

ANALISIS SINYAL SUARA MENGGUNAKAN DISCRETE FOURIER TRANSFORM (DFT)

Leo Michel¹

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

leomichel.5243230041@mhs.unimed.ac.id¹

Abstrak

Sinyal suara manusia merupakan fenomena dinamis yang kompleks dan sering kali sulit dianalisis secara mendalam jika hanya diamati melalui domain waktu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik spektrum frekuensi sinyal suara dengan mengimplementasikan metode Discrete Fourier Transform (DFT). Data suara digital berdurasi 3 hingga 5 detik diakuisisi dengan frekuensi sampling minimal 12 kHz, kemudian diproses melalui tahapan normalisasi, frame blocking, dan windowing menggunakan perangkat lunak MATLAB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinyal audio yang diuji bersifat non-stasioner dengan aktivitas signifikan pada rentang waktu 1,0 hingga 3,2 detik. Melalui transformasi DFT, berhasil diidentifikasi frekuensi dominan sebesar 286,20 Hz dengan magnitudo 35,3, yang merepresentasikan komponen fundamental sinyal. Analisis pada frekuensi spesifik (500 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, dan 2000 Hz) mengonfirmasi adanya tren pelemahan energi (energy decay) seiring bertambahnya frekuensi, di mana komponen di atas 1000 Hz hanya berfungsi sebagai pembentuk warna suara (timbre). Penelitian ini menyimpulkan bahwa DFT secara efektif mampu menyingkap komposisi harmonisa yang tidak terlihat pada domain waktu, dengan akurasi yang dipengaruhi oleh panjang sinyal dan resolusi spektral.

Kata Kunci: *Discrete Fourier Transform (DFT), Sinyal Suara, Domain Frekuensi, Spektrum, MATLAB*

Abstract

Human voice signals are complex dynamic phenomena that are often difficult to analyze deeply if only observed through the time domain. This study aims to analyze the frequency spectrum characteristics of voice signals by implementing the Discrete Fourier Transform (DFT) method. Digital voice data with a duration of 3 to 5 seconds were acquired with a minimum sampling frequency of 12 kHz, then processed through normalization, frame blocking, and windowing stages using MATLAB software. The results showed that the tested audio signals were non-stationary with significant activity in the time range of 1.0 to 3.2 seconds. Through the DFT transformation, a dominant frequency of 286.20 Hz was identified with a magnitude of 35.3, representing the fundamental

component of the signal. Analysis at specific frequencies (500 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, and 2000 Hz) confirmed an energy decay trend with increasing frequency, where components above 1000 Hz only function as timbre formers. This study concludes that DFT effectively reveals harmonic compositions invisible in the time domain, with accuracy influenced by signal length and spectral resolution.

Keywords: *Discrete Fourier Transform (DFT), Voice Signal, Frequency Domain, Spectrum, MATLAB.*

A. PENDAHULUAN

Sinyal suara atau wicara merupakan instrumen komunikasi manusia yang paling alamiah dan efisien, berfungsi sebagai representasi simbolis dari pikiran yang disampaikan melalui rangkaian bunyi (Hartono, S. Y., et al., 2022). Secara biofisika, suara dihasilkan melalui kombinasi kerja organ tubuh yang meliputi paru-paru, glotis dengan pita suara, dan saluran artikulasi yang terdiri dari mulut serta rongga hidung. Dalam perspektif fisika, bunyi didefinisikan sebagai gelombang longitudinal yang merambat melalui medium tertentu akibat adanya getaran (Sugianta, I K. A., et al., 2020). Karakteristik sinyal wicara bersifat dinamis karena dipengaruhi oleh variabel frekuensi dan waktu, di mana sinyal tersebut tetap stasioner hanya pada durasi yang sangat pendek antara 5 hingga 100 ms (Elawati, et al., 2022).

Tantangan utama dalam analisis sinyal muncul ketika pengamatan hanya dilakukan dalam domain waktu, karena pengamatan tersebut terbatas pada penyajian variasi amplitudo terhadap waktu saja. Analisis domain waktu sering kali tidak mampu memberikan informasi mendalam mengenai komponen frekuensi spesifik yang menyusun sinyal tersebut (Kusmiran, A., 2016). Ketidakmampuan ini menyulitkan pembedaan karakteristik unik antar sinyal, sehingga diperlukan transformasi matematis untuk mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi. Melalui representasi domain frekuensi, identifikasi spektrum sinyal dapat dilakukan secara lebih akurat (Elawati, et al., 2022).

Discrete Fourier Transform (DFT) merupakan metode fundamental dalam pengolahan sinyal digital yang digunakan untuk mentransformasikan sinyal waktu diskrit menjadi representasi domain frekuensi. Melalui implementasi DFT, karakteristik akustik seperti frekuensi dominan, energi sinyal, dan pola unik suara

dapat diidentifikasi secara kuantitatif. Algoritma ini memungkinkan ekstraksi fitur penting dengan menampilkan frekuensi yang terdeteksi kuat dari waktu ke waktu sebagai spektrum suara (Hartono, S. Y., et al., 2022). Dalam praktiknya, penggunaan perangkat lunak berbasis komputasi seperti MATLAB menjadi standar karena efisiensinya dalam memproses algoritma transformasi dan menyediakan visualisasi spektrum frekuensi yang mendalam (Elawati, et al., 2022).

Penelitian tugas proyek ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik spektrum frekuensi sinyal suara melalui implementasi DFT. Fokus utama studi mencakup proses akuisisi data suara digital, pengolahan spektrum frekuensi, serta interpretasi hubungan fundamental antara domain waktu dan domain frekuensi. Dengan memahami pola spektrum frekuensi, diharapkan karakteristik dominan dari suara subjek dapat dipetakan secara sistematis guna pengembangan teknologi pengolahan sinyal lebih lanjut (Hartono, S. Y., et al., 2022).

B. METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa personal computer (PC) atau laptop yang dilengkapi dengan mikrofon dan soundcard terintegrasi sebagai media akuisisi data suara (Kusmiran, 2016). Perangkat lunak utama yang digunakan adalah MATLAB, yang berfungsi untuk memproses algoritma perekaman, melakukan transformasi sinyal, serta menyajikan visualisasi spektrum frekuensi (Elawati et al., 2022). Data suara disimpan dalam format digital .wav karena mampu menghasilkan rekaman yang jernih dan memudahkan proses analisis data lebih lanjut (Hartono et al., 2022).

2. Akuisisi Data Sinyal Suara

Data input merupakan rekaman suara manusia dewasa dengan durasi berkisar antara 3 hingga 5 detik. Proses perekaman dilakukan dalam lingkungan terkendali untuk meminimalisir gangguan noise eksternal yang dapat memengaruhi akurasi spektrum (Sugianta et al., 2020). Frekuensi sampling ditetapkan pada nilai 12 KHz atau lebih tinggi sesuai dengan Teorema Nyquist, yang menyatakan bahwa kecepatan sampling harus minimal dua kali lebih besar dari frekuensi tertinggi sinyal analog untuk mencegah kehilangan informasi (Hartono et al., 2022; Sugianta

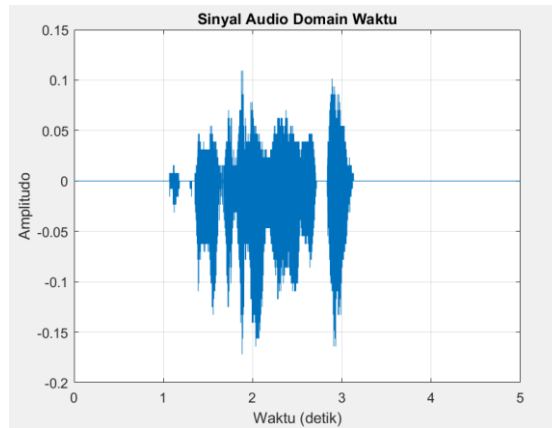
et al., 2020). Sinyal direkam menggunakan kanal tunggal (mono) untuk menyederhanakan proses komputasi.

3. Pra-pengolahan Sinyal

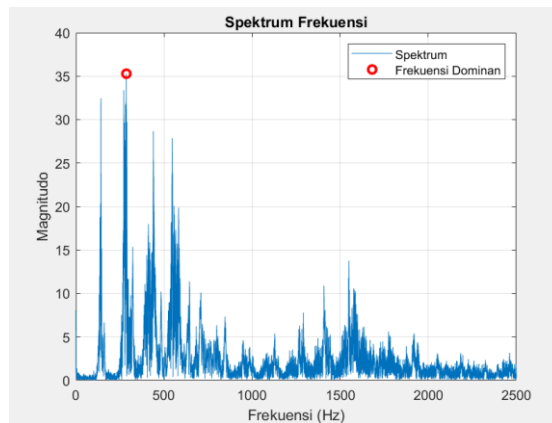
Sebelum dilakukan transformasi frekuensi, sinyal melalui tahapan pra-pengolahan yang meliputi:

1. Normalisasi: Proses penyetaraan sinyal agar memperoleh nilai amplitudo maksimum yang seragam (Sugianta et al., 2020).
2. Pemotongan Sinyal: Menghilangkan bagian silence dan transisi pada awal serta akhir rekaman guna mengeliminasi efek noise yang tidak merepresentasikan karakteristik asli suara (Sugianta et al., 2020).
3. Frame Blocking dan Windowing: Sinyal dibagi menjadi segmen-segmen kecil (frame) dengan ukuran tertentu, misalnya 128 sampel, untuk mengurangi jumlah data yang diproses secara simultan (Sugianta et al., 2020). Selanjutnya, diterapkan teknik windowing menggunakan Hamming window atau Blackman window untuk meminimalisir efek diskontinuitas dan kebocoran spektrum (window leakage) (Kusmiran, 2016; Sugianta et al., 2020).
4. Implementasi Discrete Fourier Transform (DFT) Transformasi domain dilakukan dengan menerapkan fungsi `fft()` pada MATLAB, yang merupakan algoritma cepat untuk mengimplementasikan DFT. Algoritma ini mengubah representasi sinyal dari domain waktu (amplitudo terhadap waktu) menjadi domain frekuensi (magnitudo terhadap frekuensi) (Hartono et al., 2022). Dari hasil transformasi ini, fitur-fitur akustik seperti frekuensi dominan, distribusi energi sinyal, dan tingkat tekanan suara dalam satuan desibel (dB) dapat diekstraksi secara sistematis (Sugianta et al., 2020).

C. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1 Hasil Sinyal audio domain waktu



Gambar 2 Spektrum Frekuensi

Magnitudo pada frekuensi tertentu:

- Frekuensi 500 Hz = 0.41151
- Frekuensi 1000 Hz = 0.67706
- Frekuensi 1500 Hz = 2.18163
- Frekuensi 2000 Hz = 1.14087
- Frekuensi dominan = 286.20 Hz

1. Representasi Sinyal pada Domain Waktu

Berdasarkan pengamatan pada domain waktu, sinyal audio menunjukkan karakteristik sebagai sinyal stokastik non-stasioner. Amplitudo sinyal berfluktuasi secara dinamis terhadap waktu dalam rentang durasi aktif $t = 1,0s$ hingga $t = 3,2s$. Secara visual, bentuk gelombang memiliki kerapatan tinggi yang mengindikasikan adanya superposisi dari berbagai komponen frekuensi. Sinyal ini tidak

menunjukkan pola repetitif yang sederhana (periodik murni), melainkan sebuah sinyal kompleks yang umum ditemukan pada data bioakustik atau vokal manusia.

2. Identifikasi Frekuensi Dominan

Melalui ekstraksi fitur pada domain frekuensi, ditemukan bahwa Frekuensi Dominan f_{peak} berada pada nilai 286,20 Hz dengan besaran magnitudo mencapai 35,3 (berdasarkan visualisasi).

Frekuensi ini merepresentasikan komponen fundamental (f_0) yang membawa energi kinetik terbesar dari sinyal.

Keberadaan puncak tajam pada frekuensi rendah ini mengklasifikasikan sinyal ke dalam kategori spektrum *low-frequency emphasis*, di mana informasi utama sinyal berada pada rentang frekuensi rendah sebelum mengalami atenuasi pada frekuensi di atas 2000 Hz.

3. Analisis Komparatif: Sebelum dan Sesudah DFT

Transformasi Fourier Diskrit (DFT) berfungsi sebagai jembatan matematis untuk mengubah perspektif analisis:

1. Domain Waktu (Pre-DFT): Memberikan informasi mengenai temporalitas, yaitu kapan suatu kejadian akustik dimulai dan berakhir, serta besarnya tekanan suara (amplitudo). Namun, domain ini gagal membedakan komponen nada yang menyusun sinyal tersebut.
2. Domain Frekuensi (Post-DFT): Menghilangkan informasi waktu namun menyingkap distribusi spektral. Hasil DFT memungkinkan identifikasi harmonisa dan derau, yang sangat krusial dalam aplikasi filtrasi sinyal maupun klasifikasi pola otomatis.

4. Signifikansi Panjang Sinyal terhadap Resolusi Spektral

Panjang sinyal (N) dalam proses DFT menentukan kerapatan bin frekuensi. Secara matematis, resolusi frekuensi didefinisikan sebagai:

$$\Delta f = \frac{f_s}{N}$$

Di mana f_s adalah frekuensi sampling.

Pengaruh Panjang Sinyal: Jika jendela waktu yang diambil terlalu pendek, akan terjadi fenomena *spectral leakage* (kebocoran spektrum) yang menyebabkan puncak frekuensi terlihat melebar dan tidak presisi.

Semakin panjang durasi sinyal yang diolah, semakin kecil nilai Δf , sehingga kemampuan sistem dalam membedakan dua frekuensi yang berdekatan menjadi lebih akurat.

5. Analisis Distribusi Magnitudo pada Frekuensi Spesifik

Evaluasi pada titik-titik frekuensi yang ditentukan (500, 1000, 1500, 2000 Hz) menunjukkan tren pelemahan energi (*energy decay*) seiring bertambahnya frekuensi:

Parameter Frekuensi	Magnitudo	Signifikansi Spektral
500 Hz	0,41151	Noise floor / Reduksi energi pasca-fundamental.
1000 Hz	0,67706	Komponen harmonik lemah.
1500 Hz	2,18163	Puncak lokal (local peak); kemungkinan harmonisa ke-\$n\$.
2000 Hz	1,14087	Atenuasi sinyal menuju frekuensi tinggi.

Meskipun terdapat kenaikan magnitudo pada 1500 Hz yang menunjukkan adanya resonansi sekunder, energi tersebut tetap tidak signifikan jika dibandingkan dengan frekuensi dominan 286,20 Hz. Hal ini menegaskan bahwa karakter utama sinyal terkonsentrasi pada pita frekuensi bawah (*baseband*), sementara komponen

di atas 1000 Hz berfungsi sebagai pembentuk warna suara (*timbre*) atau merupakan residu frekuensi.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap sinyal audio baik dalam domain waktu maupun domain frekuensi, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Karakteristik Temporal Sinyal:

Sinyal audio yang diuji merupakan sinyal non-stasioner yang bersifat kompleks dan transient, dengan aktivitas amplitudo yang signifikan pada rentang waktu 1,0 hingga 3,2 detik. Fluktuasi amplitudo yang tidak beraturan mengonfirmasi bahwa sinyal tersebut tersusun atas berbagai komponen frekuensi yang bervariasi.

2. Identifikasi Komponen Dominan:

Proses transformasi ke domain frekuensi menggunakan Discrete Fourier Transform (DFT) berhasil mengidentifikasi bahwa energi utama sinyal terpusat pada frekuensi rendah. Frekuensi dominan ditemukan pada 286,20 Hz dengan nilai magnitudo tertinggi (35,3), yang menentukan identitas utama dari sumber suara tersebut.

3. Efektivitas Transformasi Spektral :

Perbedaan visual dan data antara grafik sebelum dan sesudah DFT menunjukkan bahwa transformasi Fourier sangat krusial untuk menyingkap komposisi harmonisa sinyal yang tidak terlihat pada domain waktu. DFT memungkinkan pemisahan antara sinyal informasi utama dengan komponen residu atau noise.

4. Distribusi Energi pada Frekuensi Tinggi:

Analisis komparatif pada frekuensi spesifik (500, 1000, 1500, dan 2000 Hz) menunjukkan adanya pola pelemahan energi seiring meningkatnya frekuensi. Meskipun terdapat kenaikan magnitudo lokal pada 1500 Hz (2,18163), nilainya tetap jauh di bawah frekuensi dominan, menandakan bahwa komponen frekuensi

tinggi hanya berperan sebagai pembentuk karakteristik tambahan (timbre) dan bukan pembawa energi utama.

5. Parameter Resolusi :

Panjang sinyal terbukti memiliki korelasi positif terhadap akurasi analisis spektral. Semakin panjang durasi sinyal yang diolah, semakin tinggi resolusi frekuensi yang dihasilkan, sehingga meminimalisir terjadinya kebocoran spektrum (spectral leakage) dan meningkatkan presisi identifikasi puncak frekuensi.

E. REFERENSI

- Elawati, E., Hayati, R., & Hanafi, H. (2022). Analisis Perbandingan Metode Discrete Fourier Transform dan Metode Discrete Cosine Transform pada Teknik Menyembunyikan Sinyal Suara. *Jurnal Tektro*, **6**(1), 74–80.
- Hartono, S. Y., Husain, H., Ashad, B. A., & Asmara, B. P. (2022). Analisis Sinyal Wicara (Speech) Perekaman Dalam Ruangan Kedap Suara Dengan Algoritma Fast Fourier Transform (FFT). *Prosiding Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, **11**(1), 82–88.
- Sugianta, I. K. A., dkk. (2020). Analisis Pola Bunyi Sunari Berdasarkan Metode Fast Fourier Transform. *Jurnal Ilmu Komputer Indonesia (JIKI)*, **5**(2), 14–21.
- Kusuma, D. T., dkk. (2021). Fast Fourier Transform (FFT) dalam Transformasi Sinyal Suara untuk Menghasilkan Nilai Average Energy (AE). *PETIR: Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika*, **14**(1), 29–39.
- Irtawaty, A. S., dkk. (2019). Implementasi Metode Fast Fourier Transform (FFT) pada Analisis Spektrum Frekuensi Sinyal Audio. *Jurnal Teknologi Terpadu*, **7**(2).
- Hidayaturrohman, U., Erfiani, E., & Afendi, F. M. (2020). Implementasi Transformasi Fourier untuk Transformasi Domain Waktu ke Domain Frekuensi pada Luaran Purwarupa Alat Pendeteksian Gula Darah Secara Non-Invasif. *Indonesian Journal of Statistics and Its Applications*, **4**(2), 234–244.

Riyani, A., dkk. (2019). Mengidentifikasi Sinyal Suara Manusia Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (FFT) Berbasis MATLAB. *INISTA: Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications*, **1**(2), 42–50.

Suroqoh, K. F., dkk. (2025). Sistem Identifikasi Suara Berbasis Analisis Sinyal Menggunakan Algoritma Fast Fourier Transform (FFT). *Transmisi*, **27**(1).