



**PRAKTIKUM**  
**PENGOLAHAN SINYAL INFORMASI**

**MODUL 3**  
**TRANSFORMASI FOURIER**

**1.1 Tujuan Praktikum**

1. Mengetahui pengertian Transformasi Fourier
2. Mengetahui tujuan Transformasi Fourier
3. Mengetahui representasi matematis sinyal dan rumus
4. Dapat merancang dan memvisualisasi berbagai jenis Transformasi Fourier

**1.2 Alat dan Bahan**

1. Laptop/PC
2. Visual Code

**1.3 Pendahuluan**

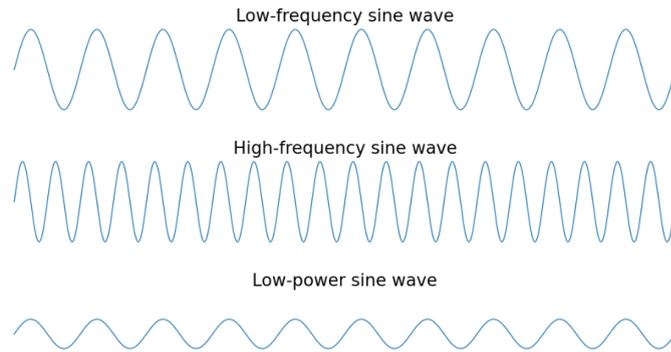
Transformasi Fourier adalah alat yang ampuh untuk menganalisis sinyal dan digunakan dalam segala hal, mulai dari pemrosesan audio, pemrosesan gambar, hingga kompresi gambar. Analisis Fourier adalah bidang yang mempelajari bagaimana sebuah fungsi matematika dapat diuraikan menjadi serangkaian fungsi trigonometri yang lebih sederhana. Transformasi Fourier adalah alat dari bidang ini untuk menguraikan suatu fungsi ke dalam frekuensi komponennya. Dengan kata lain, transformasi Fourier adalah alat yang memungkinkan Anda untuk mengambil sinyal dan melihat kekuatan setiap frekuensi di dalamnya. Perhatikan istilah-istilah penting dalam kalimat tersebut:

1. Sinyal adalah informasi yang berubah dari waktu ke waktu. Sebagai contoh, audio, video, dan jejak tegangan adalah contoh sinyal.
2. Frekuensi adalah kecepatan pengulangan sesuatu. Misalnya, jam berdetak pada frekuensi satu hertz (Hz), atau satu pengulangan per detik.
3. Daya, dalam hal ini, hanya berarti kekuatan setiap frekuensi.



## PRAKTIKUM

### PENGOLAHAN SINYAL INFORMASI



Transformasi Fourier berguna dalam banyak aplikasi. Kompresi gambar menggunakan varian transformasi Fourier untuk menghapus komponen frekuensi tinggi dari gambar. Pengenalan suara menggunakan transformasi Fourier dan transformasi terkait untuk memulihkan kata-kata yang diucapkan dari audio mentah.

Secara umum, memerlukan transformasi Fourier jika perlu melihat frekuensi dalam sinyal. Jika bekerja dengan sinyal dalam domain waktu sulit dilakukan, maka menggunakan transformasi Fourier untuk memindahkannya ke dalam domain frekuensi patut dicoba.

#### 1.4 Discrete Fourier Transform

DFT (Discrete Fourier Transform) adalah teknik matematika yang digunakan untuk mengubah sinyal diskrit dari domain waktu ke domain frekuensi. DFT sangat berguna dalam analisis sinyal, pemrosesan gambar, dan bidang lain di mana representasi frekuensi diperlukan. DFT dari sinyal diskrit  $x[n]$  dengan panjang  $N$  didefinisikan sebagai:

di mana  $k=0,1,2,\dots,N-1$ . Transformasi ini mengubah sinyal dari domain waktu  $x[n]$  ke domain frekuensi  $X[k]$ .

- $x(n)$  : Sinyal diskrit dalam domain waktu (sinyal input).
- $X(k)$  : Representasi sinyal dalam domain frekuensi (output DFT).
- $N$  : Jumlah sampel (panjang sinyal).
- $k$  : Indeks frekuensi (bin frekuensi).
- $n$  : Indeks waktu.

Beberapa properti penting dari DFT meliputi:

1. Linearitas: DFT dari penjumlahan dua sinyal adalah penjumlahan dari DFT masing-masing sinyal.



## PRAKTIKUM PENGOLAHAN SINYAL INFORMASI

$$\text{DFT}\{a \cdot x(n) + b \cdot y(n)\} = a \cdot X(k) + b \cdot Y(k)$$

2. Periodisitas: DFT bersifat periodik dengan periode N, yaitu

$$X(k) = X(k+N), x(n) = x(n+N).$$

3. Teorema Parseval: Jumlah energi dalam domain waktu sama dengan jumlah energi dalam domain frekuensi.

$$\sum_{n=0}^{N-1} |x(n)|^2 = \sum_{k=0}^{N-1} |X(k)|^2$$

Interpretasi DFT:

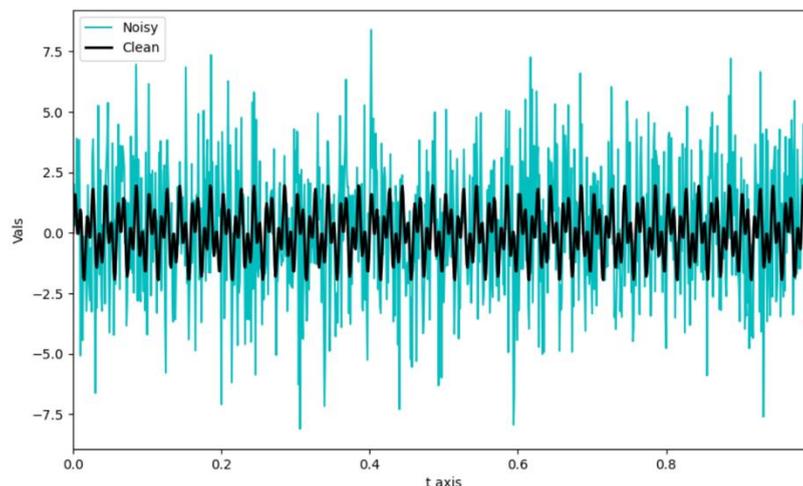
DFT menghasilkan representasi sinyal dalam domain frekuensi.

1. DFT menghasilkan representasi sinyal dalam domain frekuensi.
2. Setiap nilai  $X(k)$  menunjukkan kontribusi frekuensi  $k$  dalam sinyal  $x(n)$ .
3. Frekuensi  $k$  berkaitan dengan frekuensi diskrit  $k/N \cdot f_s$ , di mana  $f_s$  adalah frekuensi sampling.

### 1.5 Denoising Data dengan FFT (Fast Fourier Transform)

Dalam pemrosesan sinyal, data yang diperoleh sering kali mengandung noise, yaitu gangguan yang dapat mengurangi kualitas sinyal asli. Salah satu metode yang efektif untuk mengurangi noise adalah menggunakan Fast Fourier Transform (FFT).

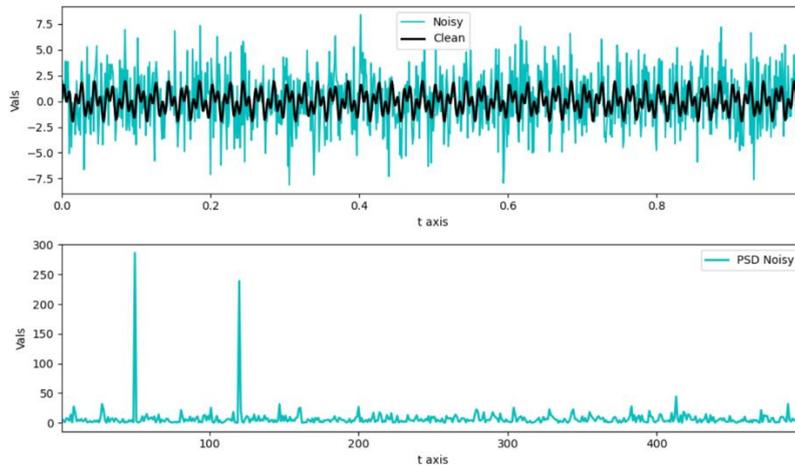
*Denoising* (penghilangan noise) adalah proses menghilangkan atau mengurangi noise (derau) dari sinyal atau data. *Noise* adalah komponen yang tidak diinginkan dalam sinyal yang dapat mengganggu analisis atau interpretasi data. FFT (Fast Fourier Transform) adalah algoritma yang digunakan untuk menghitung DFT (Discrete Fourier Transform) secara efisien, dan dapat dimanfaatkan untuk proses denoising.



*Figure 1. 1 Generate Signal*



## PRAKTIKUM *PENGOLAHAN SINYAL INFORMASI*



*Figure 2. Memisahkan noise dan clean audio*

### 1.6 Prinsip Denoising dengan FFT

FFT adalah algoritma yang digunakan untuk menghitung Discrete Fourier Transform (DFT) dengan cara yang lebih efisien. FFT memungkinkan kita untuk melakukan operasi ini secara lebih cepat dibandingkan dengan perhitungan DFT secara langsung.

Proses denoising menggunakan FFT melibatkan beberapa langkah utama:

1. Transformasi Fourier: Mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan FFT.
2. Identifikasi Noise: Noise biasanya muncul sebagai komponen frekuensi tinggi dalam spektrum sinyal.
3. Filter Frekuensi: Menghilangkan atau meredam frekuensi tinggi yang dianggap sebagai noise.
4. Transformasi Invers Fourier (IFFT): Mengembalikan sinyal ke domain waktu setelah proses filtering.

### 1.7 Aplikasi Transformasi Fourier

#### 1. Pemrosesan Sinyal Audio

Transformasi Fourier digunakan untuk kompresi suara dan penghapusan noise. Teknik ini memungkinkan peningkatan kualitas audio dalam telekomunikasi serta rekaman musik dengan cara memisahkan dan menghilangkan komponen frekuensi yang tidak diinginkan. Dengan penerapan ini, suara yang dihasilkan menjadi lebih jernih dan lebih mudah dianalisis dalam berbagai aplikasi audio digital.

#### 2. Pemrosesan Gambar

Dalam pemrosesan gambar, Transformasi Fourier sering diterapkan dalam



## PRAKTIKUM

### *PENGOLAHAN SINYAL INFORMASI*

filtering gambar dan kompresi data, seperti pada format JPEG. Dengan teknik ini, informasi gambar dapat disimpan dalam ukuran lebih kecil tanpa mengorbankan kualitas yang signifikan, sehingga efisien dalam penyimpanan dan transmisi data digital. Selain itu, teknik ini juga membantu dalam deteksi pola dan pemrosesan citra medis.

#### **3. Komunikasi Nirkabel**

Pada bidang komunikasi nirkabel, Transformasi Fourier digunakan dalam modulasi dan demodulasi sinyal, memungkinkan transmisi data lebih efisien dengan mengalokasikan sinyal ke berbagai frekuensi. Teknologi ini sangat penting dalam sistem komunikasi modern seperti Wi-Fi dan 5G, di mana spektrum frekuensi harus dimanfaatkan secara optimal untuk menghindari interferensi dan meningkatkan kecepatan transfer data.

#### **4. Analisis Getaran**

Dalam industri, analisis getaran menggunakan Transformasi Fourier memungkinkan deteksi dini kerusakan mesin. Dengan menganalisis spektrum getaran dari komponen yang bergerak, teknisi dapat mengidentifikasi keausan dan mencegah kegagalan mesin sebelum terjadi kerusakan serius. Penerapan ini sangat berguna dalam pemeliharaan prediktif untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya perbaikan.

#### **5. Astronomi**

Astronomi juga memanfaatkan Transformasi Fourier dalam analisis spektrum cahaya dari objek luar angkasa. Teknik ini membantu dalam identifikasi komposisi kimia dan gerakan bintang serta galaksi dengan memisahkan sinyal elektromagnetik ke dalam komponen frekuensinya. Dengan analisis ini, para astronom dapat memahami lebih dalam tentang sifat dan evolusi benda langit.

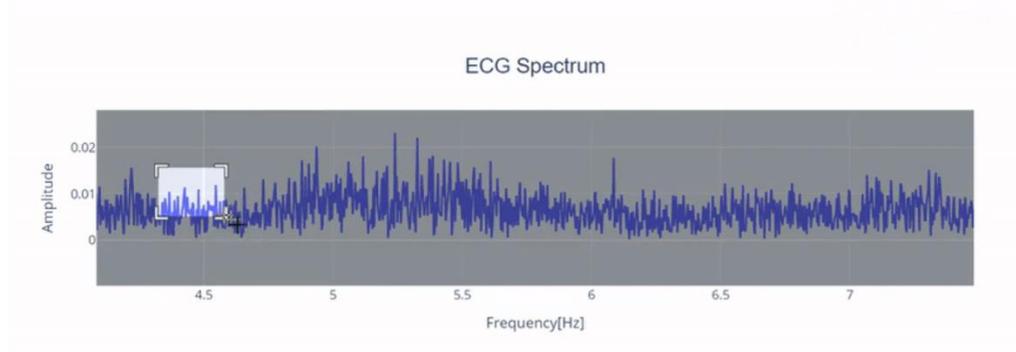
#### **6. Pencitraan Medis**

Di bidang medis, Transformasi Fourier digunakan dalam pencitraan medis seperti MRI (Magnetic Resonance Imaging). Dengan menerjemahkan sinyal yang ditangkap oleh alat MRI ke dalam domain frekuensi, citra organ dalam tubuh dapat direkonstruksi dengan lebih jelas, membantu dokter dalam diagnosis yang lebih akurat. Selain MRI, teknik ini juga digunakan dalam analisis sinyal EEG dan ECG untuk mendeteksi gangguan neurologis dan kardiovaskular.



# PRAKTIKUM

## PENGOLAHAN SINYAL INFORMASI



Representation of using our class Fourier. [Image by the Author]

*Figure 3. Contoh penerapan pada ECG (Jantung)*