



# An Introduction to Signal Processing

Data Mining II

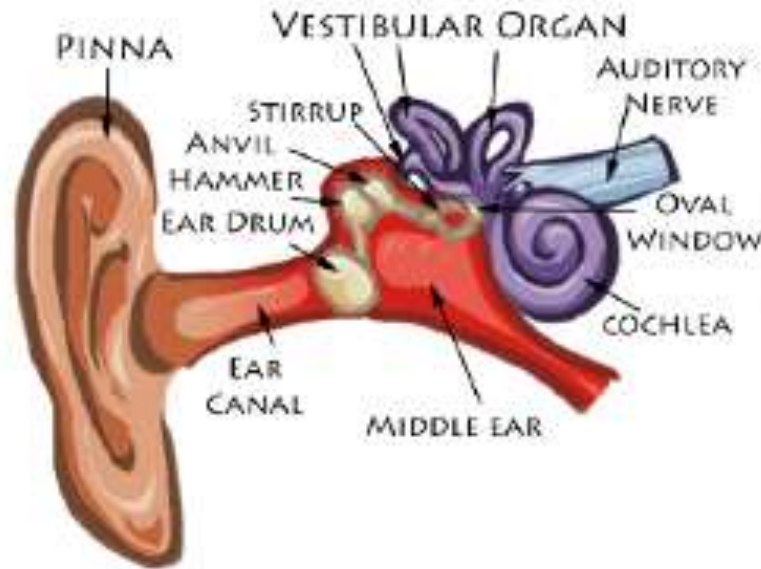
Week 5



# Apa yang disebut dengan sinyal?

- Sinyal adalah sebuah bentuk gelombang yang bergetar dalam suatu rentang frekuensi.
- Salah satu bentuk sinyal adalah suara
- Ketika seseorang berbicara, hal ini menghasilkan sinyal tekanan udara; telinga menerima perbedaan tekanan udara ini dan berkomunikasi dengan otak. Begitulah cara otak membantu seseorang mengenali bahwa sinyalnya adalah ucapan dan memahami apa yang dikatakan seseorang.

# How do we hear?



**Spiral of tissue with liquid and thousands of tiny hairs that gradually get smaller.**

- Each hair is connected to a nerve.
- Longer hair resonate with lower frequencies.
- Shorter hair resonate with higher frequencies.
- Thus the time-domain air pressure signal is transformed into frequency spectrum, which is then processed by the brain.

**Our ear is a natural fourier transform analyzer!**

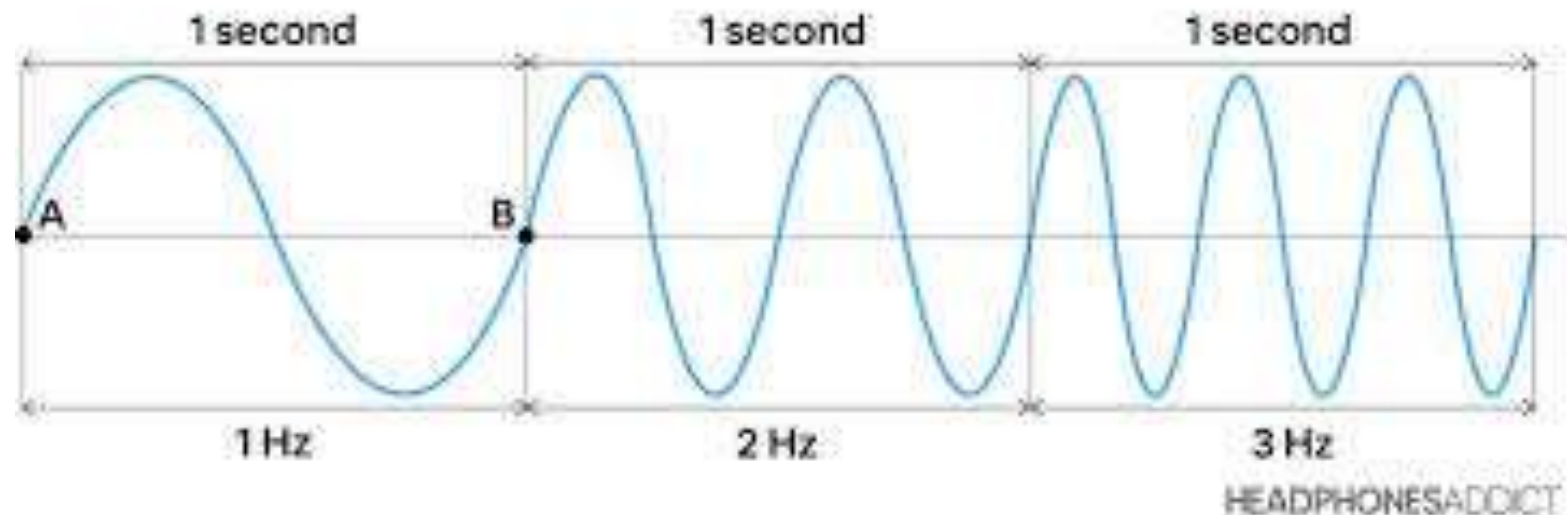


# Atribut dari sinyal

- Frequency (frekuensi)
- Amplitude (amplitudo)
- Envelope
- Phase
- Bandwidth
- Modulation
- Signal-to-Noise Ratio (SNR)

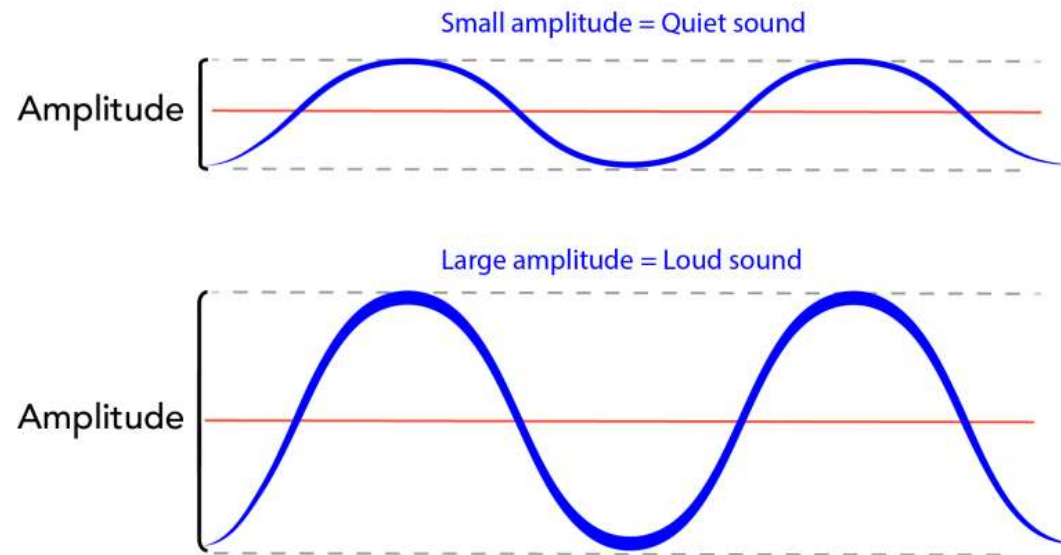
# Frequency

- Frekuensi menunjukkan berapa banyak sinyal dalam satu detik ditunjukkan dalam Hertz (Hz)
- Frequency yang tinggi menunjukkan bahwa suatu sinyal memiliki osilasi yang tinggi



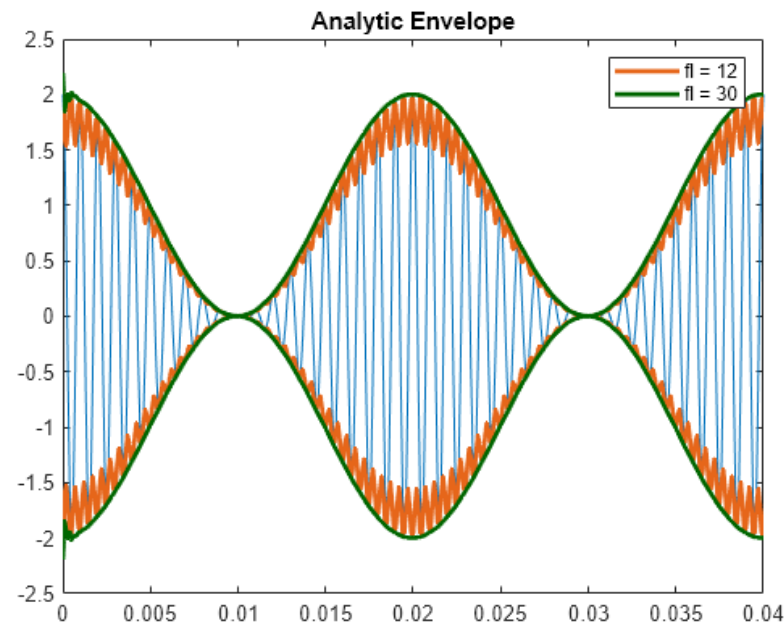
# Amplitude

- Amplitudo menunjukkan nilai maksimal dan minimal dari suatu sinyal (intensitas)
- Dalam sinyal audio, amplitudo mengatur kekerasan suara



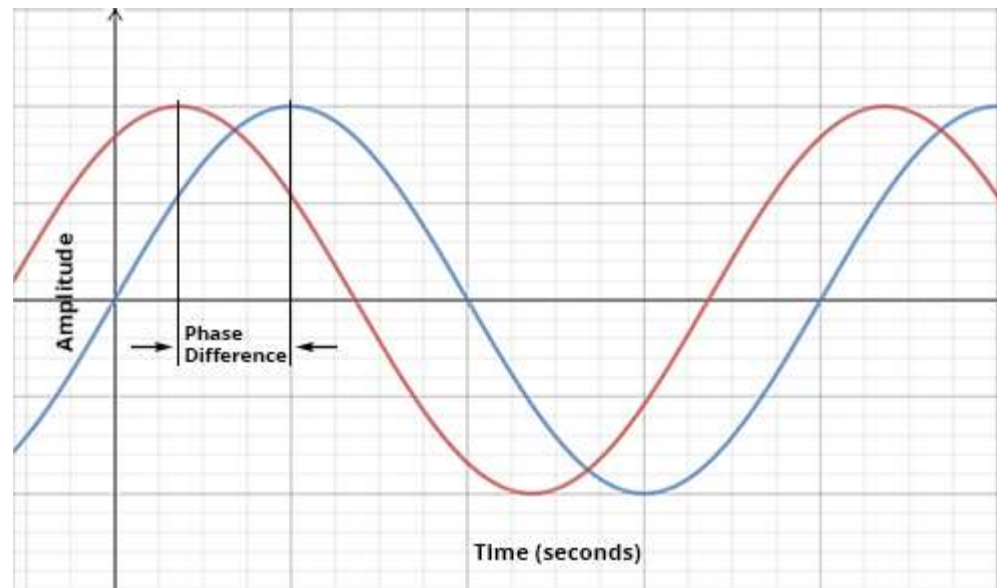
# Envelope

- Envelope meng-outline amplitude dari sinyal
- Dengan menggunakan envelope kita dapat mengetahui perubahan amplitudo dari sinyal digital



# Phase

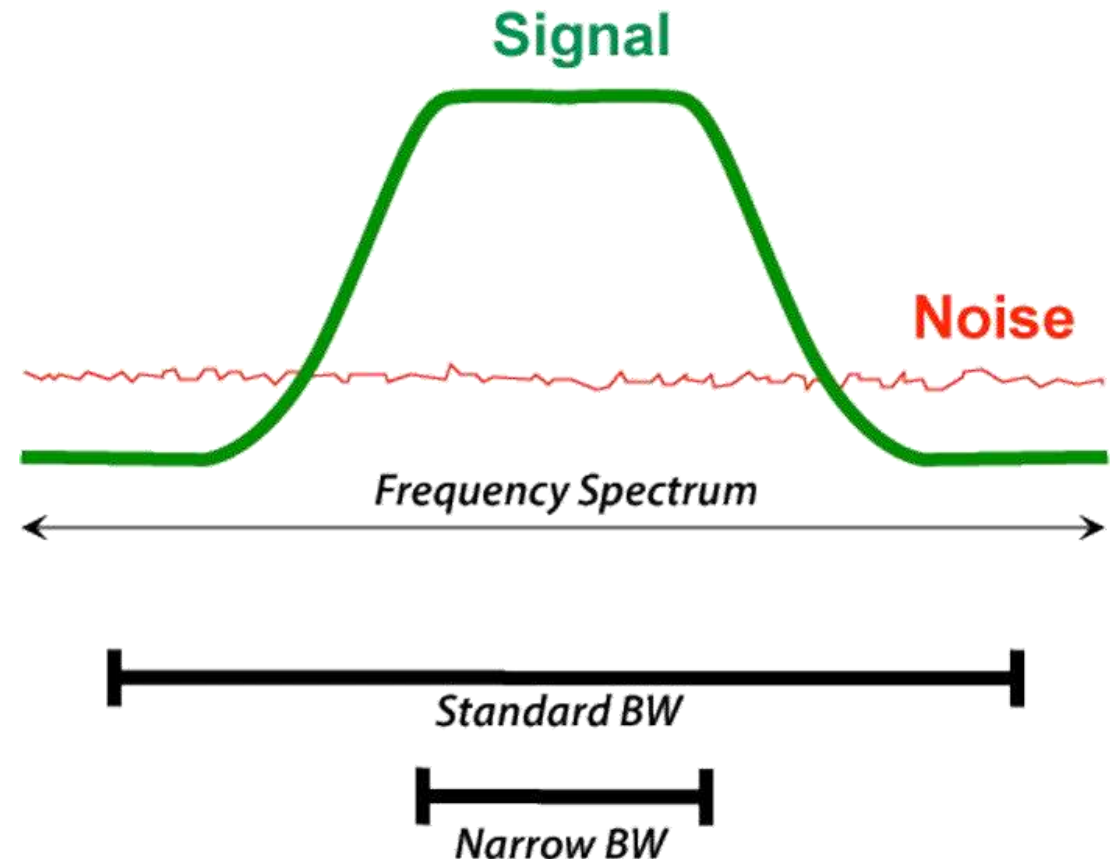
- Phase menunjukkan posisi dari sinyal pada suatu waktu
- Dengan menggunakan phase, kita dapat mengetahui apakah ada perubahan dari sinyal





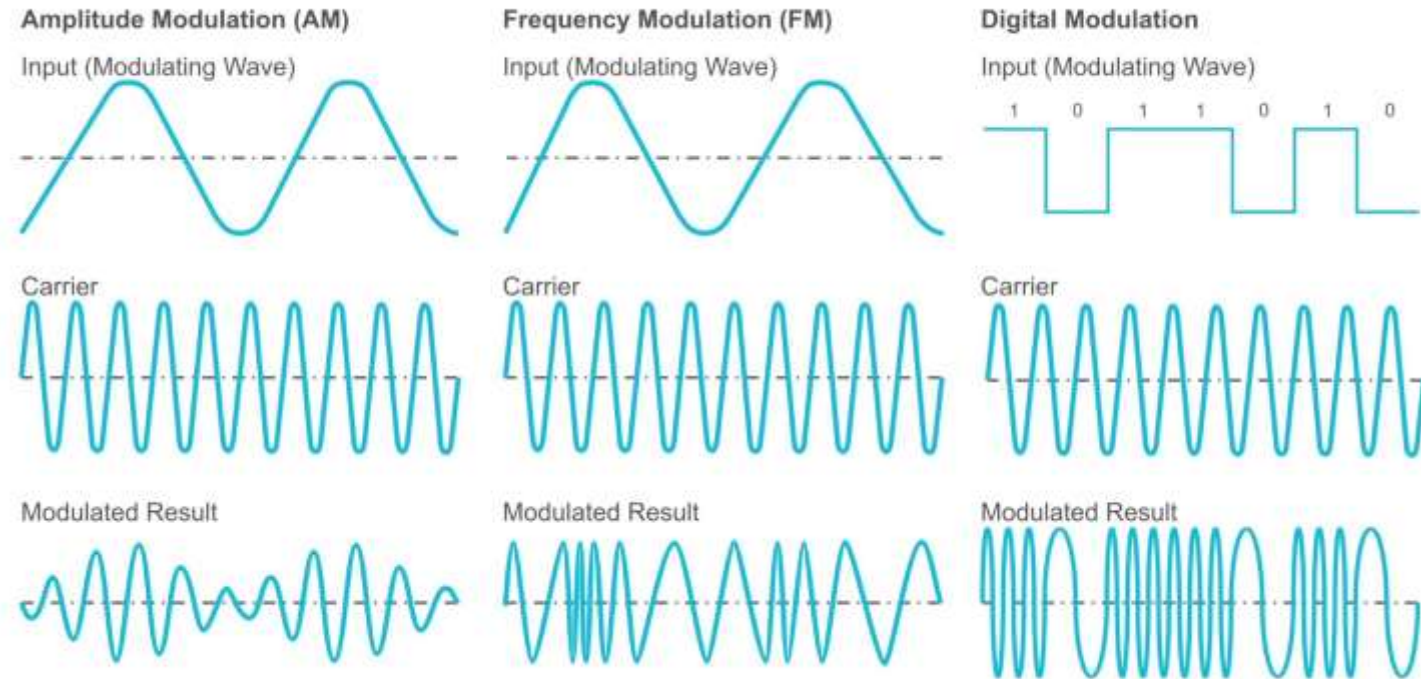
# Bandwidth

- Bandwidth menunjukkan range dari frekuensi yang digunakan. Bandwidth dapat dihitung dengan menggunakan selisih frekuensi terbesar dengan frekuensi terendah
- Dengan menggunakan bandwidth, kita dapat mengetahui berapa banyak data yang dapat ditransmisikan dalam satu channel



# Modulation

- Modulation adalah cara memodifikasi frequency atau phase untuk encode informasi
- Modulasi ini biasa digunakan untuk sinyal radio supaya dapat bergerak lebih jauh





# Signal to Noise Ratio (SNR)

- SNR menunjukkan perbedaan dari kekuatan sinyal yang diinginkan dibandingkan dengan noise-nya dalam bentuk decibel (dB).
- SNR yang tinggi menunjukkan sinyal yang jelas/sedikit noise.

$$SNR(dB) = 10\log_{10} \left( \frac{Signal\ Power}{Noise\ Power} \right)$$

# Aplikasi Atribut Sinyal

- Audio Processing (Analisis suara):
  - Frequency
  - Amplitude
  - Envelope
- Communication Systems (Transmit data secara efisien):
  - Bandwidth
  - Frequency
  - Modulation



# Konsep Fundamental

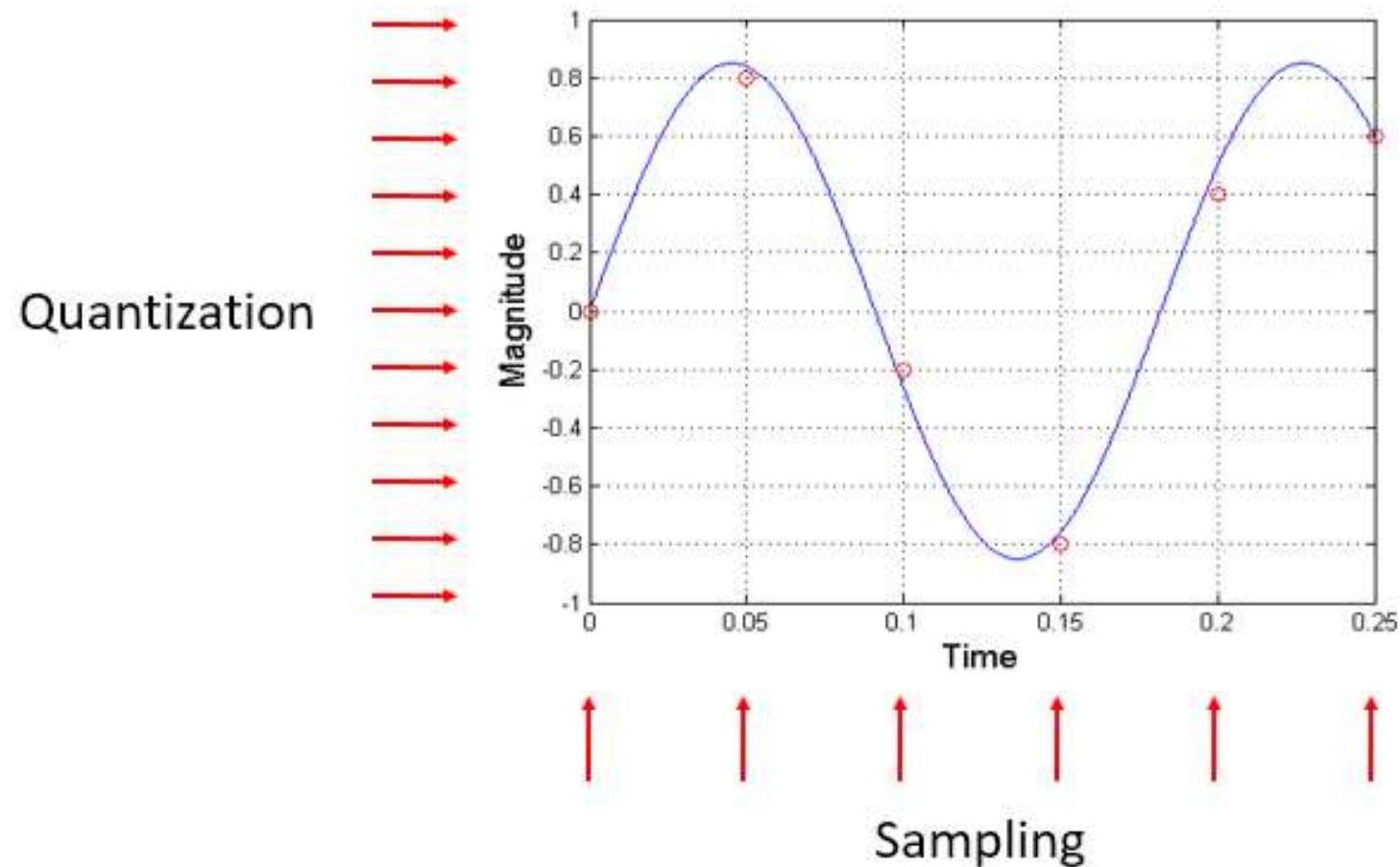
- Sampling
- Quantization
- Encoding



# Sampling dan quantization

- Sinyal asli bersifat continuous.
- Untuk melakukan processing kita membutuhkan sinyal dalam bentuk digital.
- Sampling rate digunakan untuk menentukan seberapa banyak sample yang didapat dari sinyal dalam satu detik
- Quantization digunakan untuk mengatur seberapa detail hasil sample nya dengan mengubah nilai continuous menjadi nilai diskrit.
- Nilai diskrit ini bisa dalam nilai 8-bit/16-bit pada umumnya.

# Sampling dan Quantization





# Sampling dan Quantization

- Setelah sinyal telah dikuantisasi, maka perlu dilakukan encoding.
- Encoding adalah proses mengubah intensitas sinyal menjadi nilai biner.





# Sampling rate x Duration

- Data yang dapat dijadikan suatu array untuk signal processing bergantung pada sampling rate dan durasi.
- Sampling rate: seberapa banyak sinyal yang disample dalam satu detik
- Durasi: seberapa lama kita ingin mengambil sinyalnya.
- Sebagai contoh:
  - Sampling rate 10.000 (10 kHz)
  - Durasi 1 millisecond (ms)
- Jumlah sampel dalam array adalah 10 dalam waktu 1 ms tersebut.



# Question

- Seberapa banyak sampling yang diperlukan?



# Nyquist-Shannon Theorem

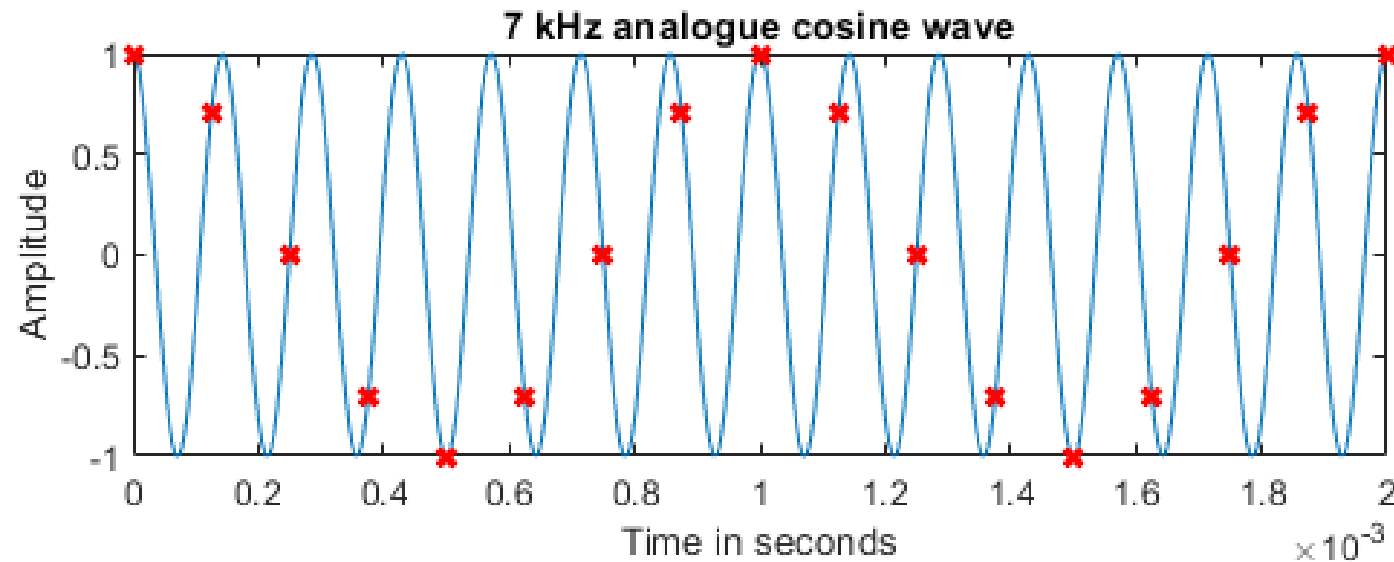
- Menurut teorema ini, untuk mendapatkan mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital tanpa kehilangan data, diperlukan sampling rate setidaknya 2 kali maksimum frekuensinya (Nyquist Rate).

$$NyquistRate = 2 * F_{max}$$

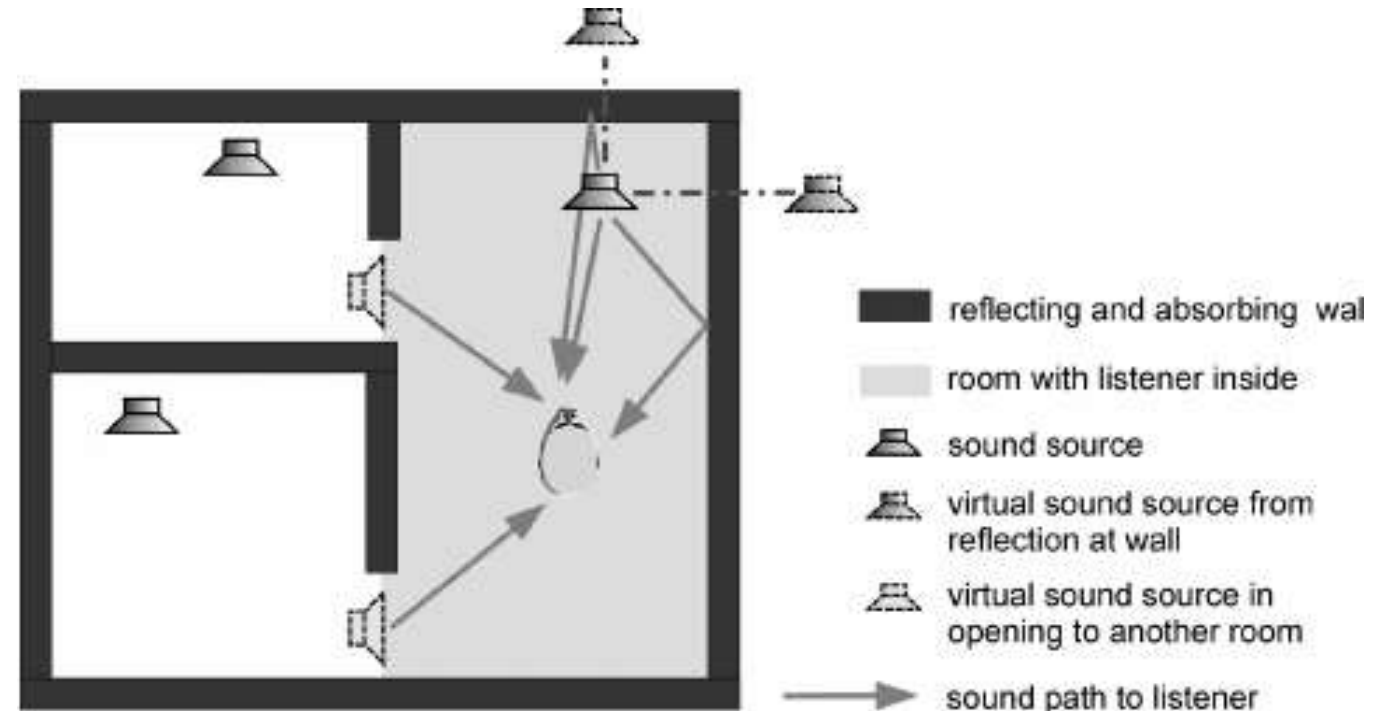
- Menurut teorema ini, apabila suatu sinyal disampling kurang dari Nyquist rate nya, kemungkinan akan terjadi aliasing.

# Aliasing

- Terjadi apabila sampling ratenya terlalu rendah.
- Aliasing ini terjadi saat sinyal yang memiliki frekuensi tinggi diinterpretasikan menjadi sinyal yang frekuensinya lebih rendah karena sampling rate yang kurang.



- Hal pertama yang penting adalah bahwa suara hampir selalu, atau pada dasarnya selalu, merupakan campuran.
- Karena suara ini akan bergerak di tikungan tempat, tidak seperti gambar misalnya.
- Sehingga pendengar akan selalu memiliki suara yang berasal dari banyak tempat. Suara ini juga akan dibawa ke dalam tanah dan dipantulkan oleh dinding.
- Semua hal ini membuat pendengar selalu memiliki banyak sumber suara: sumber yang menarik dan kemudian selalu sumber suara lainnya (noise).



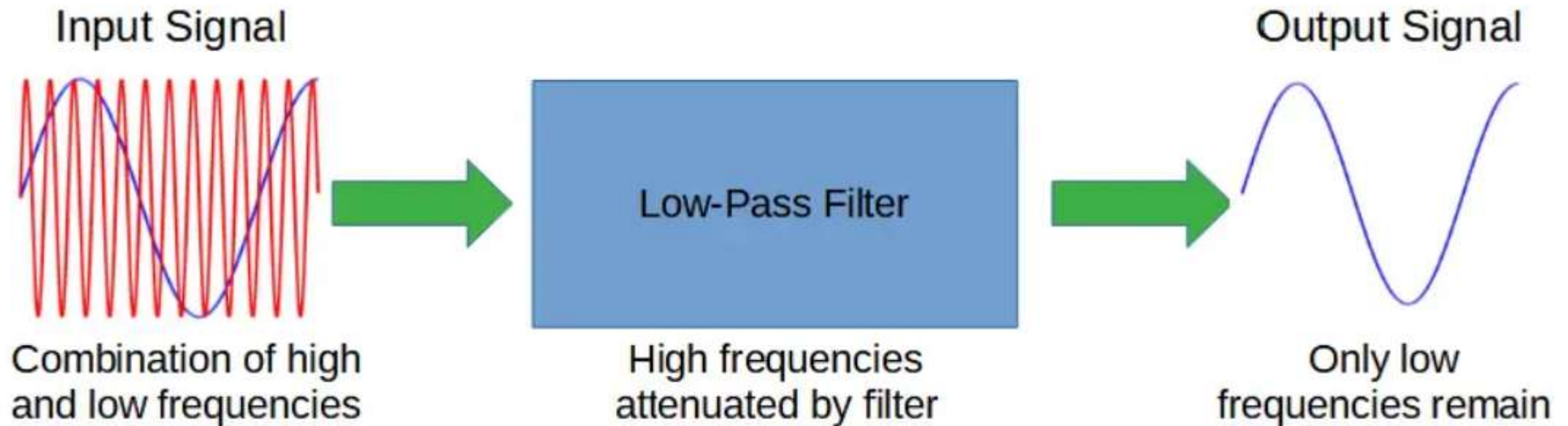


# Signal Noise Reduction

- Low Pass Filter
- High Pass Filter
- Band Pass Filter
- Fast Fourier Transform (FFT)
- Discrete Wavelet Transform (DWT)

# Low Pass Filter

- Low pass filter digunakan untuk mengambil sinyal dengan frekuensi rendah
- Hal ini berguna untuk memfilter sinyal yang noise-nya memiliki frekuensi tinggi.



# High Pass Filter

- High pass filter digunakan untuk mengambil sinyal dengan frekuensi tinggi
- Hal ini berguna untuk memfilter sinyal yang noise-nya memiliki frekuensi rendah.





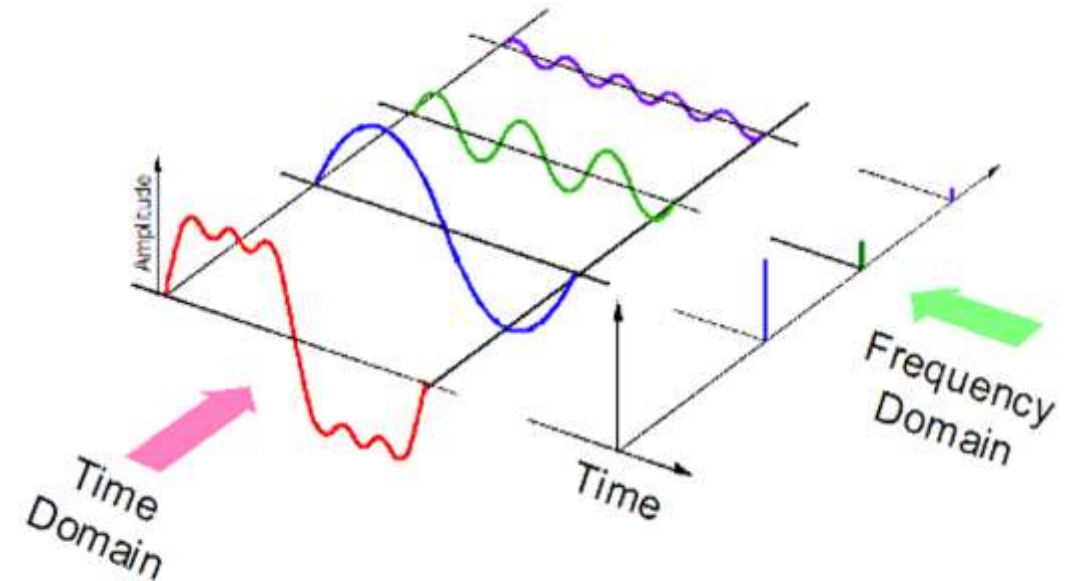


# Band Pass Filter

- Band pass filter digunakan untuk memfilter sinyal yang memiliki frekuensi dengan range tertentu
- Hal ini dapat berguna apabila suatu sinyal kita ketahui memiliki range frekuensi tertentu.

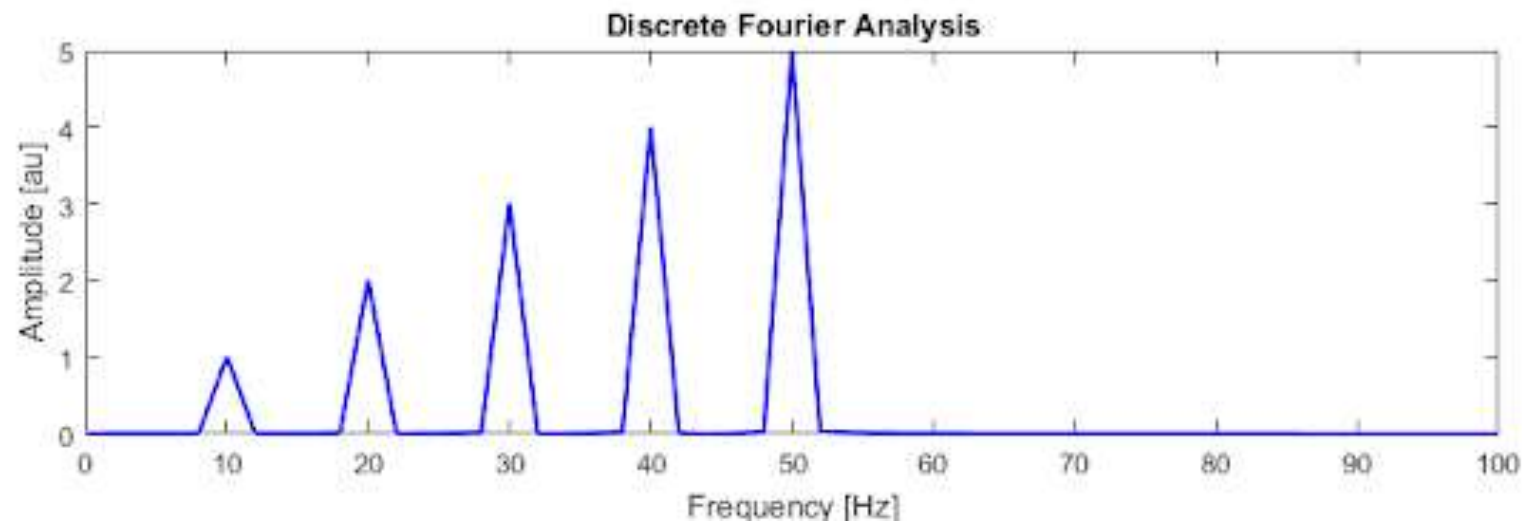
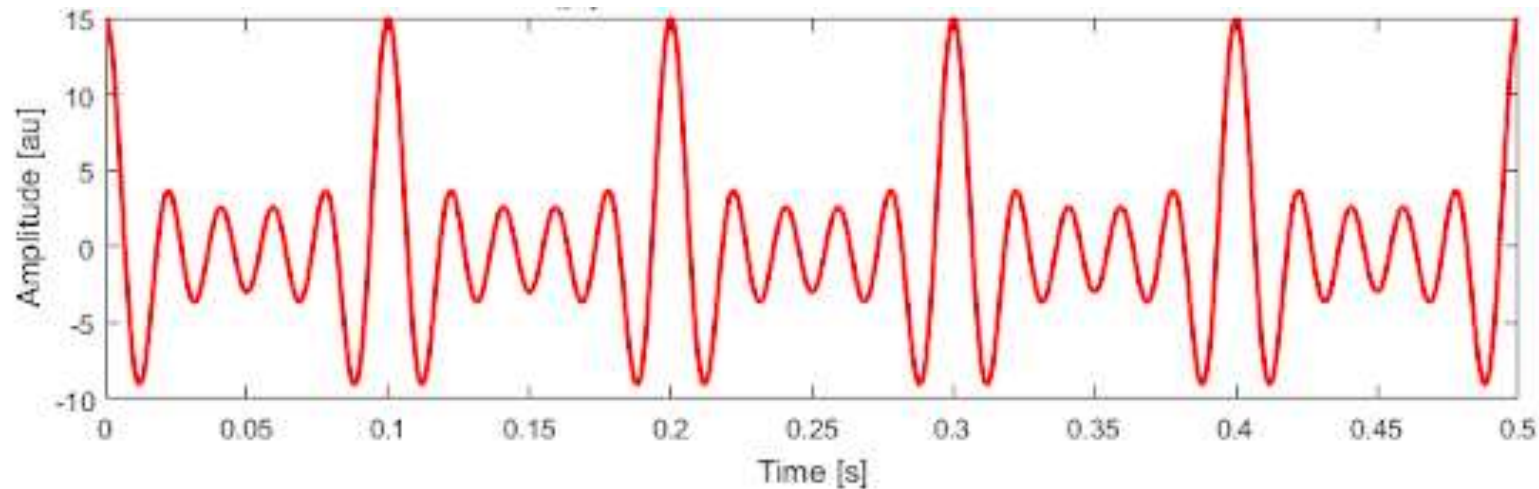
# Fast Fourier Transform (FFT)

- Fast Fourier Transform digunakan untuk denoising data sinyal pada umumnya.
- Algoritma ini bekerja dengan memecah sinyal menjadi beberapa komponen



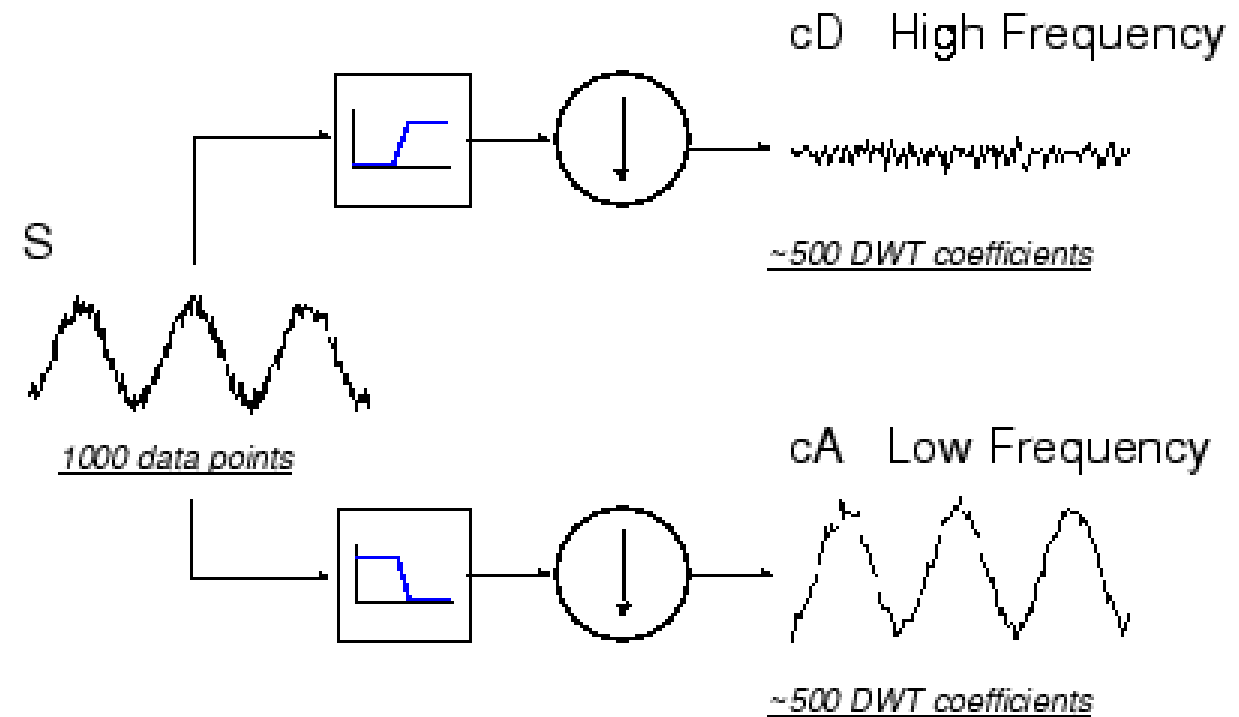


# Fast Fourier Transform (FFT)



# Discrete Wavelet Transform (DWT)

- Tidak seperti FFT yang menggunakan keseluruhan sinyal, DWT menggunakan suatu waktu (time window) yang spesifik.
- Sebuah sinyal dapat di-decompose menjadi wavelets.
  - Level 1: Decompose sinyal menjadi A1 (approximation) and D1 (detail).
  - Level 2: Decomposes A1 menjadi A2 and D2, dan seterusnya.
- Untuk mendapatkan A1 dan D1 bisa menggunakan Low Pass Filter dan High Pass Filter





# Implementasi

- Ada beberapa subbidang audio yang sangat dikenal, pengenalan suara (*speech recognition*) adalah salah satunya.
- Untuk tugas klasifikasi, misalnya pencarian kata kunci, jadi: "Hi Siri" atau "OK Google".
- Dalam analisis musik contohnya adalah klasifikasi genre.
- Dalam ekoakustik, misalnya yaitu menganalisis migrasi burung menggunakan data sensor untuk melihat polanya.
- Dalam medis misalnya untuk mendeteksi murmur jantung (suara darah yang mengalir dalam jantung) yang bisa menjadi indikasi kondisi jantung.
- Dalam kasus medis lain bisa digunakan untuk mengetahui gejala epilepsy menggunakan sinyal EEG



# Referensi

- <https://towardsdatascience.com/machine-learning-on-sound-and-audio-data-3ae03bcf5095>
- <https://www.jonnor.com/2021/12/audio-classification-with-machine-learning-europython-2019/>
- <https://opensource.com/article/19/9/audio-processing-machine-learning-python>



An aerial photograph of a modern, multi-story building with a grey facade and blue vertical accents. The building features a large rooftop terrace with numerous air conditioning units and a small outdoor area. A blue banner with the text "Terima kasih" is overlaid on the image. The building is surrounded by greenery and other structures.

# Terima kasih