

PENGKLASIFIKASIAN SUARA MENGGUNAKAN METODE FFT PADA SOFTWARE MATLAB UNTUK MENGETAHUI TIPE SUARA MANUSIA

Elyezer Sidabutar¹, Eka Purwa Laksana²

1. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
elsidabutar@gmail.com
2. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia
eka.purwalaksana@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dibuat sebuah aplikasi pengklasifikasian suara seseorang terhadap jenis range frekuensi yang dimiliki sebuah paduan suara mahasiswa Universitas Budi Luhur. Sistem ini diperuntukkan untuk menambahkan kualitas suara setiap individu agar suara yang ditempati sesuai dengan range frekuensi setiap anggota paduan suara. Permasalahan ini muncul dikarenakan kualitas suara yang ada saat ini hanya didasarkan atas tinggi rendahnya jangkauan suara setiap masing-masing anggota. Sistem yang akan dirancang terdiri dari masukan data awal perekaman suara, kemudian diolah menggunakan FFT (Fast Fourier Transform) pada software MATLAB dan data suara akan diolah menjadi time domain dan frequency domain untuk menghasilkan grafik. Ketika grafik telah didapat, diketahui range vokal berdasarkan tipe suara. Berdasarkan perancangan dan pengujian ini didapatkan data suara masukan awal, serta pengklasifikasian suara berdasarkan range frekuensi dan range vokal. Hasil yang didapat adalah metode FFT pada software MATLAB dapat mengklasifikasikan suara berdasarkan range frekuensi dan range vokal.

Kata kunci: frekuensi, range vokal, MATLAB, Fast Fourier Transform;

ABSTRACT

In In this research is made an application of one's voice classification to various types of frequencies contained using the Voice Student of Budi Luhur University. This system is intended to add the the sound quality of each individual to the sound occupied according to the frequency range of each sound. This problem arises because the current sound quality that is only filled up the high and low sound of each member respectively. The system to be designed consists of initial sound recording input data, then processed using FFT (Fast Fourier Transform) in MATLAB software and voice data will be processed into time domain and frequency domain to generate graphs. When this has been found, the Vocal range of the sound type range. Based on the design and testing of this data obtained initial voice input, and voice classification based on the frequency range and range of vowels. The result obtained is the FFT method in MATLAB software can classify the sound based on frequency range and range of vowels.

Keywords— frequency, range vocal, MATLAB, Fast Fourier Transform.component;

I. PENDAHULUAN

Paduan suara adalah perkumpulan harmonisasi banyak suara yang dijadikan satu suara dalam sebuah lagu. Suara merupakan sebuah dasar dalam kelompok paduan suara. Setiap jenis suara yang ada pada paduan suara, yakni Sopran, Mezzo Sopran,

Alto, Tenor, Baritone dan Bass memiliki range vokal dan range frekuensi yang berbeda-beda. Pada kelompok paduan suara di Universitas Budi Luhur, dalam menentukan setiap jenis suara pengelompokan dilakukan berdasarkan tinggi rendahnya nada saat diuji dengan waktu yang cukup singkat. Dalam

rangka meningkatkan kualitas setiap individu di paduan suara harus dilakukan sebuah pengklasifikasian jenis suara setiap individu agar didapat range jenis suara yang sesuai dengan kemampuan individu tersebut. Maka harus dibutuhkan sebuah pengklasifikasian suara agar pembagian pembagian suara sesuai dengan jenis suara yakni Sopran, Mezzo Sopran, Alto, Tenor, Baritone dan Bass

Pada jurnal yang ditulis Andhini, R.B.[1] berjudul Analisis dan Implementasi Aplikasi Pengenalan Menjadi Teks Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. Dijelaskan bahwa perancangan aplikasi yang dapat mengenali suara terdapat salah satu tahapannya yaitu preproses sinyal masukan. Hasil yang diperoleh dari jurnal tersebut memiliki kesimpulan yaitu dalam perancangan sistem pengenalan suara ada beberapa hal yang diperhatikan: menjelaskan perancangan sistem saat tahapan masukkan suara dilakukan

Pada jurnal yang ditulis Bhaskoro, S. B [2] berjudul Transformasi Pitch Suara Manusia Menggunakan Metode PSOLA. Dijelaskan bahwa melakukan pencarian parameter pitch dan timbre untuk merubah intonasi suara dari setiap manusia, metode Fast Fourier Transform digunakan sebagai penyederhana komputasi data berupa sinyal spectrum. Hasil yang diperoleh dari jurnal tersebut menjelaskan metode Fast Fourier Transform pada penentuan pitch berdasarkan skala.

Pada jurnal yang ditulis Syaifuddin, A [7] berjudul Fast Fourier Transform (FFT) Untuk Analisis Sinyal Suara Doppler Ultrasonik. Dijelaskan bahwa melihat spektrum getaran suara yang dihasilkan sistem menganalisis sistem, menganalisis sinyal suara karena efek Doppler akibat getaran benda menggunakan FFT(Fast Fourier Transform) dengan bantuan mikrokontroller. Hasil yang diperoleh dari analisis FFT menunjukkan menyebabkan perubahan frekuensi pada sinyal.

II. RANCANGAN SISTEM

2.1 Klasifikasi Suara

Tipe suara adalah berbagai jenis suara yang diklasifikasikan menggunakan kriteria tertentu. Klasifikasi suara adalah proses dimana suara manusia dinilai, kemudian akan digolongkan menjadi tipe-tipe suara tertentu. Ada banyak perbedaan tipe suara berdasarkan berbagai macam sistem klasifikasi (Wijayanto, 2014). Jenis suara manusia dibedakan menjadi enam jenis berdasarkan gender perempuan dan laki-laki yang mempunyai sifat dan karakter yang berbeda-beda, yaitu seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Jangkauan Frekuensi Setiap Suara

Tipe Suara	Range Vokal	Frekuensi Range Vocal (Hz)
Tenor	C3-C5	130.813 - 523.251

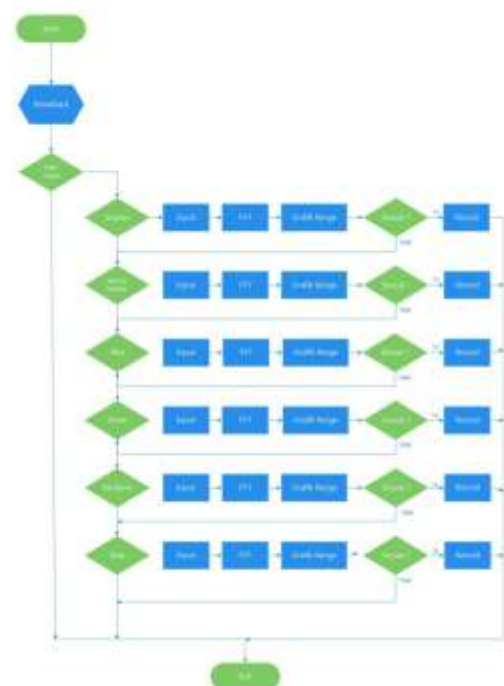
Bariton	F2-F4	87.3071 - 349.228
Bass	E2-E4	82.4069 - 329.628
Sopran	C4-C6	261.626 - 1046.50
Mezzo-Sopran	A3-A5	220.000 - 880.000
Alto	F3-F5	174.614 - 698.456

2.2 Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sesuai dengan kebutuhan agar sistem yang dibuat dapat dimanfaatkan secara optimal.

2.2.1 Flowchart

Pada proses tahapan ini akan digambarkan alur proses pengklasifikasian suara dan parameter proses dari pengklasifikasian suara dengan menggunakan flowchart.



Gambar 2.1 Flowchart

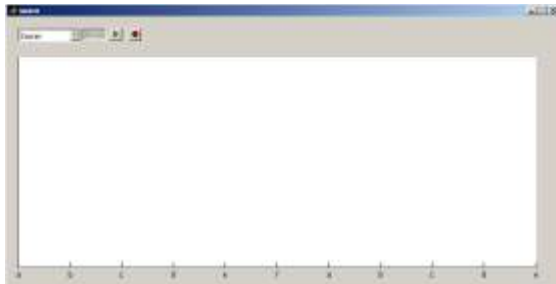
2.2.2 Perancangan Halaman Depan Aplikasi

Halaman tampilan merupakan tampilan utama dalam program pengklasifikasian suara yang didalamnya terdapat 3 buah tombol sebagai berikut :

1. Tombol memilih jenis suara : berfungsi untuk menentukan jenis suara yang akan dipilih
2. Tombol Play : berfungsi untuk memainkan/membunyikan suara sesuai dengan frekuensi jenis suara yang dipilih

3. Tombol Record : berfungsi untuk menampilkan gelombang frekuensi sesuai dengan jenis suara yang dipilih beserta dengan range frekuensinya.

Pada gambar 2.2 diperlihatkan gambar bentuk rancangan halaman depan aplikasi.



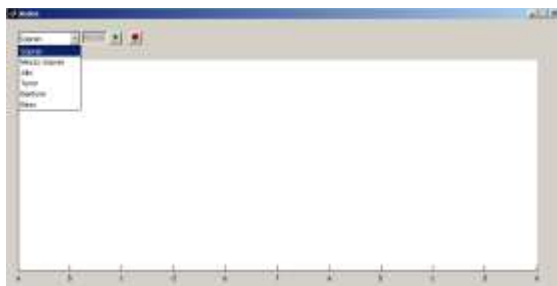
Gambar 2.2 Tampilan Halaman Depan Aplikasi dalam MATLAB

2.2.3 Perancangan Menu Pilih Suara

Perancangan menu suara merupakan tampilan dari bagian inti dari aplikasi pengklasifikasian suara, terdapat 6 jenis suara ditambah satu menu other untuk menentukan frekuensi sendiri, yakni :

1. Sopran
2. Mezzo Sopran
3. Alto
4. Tenor
5. Baritone
6. Bass

Pada gambar 2.3 diperlihatkan gambar bentuk rancangan menu pilih suara



Gambar 2.3 Bentuk Rancangan Menu Pilih Suara

2.3 Diagram Blok Sistem

Diagram blok dari sistem dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.4 Diagram Blok Sistem

Prinsip Kerja Sistem

Berdasarkan pada Gambar 2.4 dapat dijelaskan kegunaan dari tiap blok pada adalah sebagai berikut:

- Masukan Suara digunakan sebagai inputan awal
- Jenis Suara digunakan untuk memilih jenis suara yang akan diuji, diantaranya adalah sopran, mezzo sopran, alto, tenor, baritone dan bass.

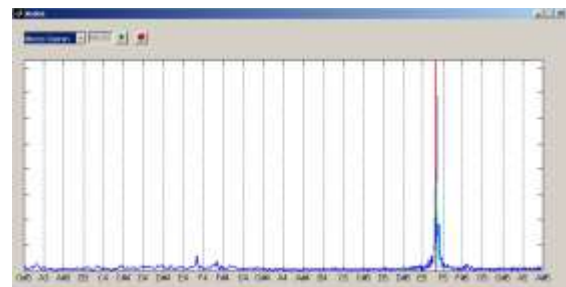
- FFT (Fast Fourier Transform) digunakan untuk suatu algoritma yang untuk merepresentasikan sinyal dalam domain waktu diskrit dan domain frekuensi.
- Grafik keluaran yang digunakan adalah berupa grafik frekuensi dominan sesuai dengan frekuensi range suara.

2.4 Rencana Pengujian dan Analisa

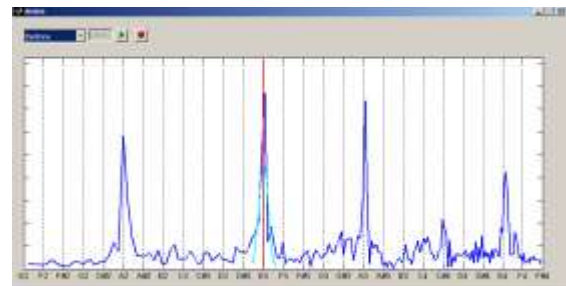
Pengujian yang dilakukan adalah dengan menguji 10 sample suara sebagai masukan awal melalui sebuah rekaman suara di komputer, kemudian masuk ke aplikasi pengklasifikasian suara pada MatLab dengan menguji pada ke 6 jenis suara dan membaca setiap grafik keluaran.

2.4.1 Grafik Terbaca dan Grafik Tidak Terbaca

Pada gambar 2.5 diperlihatkan gambar bentuk grafik yang terbaca. Pada gambar 2.6 diperlihatkan gambar grafik yang tidak terbaca



Gambar 2.5 Contoh Grafik Terbaca



Gambar 2.6 Contoh Grafik Tidak Terbaca

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengujian dan analisa hasil Aplikasi Pengklasifikasian Suara Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (FFT). Tujuan dari pengujian dan analisa ini adalah untuk mengetahui jenis suara masing-masing orang yang diuji dari aplikasi pengklasifikasian suara yang telah dirancang. Pembahasan yang dilakukan terbagi atas pengujian sistem yang telah dirancang dan analisa data hasil pengujian keseluruhan. Pengujian suara dibagi menjadi 6 jenis suara, yang diantaranya sopran, mezzo sopran, alto, tenor, baritone, dan bass).

3.1 Pengujian Suara Sopran

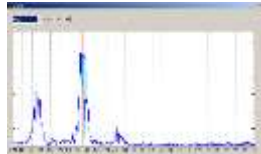
Pengujian jenis suara sopran dilakukan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal A

selama 10 detik pada sub menu jenis suara sopran pada aplikasi pengklasifikasi suara. Dengan range vokal antara C4-A5 dan frekuensi antara 261.626 Hz–1046.50 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

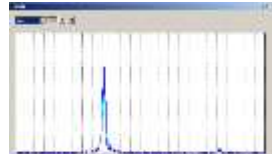
Tabel 3.1 Pengujian Jenis Suara Sopran

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F4 – F#4	349.23 – 369.99	Grafik tidak stabil
2.	Christina	B5 – C6	987.77 – 1046.5	Grafik stabil
3.	Nidya	E4 – F4	329.63 – 349.23	Grafik tidak stabil
4.	Inggar	G4 – G#4	392 – 415.3	Grafik stabil
5.	Yohana	A5 – A#5	880 – 932.33	Grafik stabil
6.	Bondan	G4 – G#4	392 – 415.3	Grafik stabil
7.	Harpa	F#4 – G4	369.99 – 392	Grafik stabil
8.	Indra	D4 – D#4	293.66 – 311.13	Grafik tidak stabil
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Grafik Stabil
10.	Simon	E5 – F5	659.26 – 698.46	Grafik tidak stabil

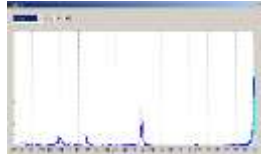
Eunike



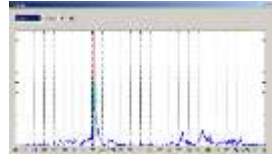
Bondan



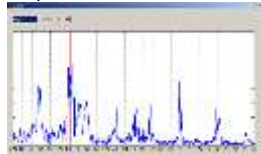
Christina



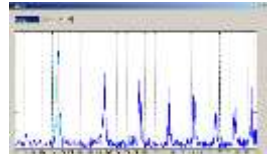
Harpa



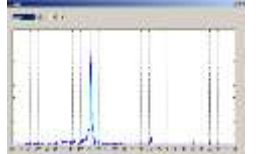
Nidya



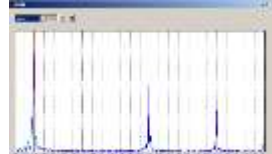
Indra



Inggar



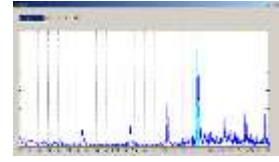
Jordy



Yohana



Simon



Gambar 2.7 Pengujian Jenis Suara Sopran

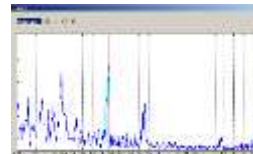
3.2 Pengujian Suara Mezzo Sopran

Pengujian jenis suara mezzo sopran dilakukan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal A selama 10 detik pada sub menu jenis suara mezzo sopran pada aplikasi pengklasifikasi suara. Dengan range vokal antara A3-A5 dan frekuensi antara 220.000-880.000. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.2

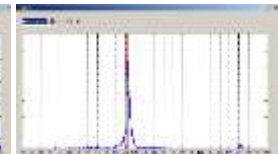
Tabel 3.2 Pengujian Jenis Suara Mezzo Sopran

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F4 – F#4	349.23 – 369.99	Grafik tidak stabil
2.	Christina	B4 – C5	493.88 – 523.25	Grafik stabil
3.	Nidya	E5 – F5	659.26 – 698.46	Grafik stabil
4.	Inggar	G4 – G#4	392 – 415.3	Grafik stabil
5.	Yohana	A5 – A#5	880 – 932.33	Grafik stabil
6.	Bondan	G4 – G#4	392 – 415.3	Grafik stabil
7.	Harpa	F4 – F#4	349.23 – 369.99	Grafik tidak stabil
8.	Indra	G4 – G#4	392 – 415.3	Grafik tidak stabil
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Grafik stabil
10.	Simon	E5 – F5	659.26 – 698.46	Grafik tidak stabil

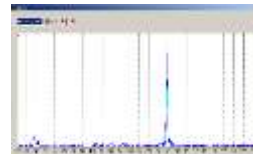
Eunike



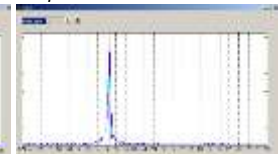
Bondan



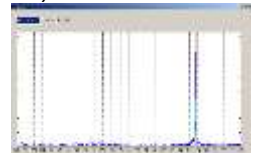
Christina



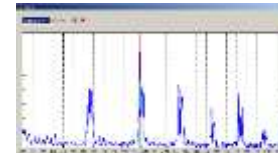
Harpa

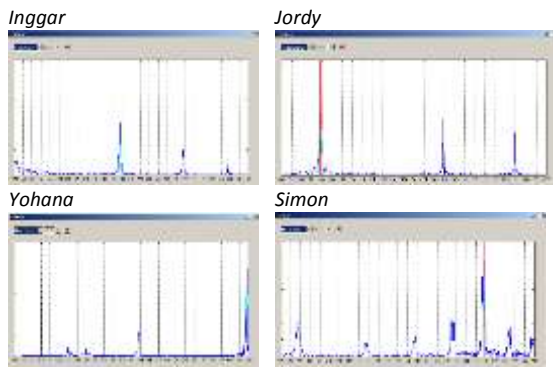


Nidya



Indra





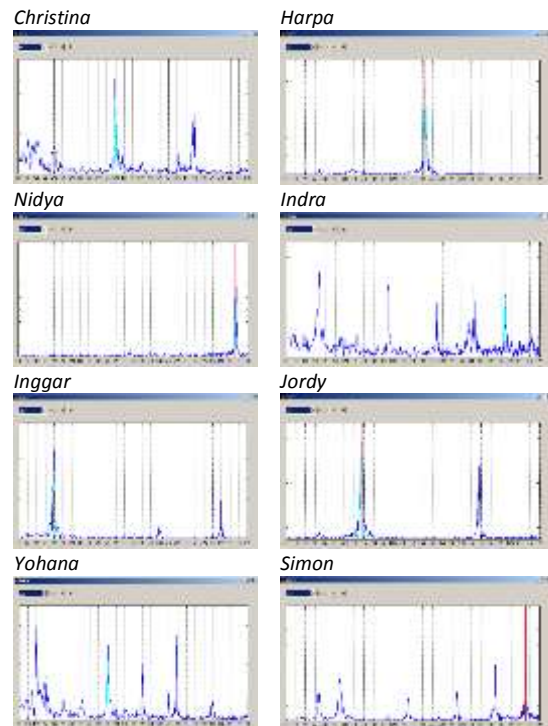
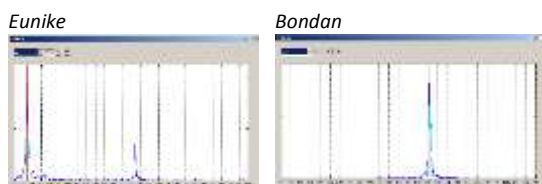
Gambar 2.8 Pengujian Jenis Suara Mezzo-Sopran

3.3 Pengujian Suara Alto

Pengujian jenis suara alto dilakukan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal A selama 10 detik pada sub menu jenis suara alto pada aplikasi pengklasifikasi suara. Dengan range vokal antara F3-F5 dan frekuensi antara 174.614-698.456. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.1 Pengujian Jenis Suara Alto

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F3 – F#3	174.61 – 185	Grafik stabil
2.	Christina	D#4	311.13	Grafik tidak stabil
3.	Nidya	E5 – F5	659.26 – 698.46	Grafik stabil
4.	Inggar	G#3	207.65	Grafik stabil
5.	Yohana	D#4	311.13	Grafik tidak stabil
6.	Bondan	G4 – G#4	392 – 415.3	Grafik stabil
7.	Harpa	F#4 – G4	369.99 - 492	Grafik stabil
8.	Indra	D5 – D#5	587.33 – 622.25	Grafik tidak stabil
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Grafik stabil
10.	Simon	E5 – F5		



Gambar 2.9 Pengujian Jenis Alto

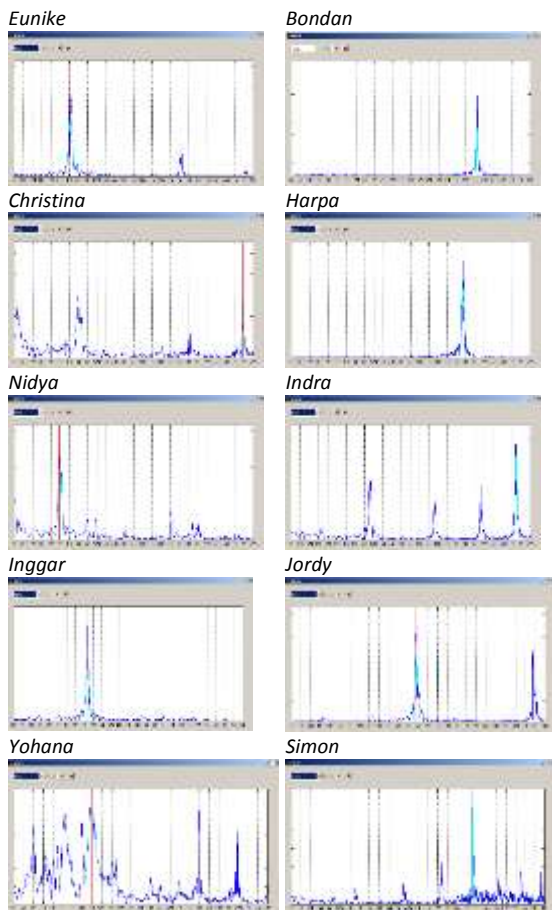
3.4 Pengujian Suara Tenor

Pengujian jenis suara tenor dilakukan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal A selama 10 detik pada sub menu jenis suara tenor pada aplikasi pengklasifikasi suara. Dengan range vokal antara C3-C5 dan frekuensi antara 130.813 Hz - 523.251 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Pengujian Jenis Suara Tenor

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F3 – F#3	174.61 – 185	Grafik stabil
2.	Christina	C5	523.25	Grafik tidak stabil
3.	Nidya	E3	164.81	Grafik tidak stabil
4.	Inggar	G3 – G#3	196 – 207.65	Grafik stabil
5.	Yohana	G3	196	Grafik tidak stabil
6.	Bondan	G4	392	Grafik stabil
7.	Harpa	F4 – F#4	349.23 – 369.99	Grafik stabil
8.	Indra	B4 – C5	493.88 – 523.25	Grafik tidak stabil
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Grafik stabil

10.	Simon	A3 – A#3	220 – 233.08	Grafik tidak stabil
-----	-------	----------	--------------	---------------------



Gambar 2.10 Pengujian Jenis Suara Tenor

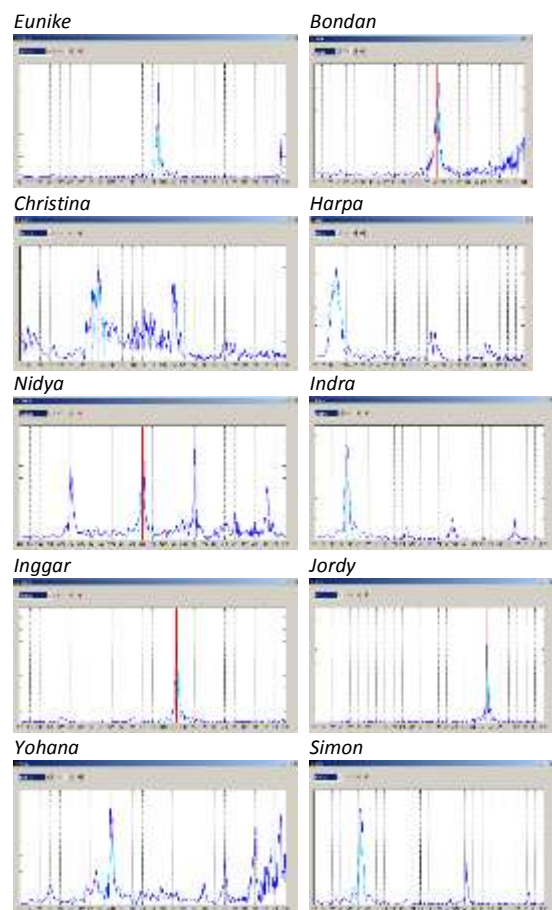
3.5 Pengujian Suara Baritone

Pengujian jenis suara baritone dilakukan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal A selama 10 detik pada sub menu jenis suara baritone pada aplikasi pengklasifikasi suara. Dengan range vokal antara F2-F4 dan frekuensi antara 87.3071 Hz - 349.228 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.5

Tabel 3.5 Pengujian Jenis Suara Baritone

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F3 – F#3	174.61 – 185	Grafik stabil
2.	Christina	B2 – C3	123.47 – 130.81	Grafik tidak stabil
3.	Nidya	E3	164.81	Grafik tidak stabil
4.	Inggar	G3 – G#3	196 – 207.65	Grafik stabil

5.	Yohana	C#3	138.59	Grafik tidak stabil
6.	Bondan	G3	196	Grafik tidak stabil
7.	Harpa	F#2 – G2	92.499 – 97.999	Grafik tidak stabil
8.	Indra	G2 – G#2	97.999 – 103.83	Grafik stabil
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Grafik stabil
10.	Simon	A2 – A#2	110 – 116.54	Grafik stabil



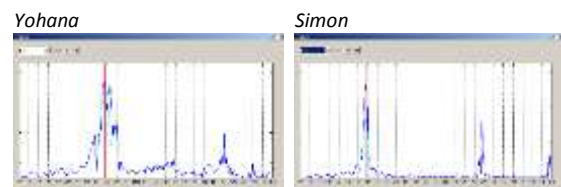
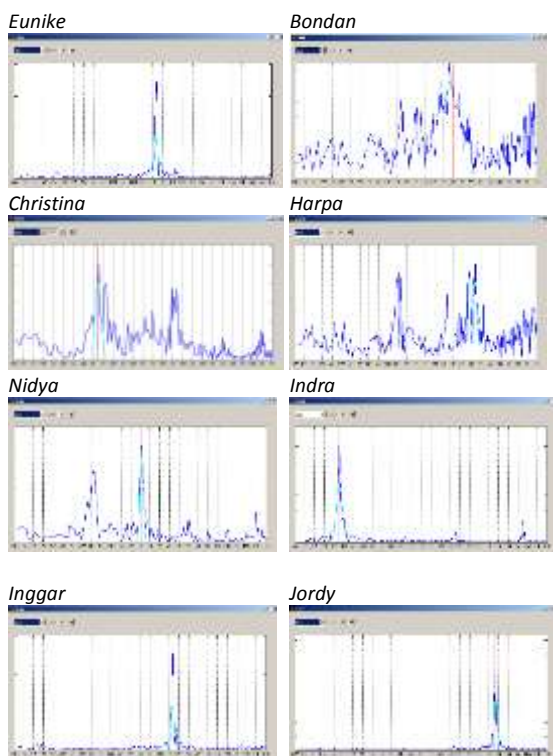
Gambar 2.11 Pengujian Jenis Suara Baritone

3.6 Pengujian Suara Bass

Pengujian jenis suara bass dilakukan dengan cara membunyikan suara dengan huruf vokal A selama 10 detik pada sub menu jenis suara bass pada aplikasi pengklasifikasi suara. Dengan range vokal antara E2-E4 dan frekuensi antara 82.4069 Hz - 329.628 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Pengujian Jenis Suara Bass

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F3 – F#3	174.61 – 185	Grafik stabil
2.	Christina	B2 – C3	123.47 – 130.81	Grafik tidak stabil
3.	Nidya	E3 – F3	164.81 – 174.61	Grafik tidak stabil
4.	Inggar	G3 – G#3	196 – 207.65	Grafik stabil
5.	Yohana	B2 – C3	123.47 – 130.81	Grafik tidak stabil
6.	Bondan	G#3	207.65	Grafik tidak stabil
7.	Harpa	A#3 – B3	233.08 – 246.94	Grafik tidak stabil
8.	Indra	G2 – G#2	97.999 – 103.83	Grafik stabil
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Grafik stabil
10.	Simon	A2 – A#2	110 – 116.54	Grafik stabil



Gambar 2.12 Pengujian Jenis Suara Bass

3.7 Hasil Analisa Pengujian Suara Untuk Menentukan Jenis Suara

Tabel 3.7 Pengujian Jenis Suara Sopran

No	Nama	Range Vokal	Frekuensi Range Vokal (Hz)	Keterangan
1.	Eunike	F3 – F#4	174.61 – 369.99	Alto, Tenor, Baritone, Bass
2.	Christina	B4 – C6	493.88 – 1046.5	Sopran, Mezzo Sopran
3.	Nidya	E5 – F5	659.26 – 698.46	Mezzo Sopran, Alto
4.	Inggar	G3 – G#4	196 – 415.3	Sopran, Mezzo Sopran, Alto, Tenor, Baritone, Bass
5.	Yohana	A5 – A#5	880 – 932.33	Sopran, Mezzo
6.	Bondan	G4 – G#4	392 – 415.3	Sopran, Mezzo, Alto, Tenor
7.	Harpa	F4 – G4	349.23 – 392	Sopran, Alto, Tenor
8.	Indra	G2 – G#2	97.999 – 103.83	Baritone, Bass
9.	Jordy	B3 – C4	246.94 – 261.63	Sopran, Mezzo Sopran, Alto, Tenor, Baritone, Bass
10.	Simon	A2 – A#2	110 – 116.54	Baritone, Bass

Pada tabel 3.7 dapat dilihat hasil analisa dari pengujian aplikasi pengklasifikasian suara. Didapat hasil jenis suara dari setiap masing-masing suara masukkan. Suara Eunike memiliki jenis suara Alto, Tenor, Baritone, Bass. Suara Christina memiliki jenis suara Sopran dan Mezzo Sopran. Suara Nidya memiliki jenis suara antara Mezzo Sopran dan Alto. Suara Inggar memiliki jenis suara Sopran, Mezzo Sopran, Alto, Tenor, Baritone dan Bass. Suara Yohana memiliki jenis suara Sopran dan Mezzo Sopran. Suara Bondan memiliki jenis suara antara Sopran, Mezzo, Alto dan Tenor. Suara Harpa memiliki jenis suara Sopran, Alto dan Tenor. Suara Indra memiliki jenis suara Baritone dan Bass. Suara Jordy memiliki jenis suara Sopran, Mezzo Sopran, Alto, Tenor, Baritone dan Bass. Suara Simon memiliki jenis suara Baritone dan Bass.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan.

1. Aplikasi pengklasifikasian suara manusia menggunakan software MATLAB dapat mengetahui range frekuensi pada suara manusia.
2. Range frekuensi yang dihasilkan pada setiap suara bergantung pada vocal range yang diperoleh, semakin besar vocal range yang diperoleh maka semakin besar range frekuensi yang dihasilkan.
3. Frekuensi tertinggi pada pengujian adalah suara Christina dengan range B4 – C6 yakni 493.88 Hz sampai 1046.5 Hz.
4. Frekuensi terendah pada pengujian adalah suara Indra dengan range G2 – G#2 yakni 97.999 Hz sampai 103.83 Hz.
5. Dari hasil pengujian setiap orang memiliki range suara yang berbeda-beda.

REFERENSI

- [1] Andhini, R.B., Irawan,B.,S.Si. ,MT.2 , Wijayanto, I.,ST.,MT.(2015)‘ANALISIS DAN IMPLEMENTASI APLIKASI PENGENALAN SUARA MENJADI TEKS MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION’. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, ISSN : 2355-9365 e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.2.
- [2] Bhaskoro, S. B., Ariani, I., Alamsyah, A.A.(2014),’Transformasi Pitch Suara Manusia MenggunakanMetode PSOLA’, Jurnal ELKOMIKA Institut Teknologi Nasional Bandung Itenas I No.2 I Vol. 2
- [3] Iqbal, M., Muslim, N., Ahamd, H., and Ullah, F. (2015)‘Analysis and Design of FIR filters using Window Function in Matlab’, International Journal of Computer Engineering and Information Technology (IJCEIT), Volume 3, Issue 1.
- [4] Leo Willyanto Santoso. Aplikasi Spectrum Analyzer Untuk Menganalisa Loudspeaker. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- [5] Putra, Y.H.,Adler, J.,Gunawan. ‘APLIKASI FILTER FINITE IMPULSE RESPONSE (FIR) UNTUK MENGHILANGKAN NOISE PADA SUARA MANUSIA MENGGUNAKAN GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI) PEMROGRAMAN MATLAB’.
- [6] Simanungkalit, Nortier. 2008. Teknik Vokal Paduan Suara. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Syaifuddin, A., Suryono (2014) ‘Fast Fourier Transform (FFT) untuk Analisis Sinyal Suara Doppler Ultrasonik’, Youngster Physics Journal ISSN : 2303 – 7371 Vol. 3, No. 3.
- [8] Wahyudi, S.T., Safrianti, E., Rahayu, Y. (2015) ‘APLIKASI SPECTRUM ANALYZER UNTUK MENGANALISA FREKUENSI SINYAL AUDIO MENGGUNAKAN MATLAB’,Jom FTEKNIK Volume 2 No. 2
- [9] Wijaya. 2014. Filter Pasif. Diktat Elektronika Dasar 1. Universitas indonesia. Jakarta.
- [10] Yen, Joe. 2009. Wavelet for Acoustics. Current Science. Vol.98, No.94. Pp 20-29.
- [11] Simanungkalit, Nortier. 2008. Teknik Vokal Paduan Suara. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.