [5] S. Riyanto, A. Purwanto, and Supardi, "Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation In Time (DIT) dengan Resolusi 1/10 Hertz," *Semin. Nas. Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA*, pp. 223–231, 2009.

- 
- [6] Irtawaty AS, Ulfah M, Fathmala RS. Pengembangan Aplikasi Pembeda Suara Laki-Laki dan Perempuan Berdasarkan Gender, Range Usia, Kelas Frekuensinya Berbasis FFT dan K-Means. *J Ecotype (Electronic, Control Telecommun Information, Power Eng* 2022;9:32–9.
- [7] Ibrahim W, Candra H, Isyanto H. *Voice Recognition Security Reliability Analysis Using Deep Learning Convolutional Neural Network Algorithm*. *J Electr Technol UMY* 2022;6:1–11.
- [8] Nugra Annisa R, Suprayogi D, Bethaningtyas H. Klasifikasi Suara Anak-Anak Dengan Menggunakan Metode *Fast Fourier Transform* Classification Of Children's Voices Using *Fast Fourier Transform*. *E-Proceeding Eng* 2019;Vol.6. <https://doi.org/e-Proceeding of Engineering>.
- [9] Santoso H, Fakhriza M. Perancangan Aplikasi Keamanan File Audio Format Wav ( Waveform ) Menggunakan Algoritma Rsa. *Algoritma J Ilmu Komput Dan Inform* 2018;2:47–54.
- [10] Yohanes Sipasulta R, Lumenta AS, RUA Sompie S. Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (*Fast Fourier Transform*). *E-Journal Tek Elektro Dan Komput* (2014), ISSN 2301-8402 2014:1–9.
- [11] Abdillah FN. Implementasi Algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) dan Algoritma Harmonic Product Spectrum (HPS) pada Tuner Gitar Berbasis Android. *J Nuansa Inform* 2017;11:18–25.
- [12] Muhammad Romzi, Kurniawan B. Pembelajaran Pemrograman *Python* Dengan Pendekatan Logika Algoritma. *JTIM J Tek Inform Mahakarya* 2020;03:37–44.
- [13] Raihan RM, Yulianto S. Penerapan Pemrograman *Python* Dalam Menentukan Waktu Overhaul Kondensator Turbin Uap. *J Konversi Energi Dan Manufaktur* 2023;8:49–57. <https://doi.org/10.21009/jkem.8.1.6>.
- [14] Amy Chapman M. Cara Menemukan Jangkauan Vokal Anda. *Wikihow* 2020. <https://id.wikihow.com/Menemukan-Jangkauan-Vokal-Anda> (accessed May 3, 2024).
- [15] Malabay. Pemanfaatan Flowchart Untuk Kebutuhan Deskripsi Proses Bisnis. *J Ilmu Komput* 2016;12:21–6.