



GOOD LUCK.



**YOU BELIEVE
IN LUCK?**

• SCATTEREDQUOTES.COM •



**IT'S SOMETHING
PEOPLE SAY IN
DIFFICULT
SITUATIONS.**



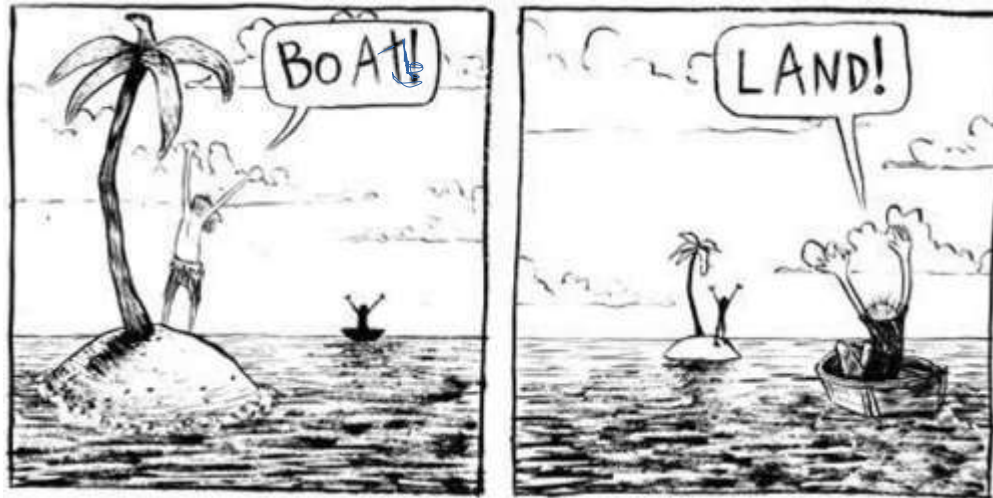
**NEITHER
DO I.**

Part II

Outline :

- *Wheezing* dari sudut pandang saya
- *Wheezing* dan Matematika; kenapa alat kita bisa mengetahui ini suara *wheezing*?
- Berapa harga alat kita? apa rencana untuk pengembangan Kedepannya?

Wheezing dari Sudut Pandang Saya



Wheezing adalah suara kontinu yang berarti akan terus berulang dalam periode tertentu

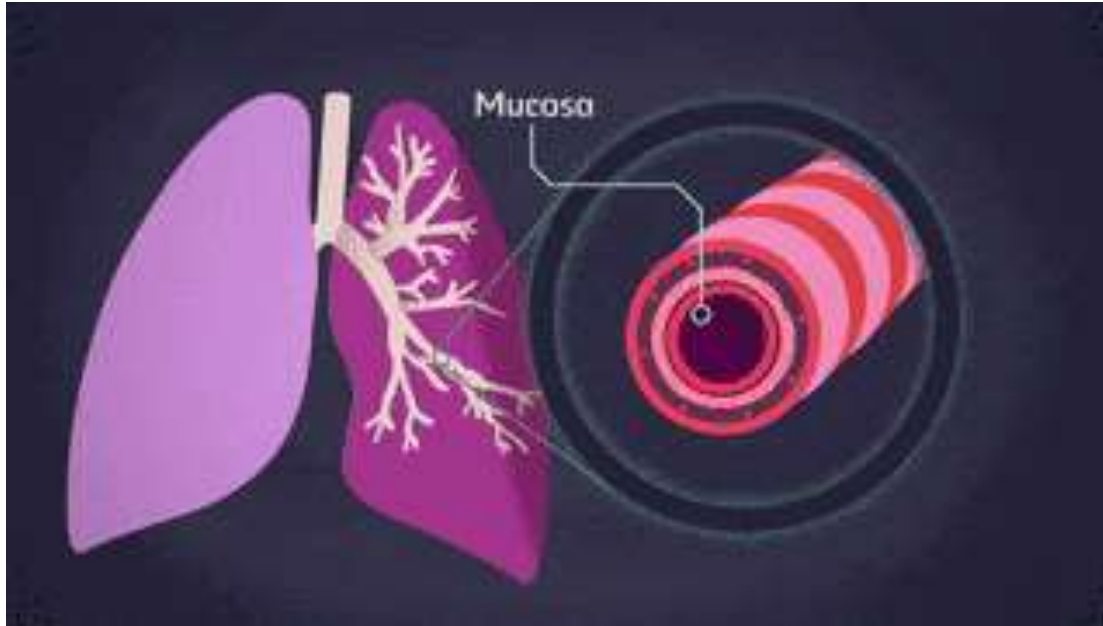


Besar kemungkinan *Wheezing* terjadi pada proses ekspirasi

Manusia biasanya bernafas sekitar 12-20 kali per menit. Hal yang kita lakukan secara otomatis dan kontinu. Proses terjadinya pertukaran O₂ dengan CO₂ di dalam paru-paru setiap 3 hingga 5 detik sekali [1].

Alat kita melakukan perekaman suara dinding dada sekitar 16 – 20 detik, ini mampu merekam *wheezing* dalam proses ekspirasi hingga 4 kali perulangan pada waktu kontinu





Rentang frekuensi suara pernapasan normal merata antara (100-1000Hz). suara wheezing, rentang frekuensi antara (250-800Hz), dan dapat disajikan sebagai pola garis sempit tertentu (amplitudo), yang dipertahankan selama sekitar 250 ms (0.25 s)



Untuk mengevaluasi suara pernapasan dengan menggunakan stateskop dikenal dengan teknik auskultasi. Teknik ini paling sering digunakan

namun memiliki beberapa kelemahan yaitu suara paru-paru berada pada frekuensi rendah.

Masalah kebisingan lingkungan, kepekaan telinga, hasil analisa yang subjektif, dan pola suara yang hampir mirip.



Maka Kita akan mulai dengan mengekstrak ciri suara dengan MFCC. Suara paru-paru akan dihitung *Coefficient Cepstral* nya sebagai ciri dari masing-masing suara (normal & *wheezing*) untuk selanjutnya dikenali dengan menggunakan algoritma *Machine Learning*

Wheezing dan Matematika

Kenapa alat kita bisa mengetahui ini suara *wheezing*?



Peringatan : bagian ini dapat membuat mata mengantuk

INTERMEZZO

Alam semesta memiliki banyak misteri yang hanya ada di kertas dalam bahasa matematika dan tidak mampu dibuktikan, tapi dipercayai.



Galileo Galilei disebut
bapak sains modern
dihukum karena mengatakan
matahari pusat tata surya
1615 M. Benarkah?

INTERMEZZO

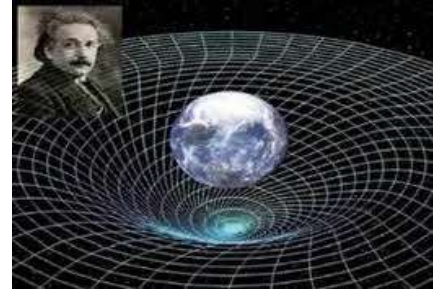


1678 M, Sir Isaac Newton mencoba untuk merasionalkan Galileo dengan menyebutkan bumi memiliki gaya tarik, tetapi melawan hukum kekekalan energi. Memiliki gaya tarik tapi tidak memiliki gaya tolak.

1905 M, pemuda berusia 26 tahun bernama Einstein mematahkan gravitasi, ia berkata matematika newton lemah. benda jatuh bukan karena gaya tarik tetapi karena ruang dan waktu yang melengkung



INTERMEZZO



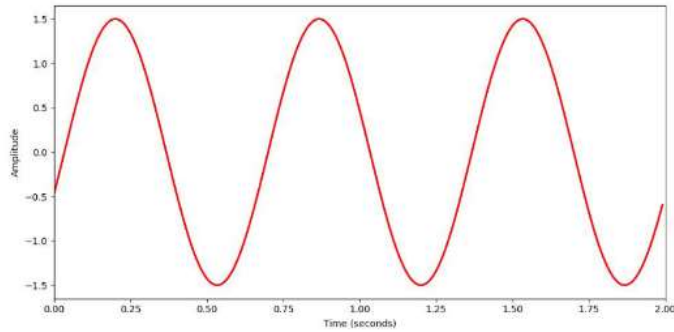
Kita bisa menerima semua ini tanpa harus mengetahui matematika apa yang terjadi dibelakangnya, Kenapa?

Today's scientists have substituted mathematics for experiments, and they wander off through equation after equation, and eventually build a structure which has no relation to reality.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Apa yang ingin saya sampaikan? Ini bukan fisika tetapi matematika. Saya adalah orang yang lemah dalam matematika, diawal sikap saya tidak ingin untuk menjelaskan apa yang terjadi “di belakang layar” saat memproses suara, kenapa? Karena ini sulit dan saya tidak ada teman untuk menyelesaikan persoalan ini. Pemograman menjadi hal yang sederhana karena ada *tools*, *framework*, dan *Library* “ibarat membangun rumah, tidak harus membuat batubata, keramik, pintu dari awal karena sudah ada yang jadi” *audio processing* dilakukan dengan pemograman. Saya sudah coba jelaskan dengan sederhana tanpa rumus pada ppt “escaped from scratch” yang lalu.

tapi sepertinya penguji PIMNAS, akan mempertanyakan ini. Baiklah dengan terpaksa saya meminta teman teman untuk pahami prosesnya. Bismillah



$$y(t) = A \sin(2\pi ft + \varphi)$$

1. Ini persamaan gelombang sinusoidal bersifat kontinu

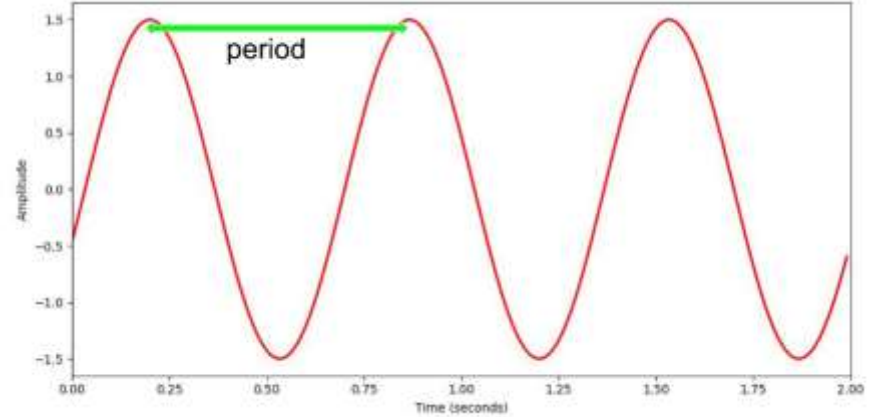
y = simpangan (m);

A = amplitudo gelombang (m);

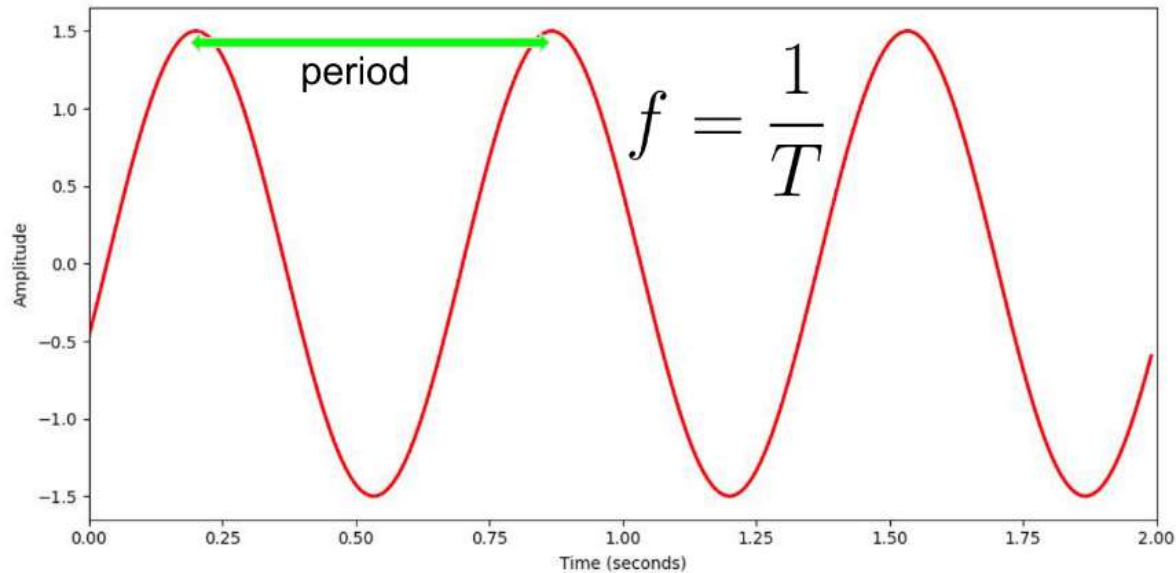
ω = kecepatan sudut gelombang (rad/s);

t = lamanya gelombang beretar (s);

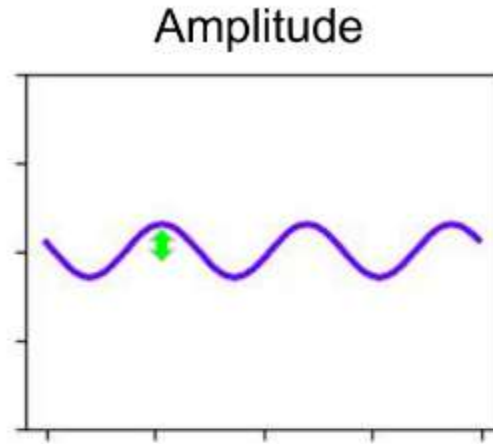
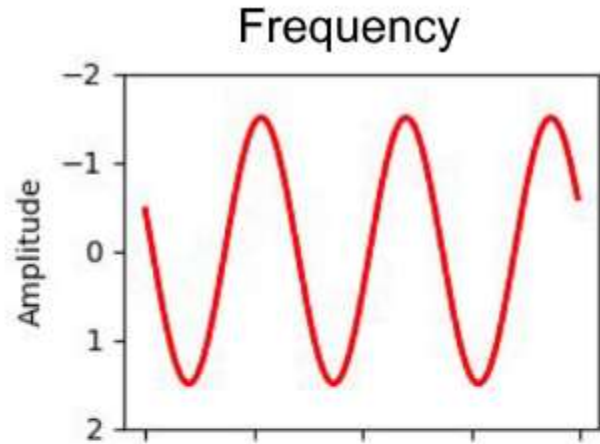
F = frekuensi (Hz)



2. Periode adalah waktu terjadinya 1 kali gelombang (1 bukit 1 lembah)

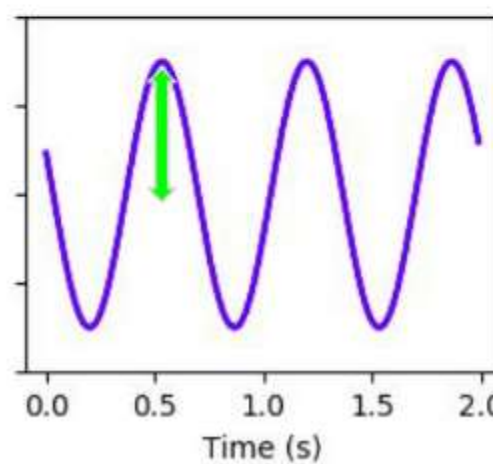
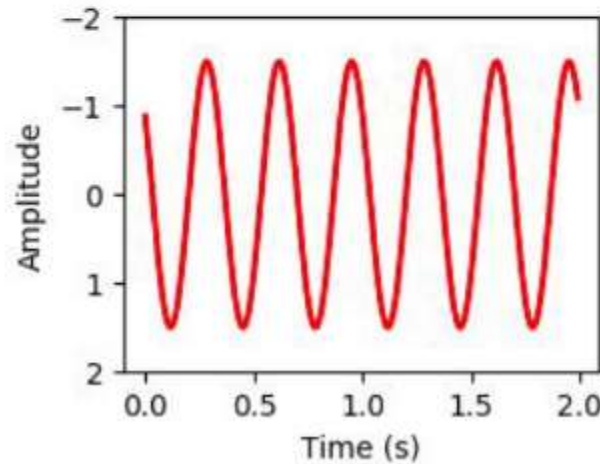


Ini adalah frekuensi, kita mengetahui rentang frekuensi *wheezing*, maka dari situ kita mendapatkan informasi periode *wheezing* dengan rumus $T = 1/f$.



higher frequency -> higher sound

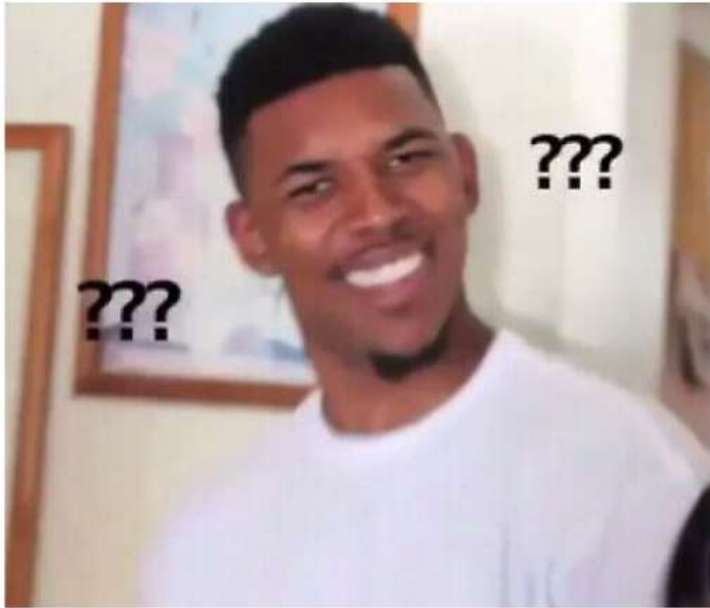
larger amplitude -> louder



Wheezing merupakan jenis suara yang bersifat kontinyu, memiliki *pitch* yang tinggi.

Pitch adalah rendahnya atau tingginya suara yang ditentukan oleh frekuensi

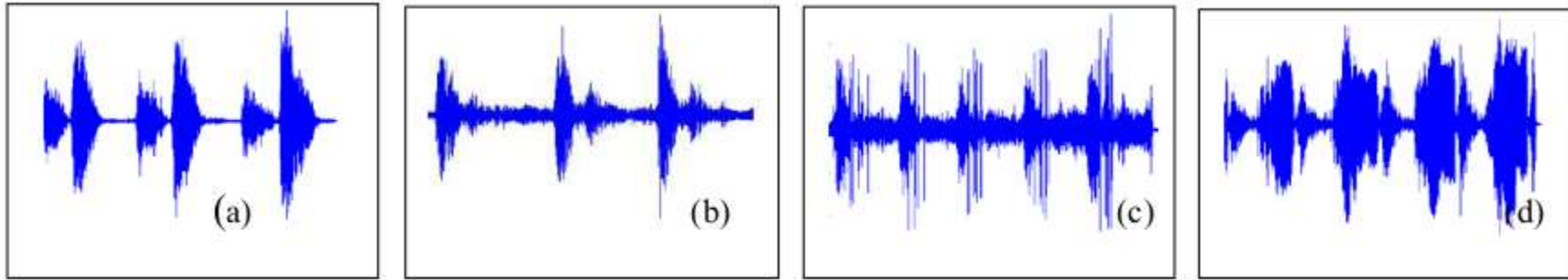
Intensitas Suara



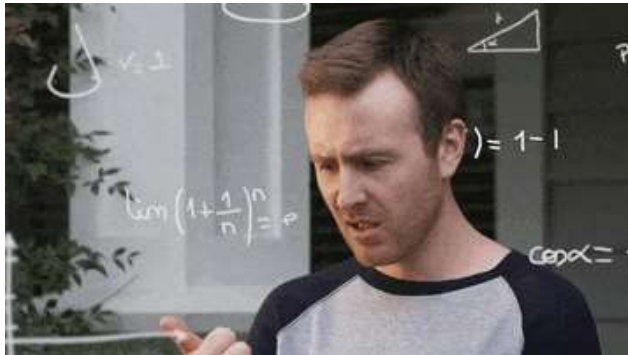
Intensitas suara dapat didefinisikan sebagai daya per satuan luas yang dibawa oleh gelombang. Tingkat intensitas suara lebih sering dinyatakan dalam desibel (dB).

$$dB(I) = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{I}{I_{TOH}}\right)$$

Dan apakah kita gunakan ini dalam menentukan suara *wheezing*?

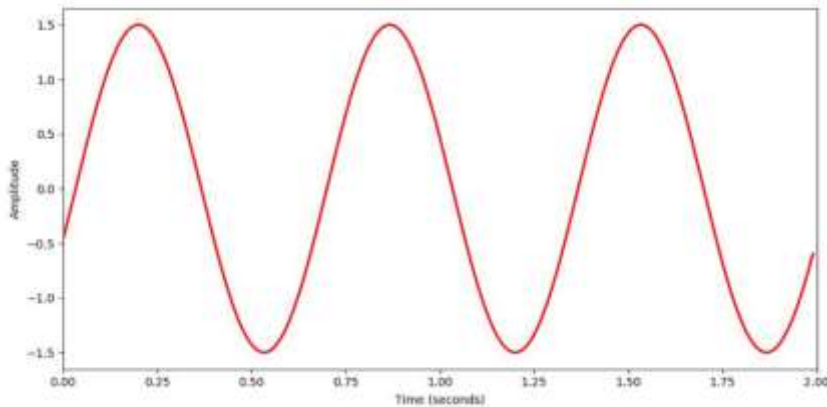


Gambar ini adalah Jenis Suara Paru-Paru. (a) *Tracheal* (b) *Vesicular* (c) *Crackle* (d) *Wheeze*



Apakah kita bisa melihat mana frekuensi, pitch, amplitudo dan periodenya? Tentu saja tidak, disinilah kita akan mengolah suara tersebut

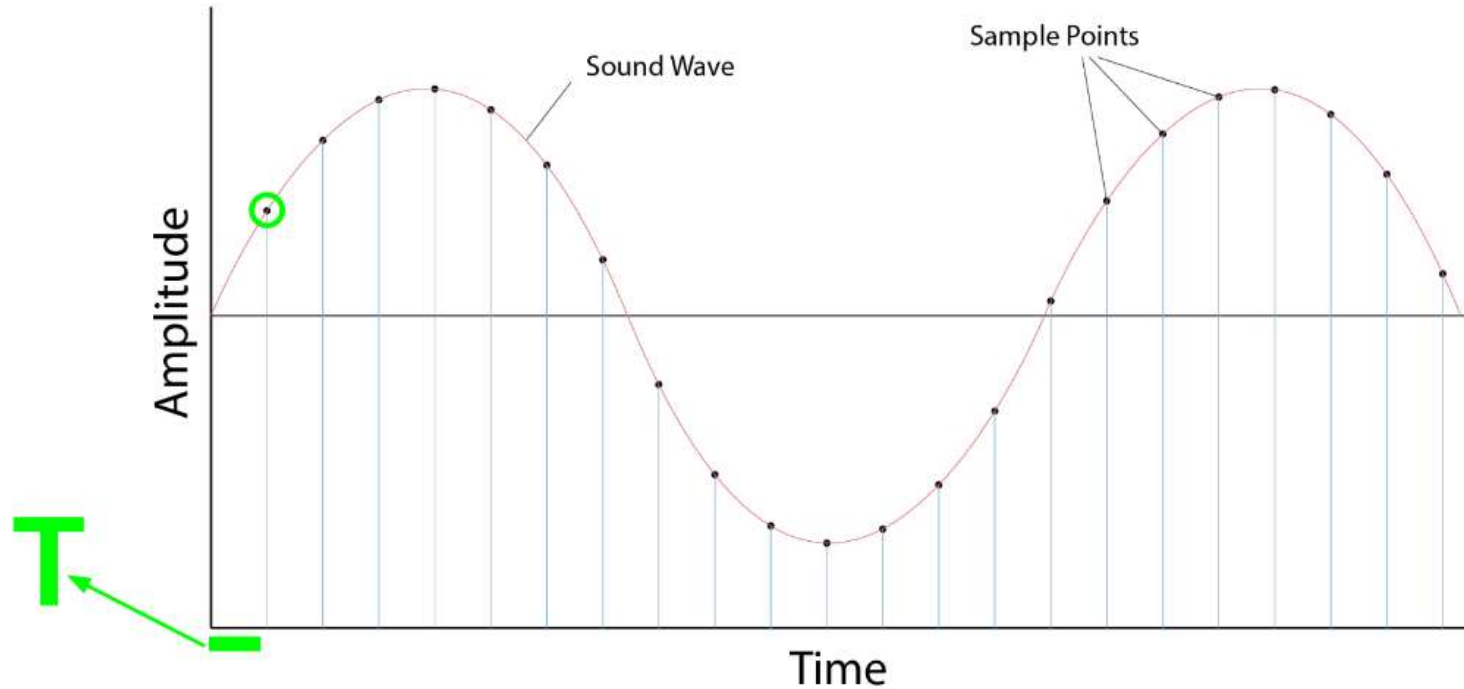
Yang pertama kali kita lakukan tentu merubah sinyal analog menjadi sinyal digital agar dapat di proses



Gelombang ini akan kita ubah ke digital format dengan langkah :

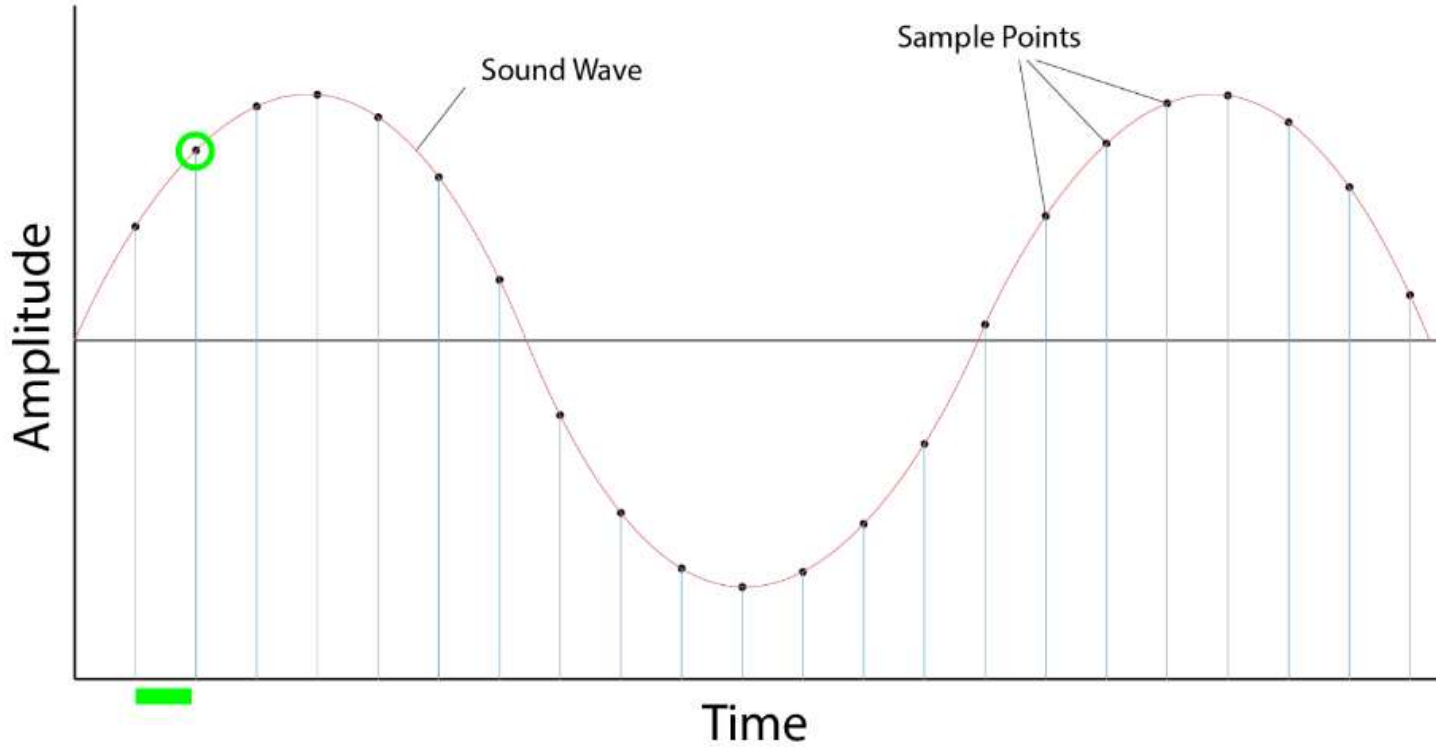
1. Urutan nilai diskrit, titik data hanya dapat mengambil sejumlah nilai yang terbatas
2. melakukan sampling dan kuantisasi

Apa itu Sampling?



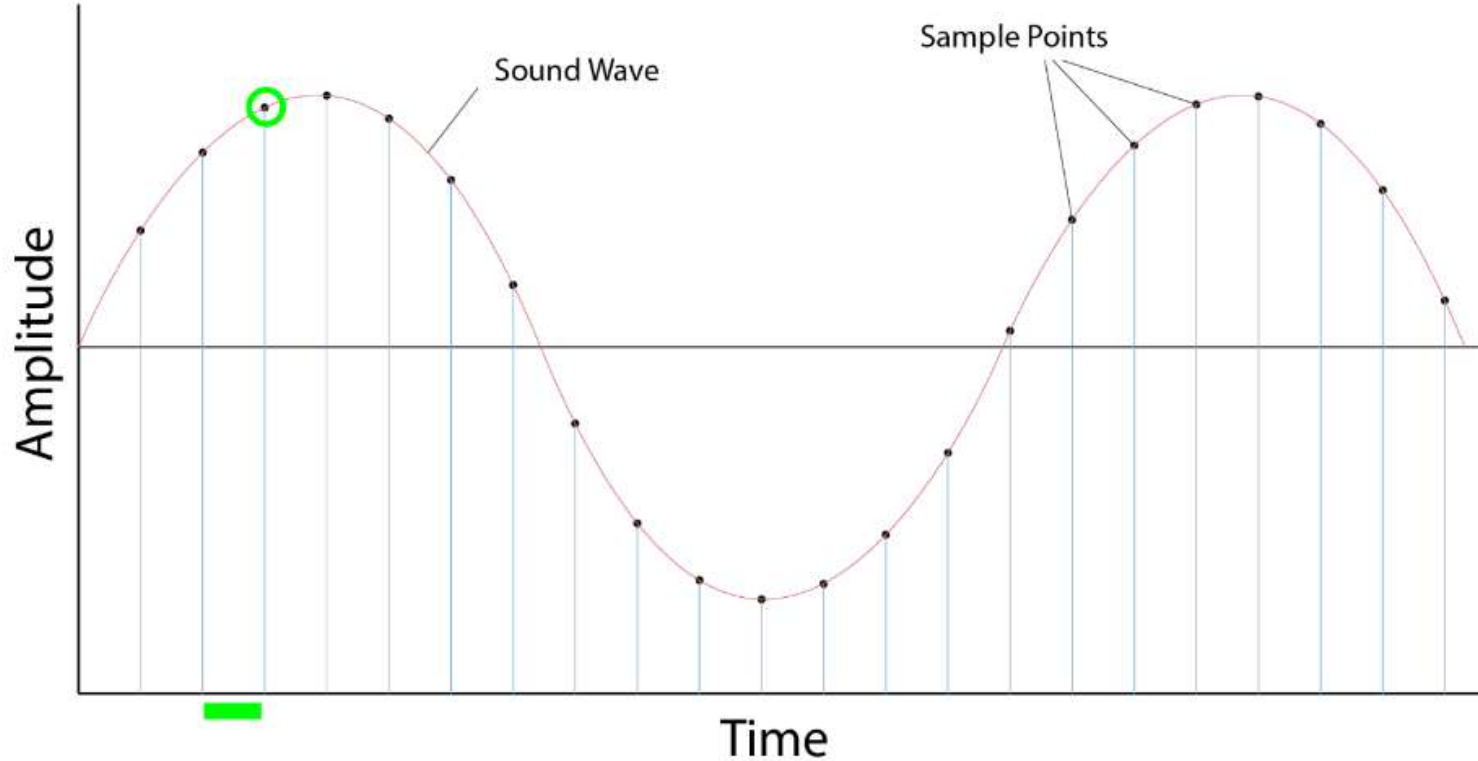
Kita mengambil data pada waktu tertentu

Apa itu Sampling?



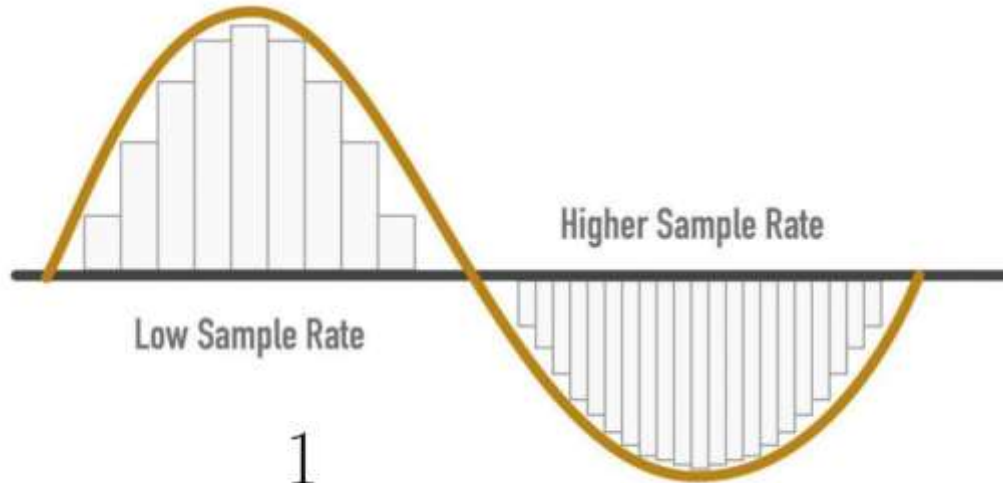
Kita mengambil data pada waktu tertentu

Apa itu Sampling?



Kita mengambil data pada waktu tertentu

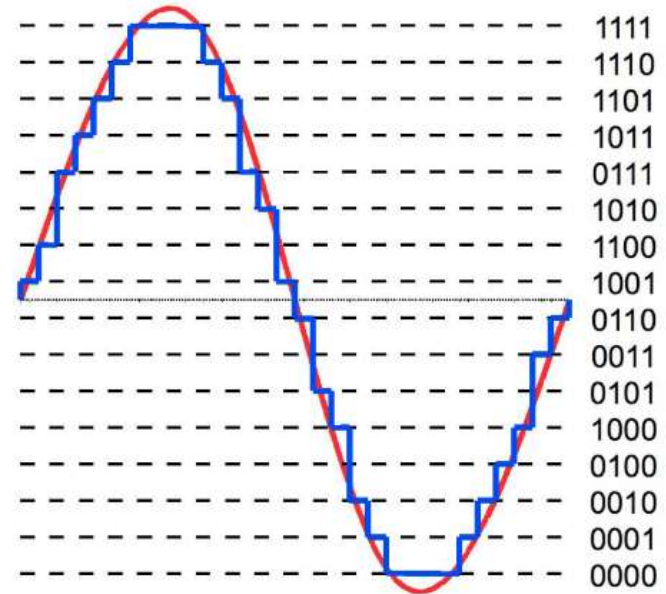
1. Sampling



$$s_r = \frac{1}{T}$$

Dalam proses sampling, sinyal suara yang diambil akan menjadi gelombang sinyal diskrit.

2. kuantisasi



Kuantisasi merubah nilai kedalam biner

INTERMEZZO

Apa itu biner?

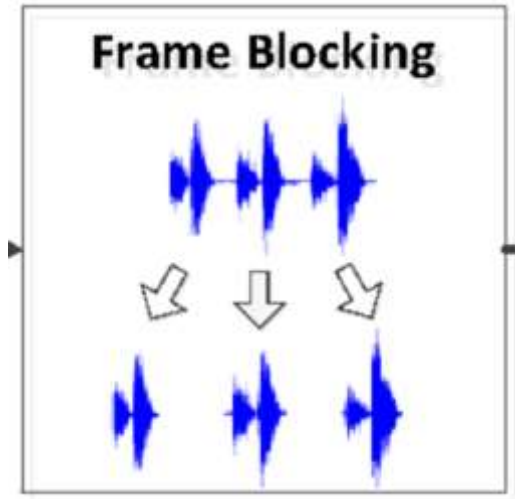
Sistem bilangan biner atau sistem bilangan basis dua adalah sebuah sistem penulisan angka dengan menggunakan dua simbol yaitu 0 dan 1. sistem dasar komputer di bangun dengan bilangan ini, 0 artinya mati 1 artinya hidup.



Al-Khawarizmi: Penemu Angka Nol dan Bapak Aljabar Dunia

Langkah – langkah Audio Processing

1. Framing



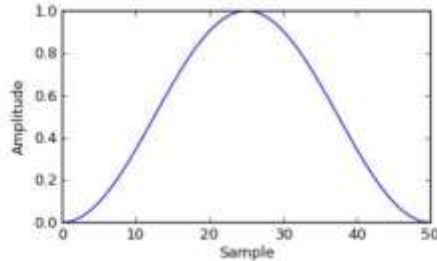
Suara pasien yang direkam adalah 16 – 20 detik, dilakukan frame selama 5 detik agar memudahkan untuk mendeteksi *wheezing*

Framing merupakan proses dimana sinyal data masukan akan dibentuk dalam frame-frame. Dalam bentuk frame ini data akan lebih mudah untuk diketahui, sehingga tidak perlu memeriksa sinyal data secara keseluruhan secara langsung. Data akan diperiksa setiap frame sebesar nilai panjang frame yang telah ditentukan.

Langkah – langkah Audio Processing

2. Windowing

$$w(k) = 0.5 \cdot (1 - \cos(\frac{2\pi k}{K-1})), k = 1 \dots K$$

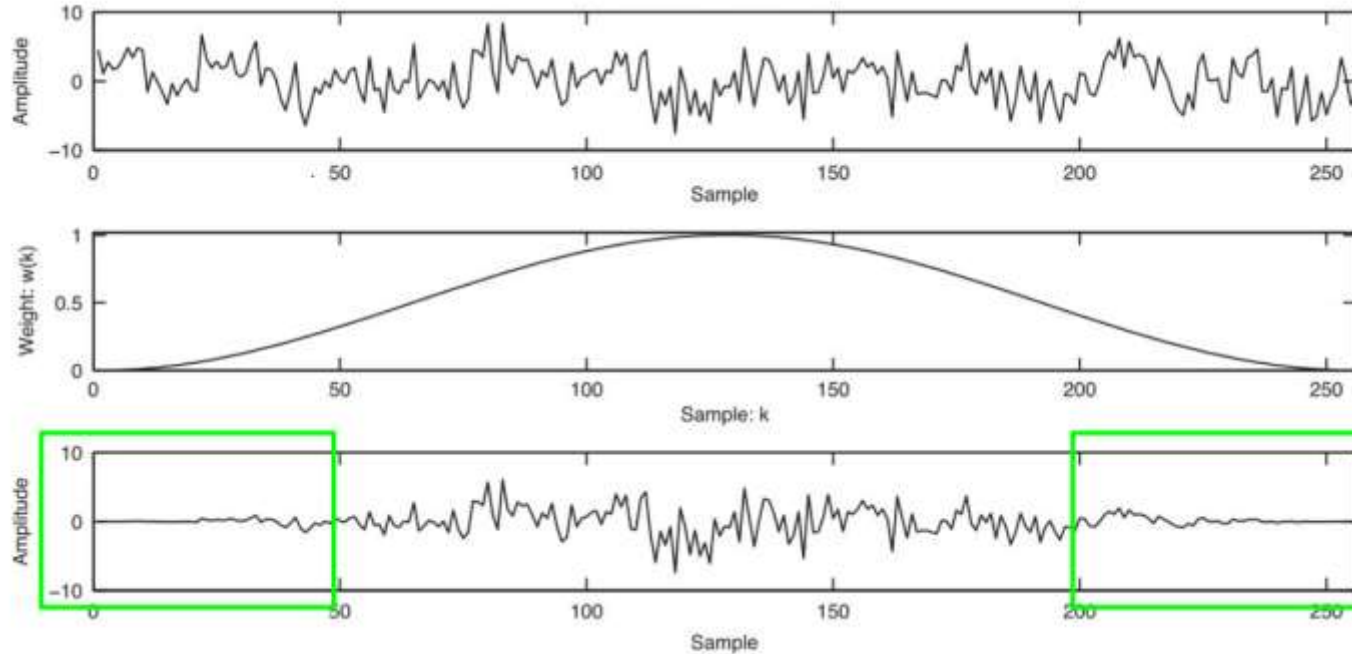


Windowing merupakan tahapan untuk menetralsir diskontinuitas sinyal pada awalan dan akhir tiap bentuk data sinyal dengan melakukan proses dari fungsi window

Windowing berfungsi untuk membuat pola pada sinyal, sehingga dapat diproses dalam tahapan selanjutnya.

2. Windowing

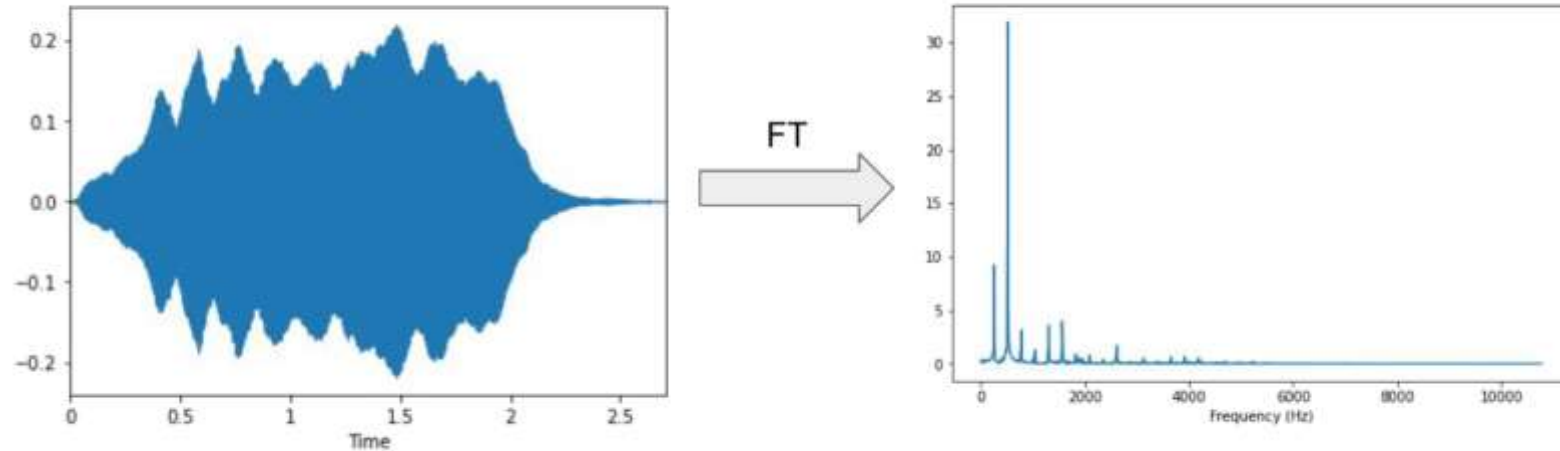
Langkah – langkah Audio Processing



Keterangan : gambar paling atas adalah sinyal sesudah dilakukan farming, gambar di tengah adalah fungsi windowing, gambar dibawah hasil dari penggabungan keduanya

Langkah – langkah Audio Processing

3. *Fourier Transform* :



Waktu 5 detik

Frekuensi suara

Setelah kita melakukan Framing dan windowing selanjutnya adalah melakukan transformasi sinyal. “ini dilakukan dalam computer” tapi kita bertanya “what inside?”

3. Fourier Transform :

$$\varphi_f = \operatorname{argmax}_{\varphi \in [0,1)} \left(\int s(t) \cdot \sin(2\pi \cdot (ft - \varphi)) \cdot dt \right)$$
$$d_f = \max_{\varphi \in [0,1)} \left(\int s(t) \cdot \sin(2\pi \cdot (ft - \varphi)) \cdot dt \right)$$

$$\int s(t) \cdot \sin(2\pi \cdot (ft - \varphi)) \cdot dt$$

1. Melakukan penjumlahan sinyal suara

$$\left(\int s(t) \cdot \sin(2\pi \cdot (ft - \varphi)) \cdot dt \right)$$

2. Menghitung jumlah Area sinyal suara

$$\operatorname{argmax}_{\varphi \in [0,1)}$$

3. Memilih phasa pada area

$$\max_{\varphi \in [0,1)}$$

4. Memilih Area Maksimum [0.1]

$$t \in \mathbb{R} \quad f \in \mathbb{R}$$

5. Waktu dan frekuensi anggota bilangan real

3. Fourier Transform Bilangan Complex

$$\varphi_f = \operatorname{argmax}_{\varphi \in [0,1)} \left(\int s(t) \cdot \sin(2\pi \cdot (ft - \varphi)) \cdot dt \right)$$
$$d_f = \max_{\varphi \in [0,1)} \left(\int s(t) \cdot \sin(2\pi \cdot (ft - \varphi)) \cdot dt \right)$$

$$c = |c| \cdot e^{i\gamma}$$

Bilangan Complex untuk audio signal processing

1. jarak skala dari asal
2. arah bilangan pada bidang kompleks

$$c_f = \frac{d_f}{\sqrt{2}} \cdot e^{-i2\pi\varphi_f}$$

$$\hat{g}(f) = c_f$$
$$\hat{g} : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$$

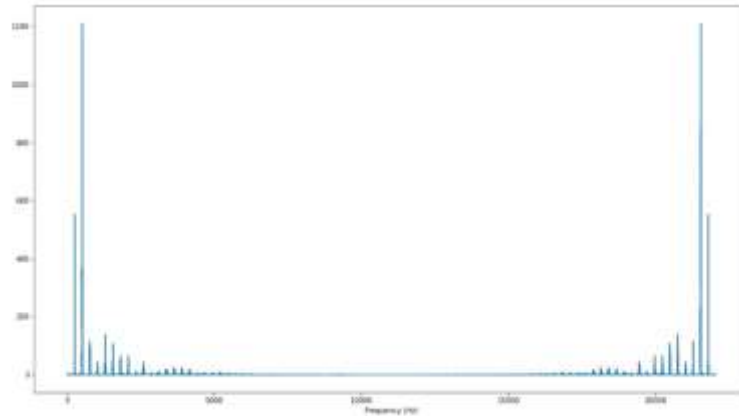
Complex Fourier Transform

$$e^{i\gamma} = \cos(\gamma) + i \sin(\gamma)$$

$$\hat{g}(f) = \int g(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt$$

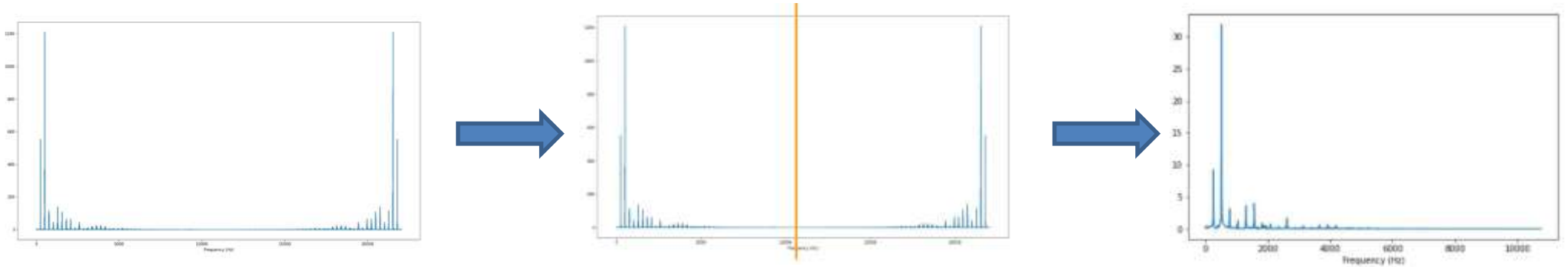
3. *Fourier Transform* : Membangun *Discrete Fourier Transform*

$$\begin{array}{l} g(t) \mapsto x(n) \\ t = nT \end{array} \quad \longrightarrow \quad \begin{array}{l} \hat{g}(f) = \int g(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt \\ \hat{x}(f) = \sum_n x(n) \cdot e^{-i2\pi fn} \end{array} \quad \longrightarrow \quad \hat{x}(f) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-i2\pi fn}$$



Sinyal yang dihasilkan. Tapi...

3. Fourier Transform : redundansi pada Discrete Fourier Transform

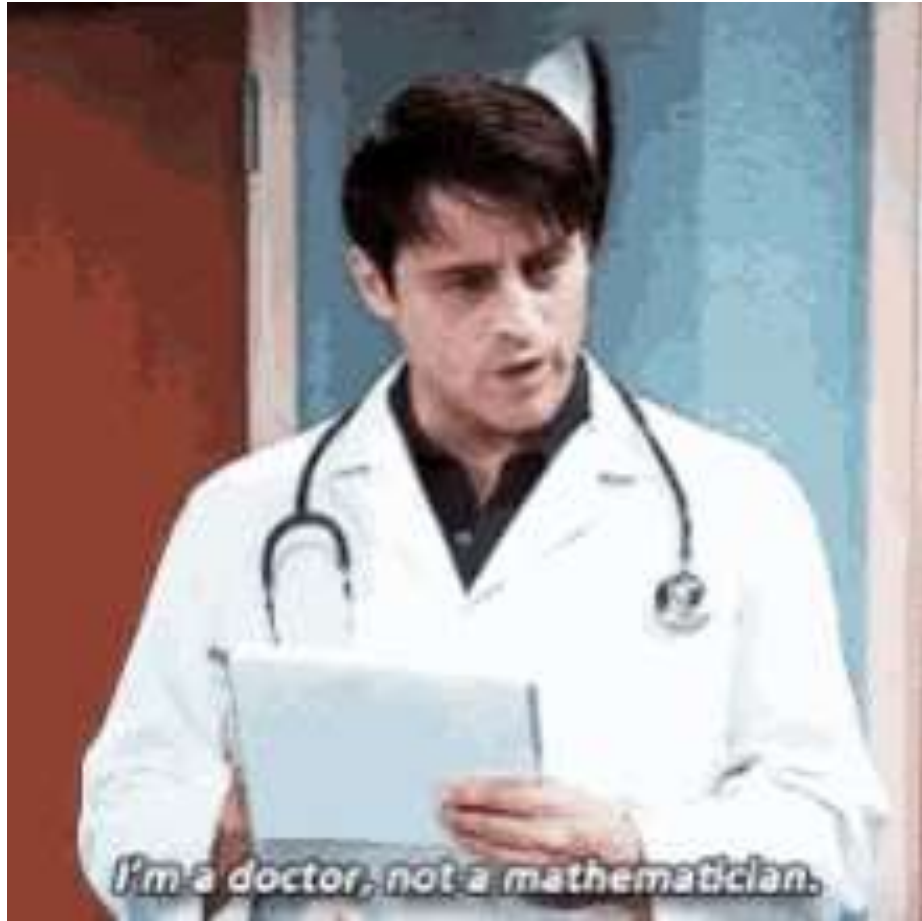


$$k = [0, M - 1] = [0, N - 1] \rightarrow F(k) = \frac{k}{NT} = \frac{k s_r}{N} \rightarrow k = N/2 \rightarrow F(N/2) = s_r/2$$

$$\hat{x}(k/N) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-i2\pi n \frac{k}{N}}$$

Nyquist Frequency

Discrete Fourier Transform (DFT) adalah salah satu bentuk transformasi Fourier di mana sebagai ganti integral, digunakan penjumlahan. Digunakan untuk menganalisis frekuensi



let's
coding

3. Fourier Transform : Coding Fast Fourier Transform

```
import os
import matplotlib.pyplot as plt
import librosa, librosa.display
import IPython.display as ipd
import numpy as np

BASE_FOLDER = "/home/fw/Documents"
wheezing_sound_file = "tes.wav"
ipd.Audio(os.path.join(BASE_FOLDER, wheezing_sound_file))
wheezing_c4, sr = librosa.load(os.path.join(BASE_FOLDER, wheezing_sound_file))
X = np.fft.fft(wheezing_c4)
def plot_magnitude_spectrum(signal, sr, title, f_ratio=1):
    X = np.fft.fft(signal)
    X_mag = np.absolute(X)

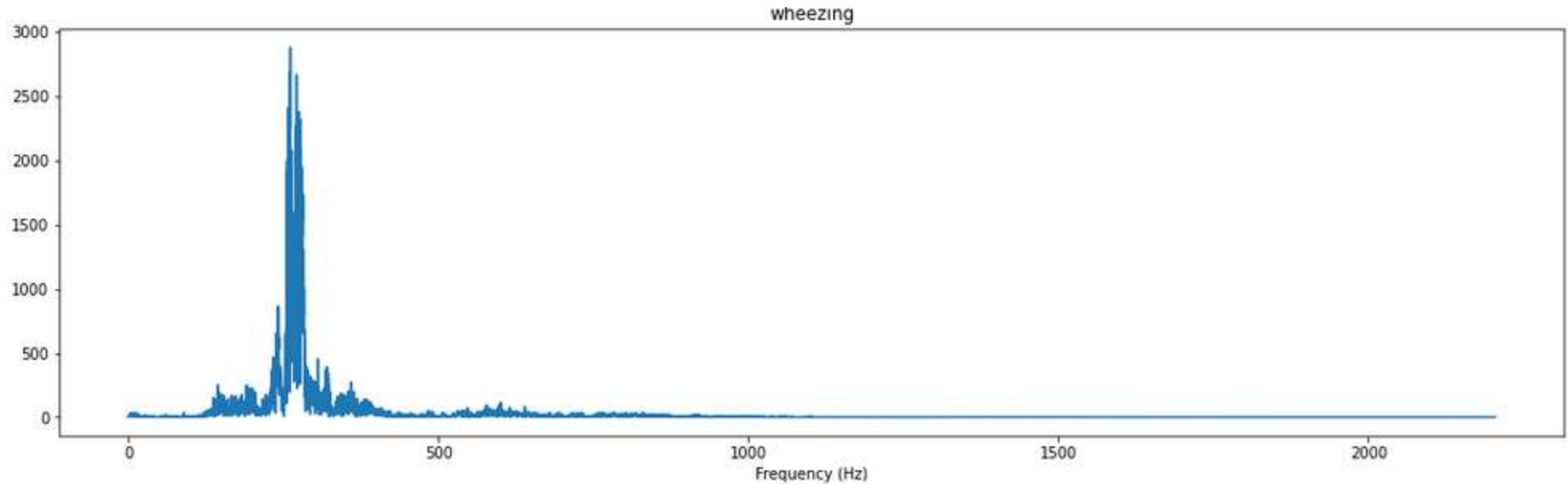
    plt.figure(figsize=(18, 5))

    f = np.linspace(0, sr, len(X_mag))
    f_bins = int(len(X_mag)*f_ratio)

    plt.plot(f[:f_bins], X_mag[:f_bins])
    plt.xlabel('Frequency (Hz)')
    plt.title(title)

plot_magnitude_spectrum(wheezing_c4, sr, "wheezing", 0.1)
```

3. *Fourier Transform* : Hasil Coding *Fast Fourier Transform*



Hasil sinyal suara wheezing (5 detik) setelah di transform sumbu x adalah frekuensi, sumbu ya adalah magnitude

Langkah – langkah Audio Processing

4. *Extracting Spectrograms : Coding*

```
import os
import librosa
import librosa.display
import IPython.display as ipd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

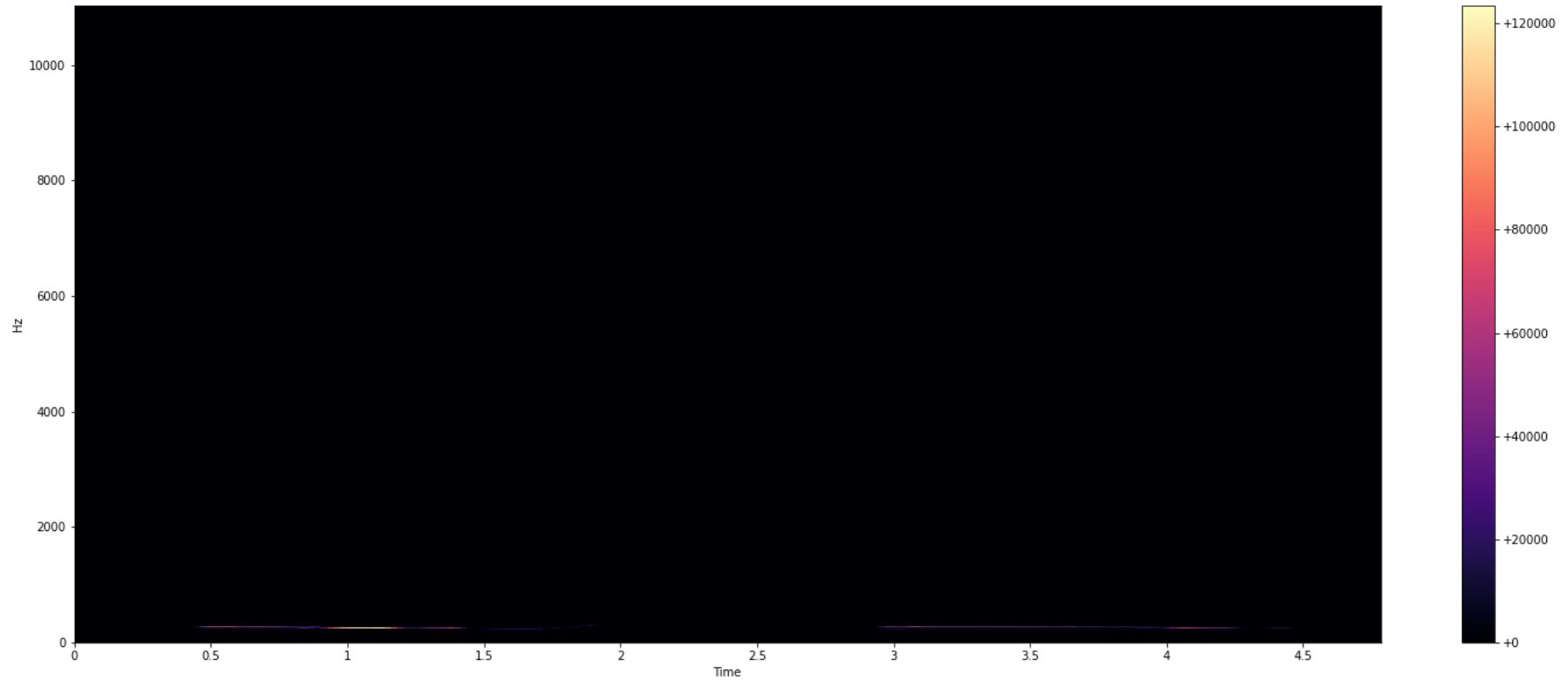
wheezing_file = "tes.wav"
ipd.Audio(wheezing_file)
wheezing, sr = librosa.load(wheezing_file)
FRAME_SIZE = 2048
HOP_SIZE = 512

S_wheezing = librosa.stft(wheezing, n_fft=FRAME_SIZE, hop_length=HOP_SIZE)
Y_wheezing = np.abs(S_wheezing) ** 2
def plot_spectrogram(Y, sr, hop_length, y_axis="linear"):
    plt.figure(figsize=(25, 10))
    librosa.display.specshow(Y,
                             sr=sr,
                             hop_length=hop_length,
                             x_axis="time",
                             y_axis=y_axis)
    plt.colorbar(format="%+2.f")

Y_log_wheezing = librosa.power_to_db(Y_wheezing)
plot_spectrogram(Y_log_wheezing, sr, HOP_SIZE)

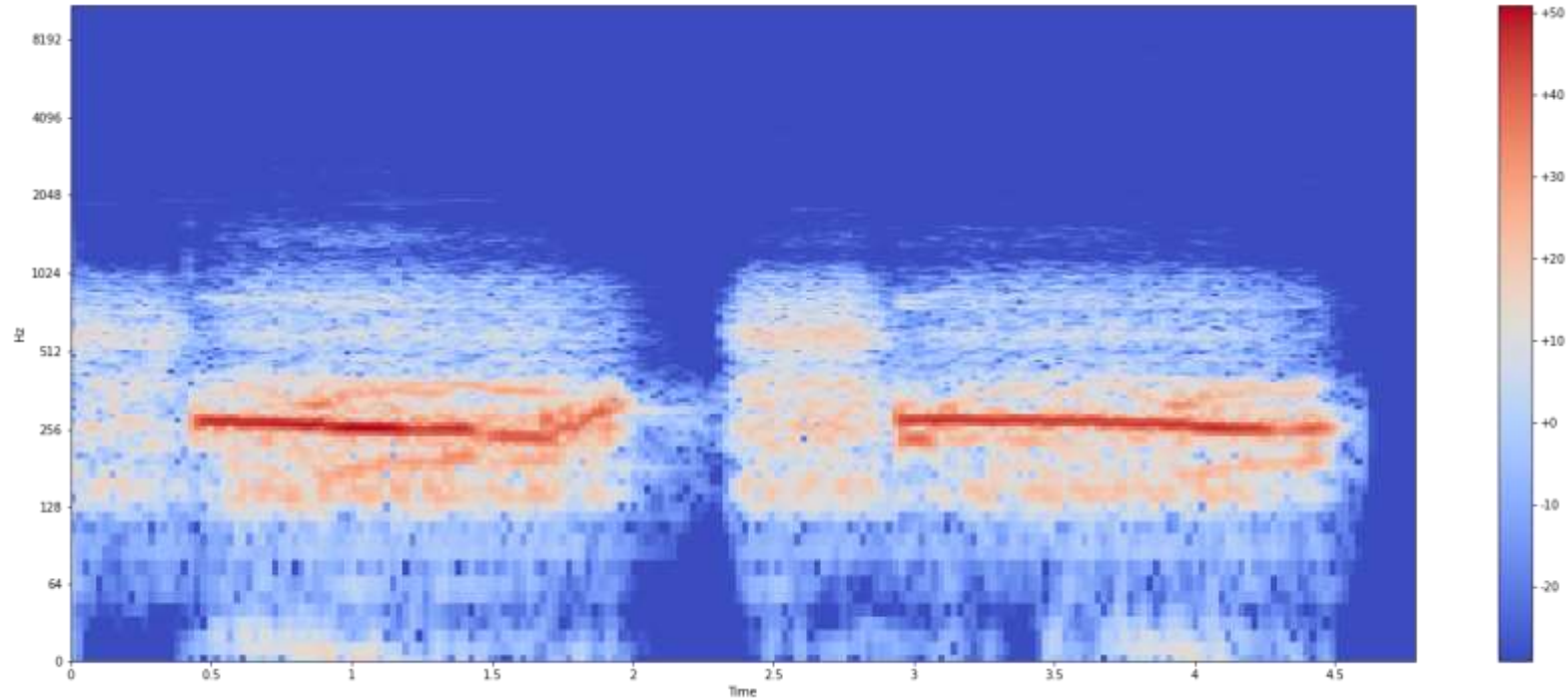
plot_spectrogram(Y_log_wheezing, sr, HOP_SIZE, y_axis="log")
```

4. *Extracting Spectrograms* : Hasil Coding



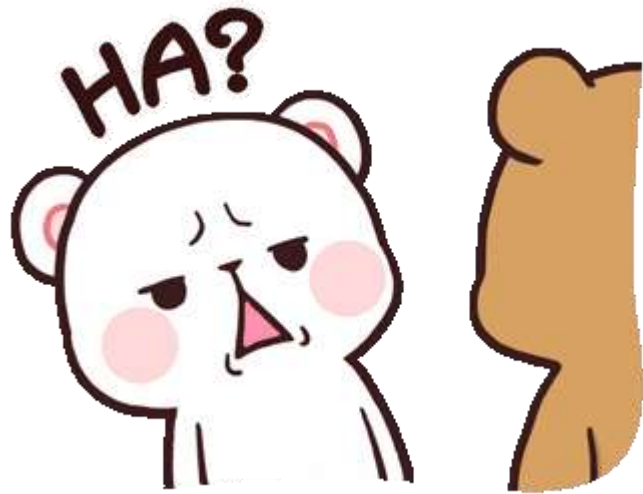
Ini adalah tampilan pertama, Nampak sedikit tidak enak untuk dilihat

4. *Extracting Spectrograms* : Hasil Coding



Disini kita merubah “amplitude squared” ke dalam “desibel unit”

y axis = frekuensi, x axis = waktu

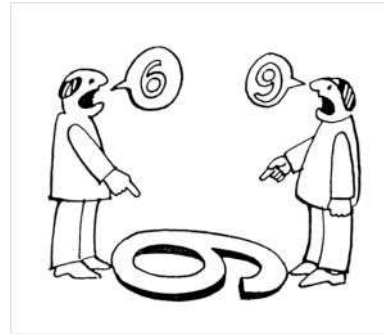


ANY QUESTION?

WE HAVE PROBLEM

“humans perceive frequency logarithmically” apa artinya?

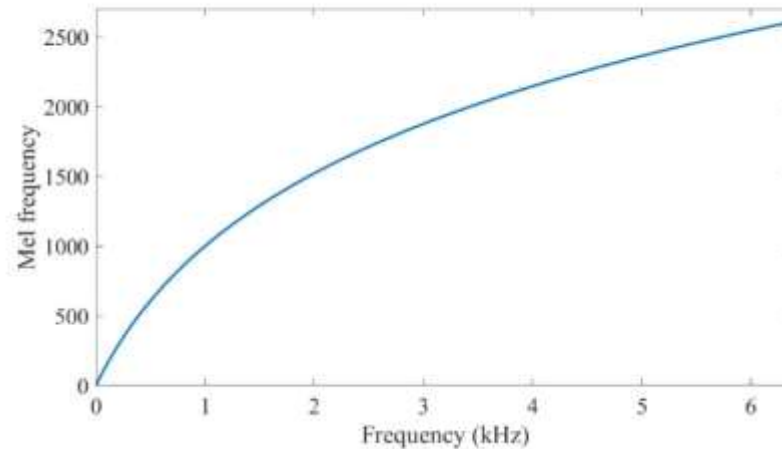
Sebelumnya kita hanya menampilkan *Spectrograms* frekuensi secara linear, ini menyebabkan sulitnya untuk mengetahui apakah suara pernapasan terdapat wheezing atau tidak, karena frekuensi wheezing berada dalam rentang frekuensi pernafasan itu sendiri.



Langkah selanjutnya yang kita lakukan adalah mengubah frekuensi kedalam bentuk mel.
Atau frekuensi dengan skala mel.

$$m = 2595 \cdot \log\left(1 + \frac{f}{500}\right)$$

$$f = 700(10^{m/2595} - 1)$$



Langkah – langkah Audio Processing

5. *Extracting Mel Spectrograms: Coding*

```
: import librosa
import librosa.display
import IPython.display as ipd
import matplotlib.pyplot as plt

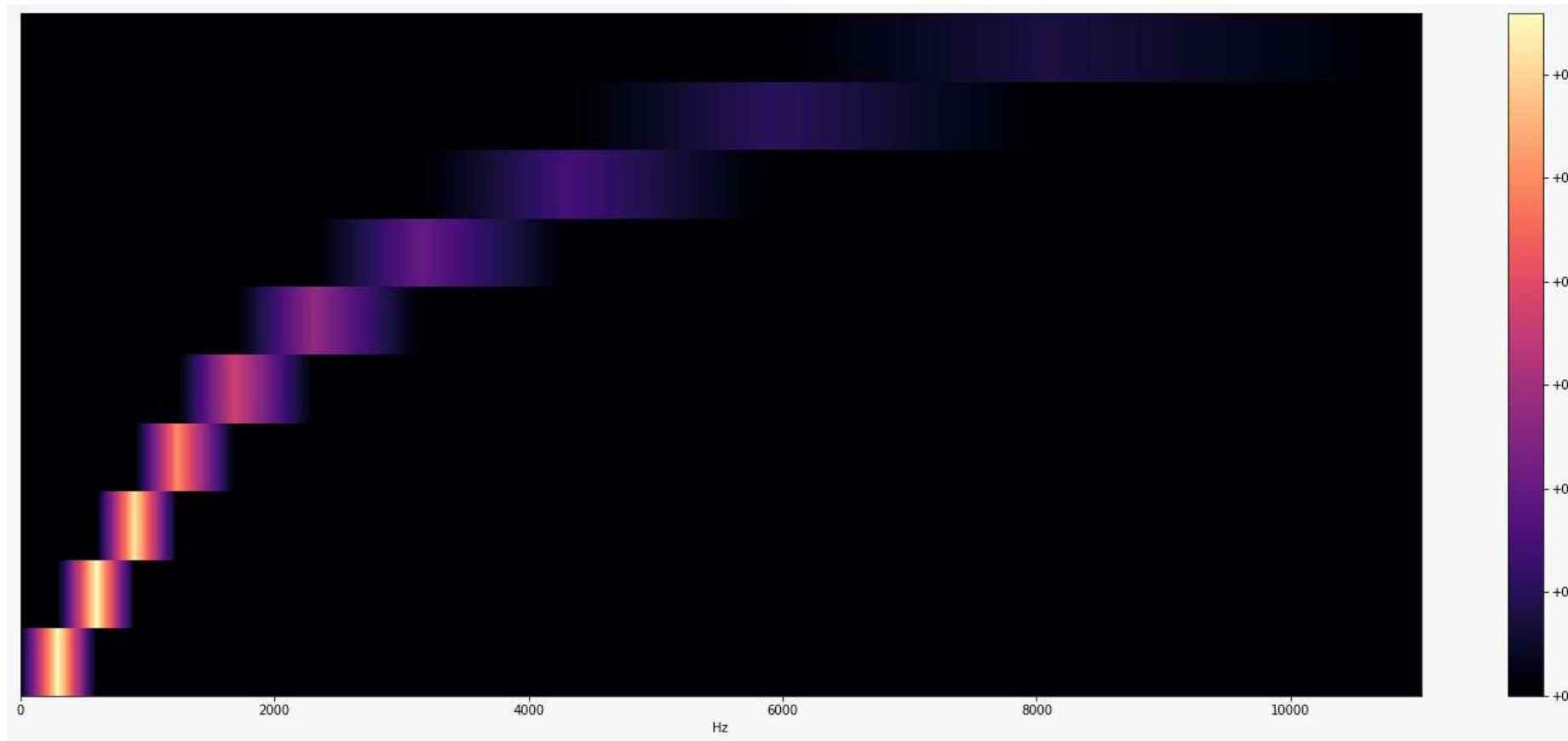
scale_file = "Documents/tes.wav"
ipd.Audio(scale_file)

scale, sr = librosa.load(scale_file)
filter_banks = librosa.filters.mel(n_fft=2048, sr=22050, n_mels=10)
plt.figure(figsize=(25, 10))
librosa.display.specshow(filter_banks,
                          sr=sr,
                          x_axis="linear")
plt.colorbar(format="%+2.f")
plt.show()

mel_spectrogram = librosa.feature.melspectrogram(scale, sr=sr, n_fft=2048, hop_length=512, n_mels=10)
log_mel_spectrogram = librosa.power_to_db(mel_spectrogram)
plt.figure(figsize=(25, 10))
librosa.display.specshow(log_mel_spectrogram,
                          x_axis="time",
                          y_axis="mel",
                          sr=sr)
plt.colorbar(format="%+2.f")
plt.show()
```

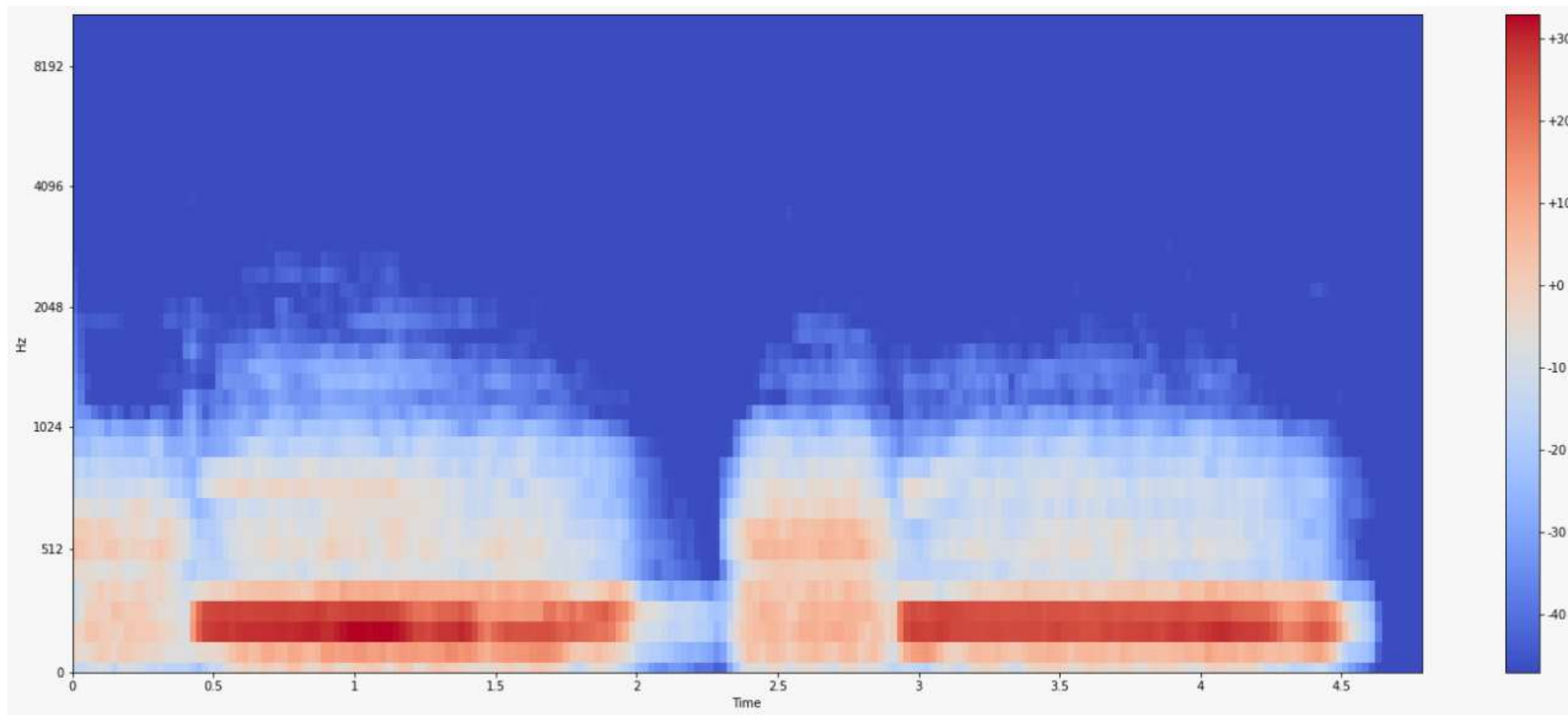
5. *Extracting Mel Spectrograms: Hasil Coding*

Mel filter banks



5. *Extracting Mel Spectrograms: Hasil Coding*

Extracting Mel Spectrogram



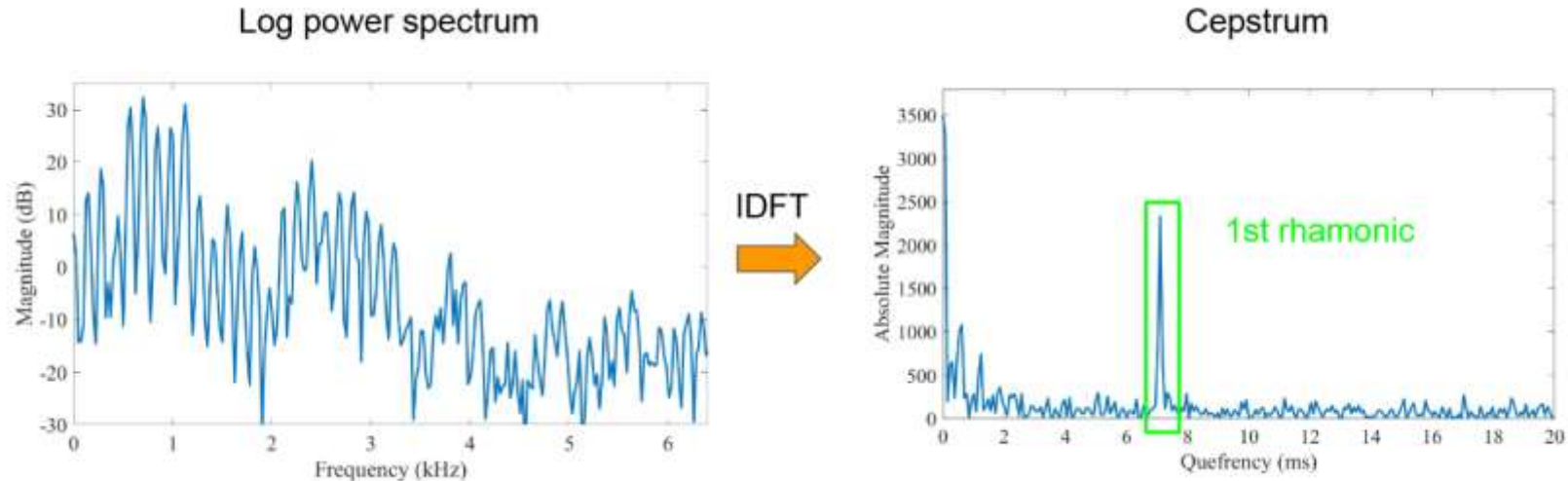
Langkah Terakhir Audio Processing

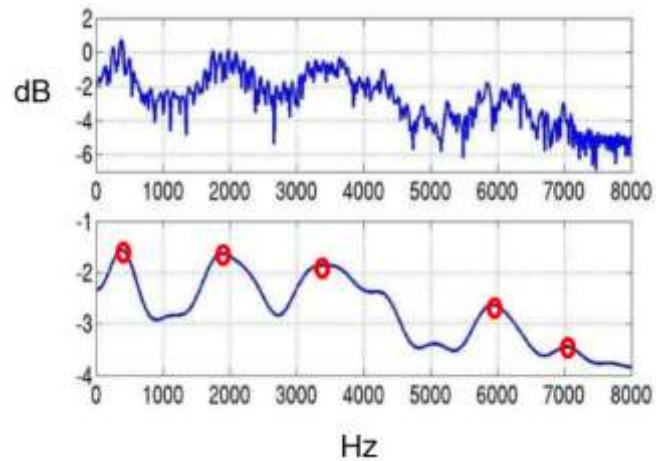
6. Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) Explained Easily



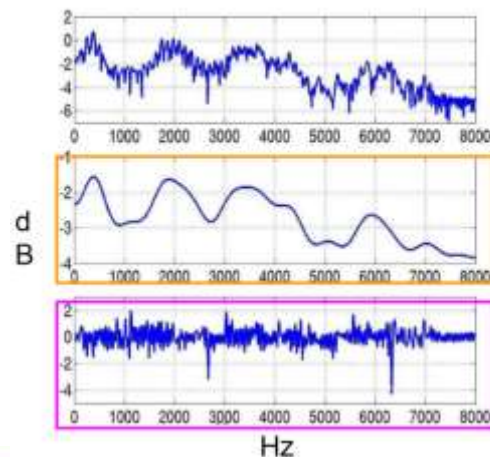
6. MFCC

Terakhir kita menentukan ciri ciri dari wheezing yang akan kita deteksi, sejauh ini kita mengetahui bahwa wheezing memiliki ciri sinusoidal dan musical.





$$\log(X(t)) = \log(E(t)) + \log(H(t))$$



$$\log(X(t)) = \log(E(t)) + \log(H(t))$$



$$X(t) = E(t) + H(t)$$

let's
coding

Semangatin temen kalian yg
gasuka matematika pake lagu ini

[Translate Tweet](#)



6. MFCC : *Coding*

```
import librosa
import librosa.display
import IPython.display as ipd
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

audio_file = "tes.wav"
signal, sr = librosa.load(audio_file)

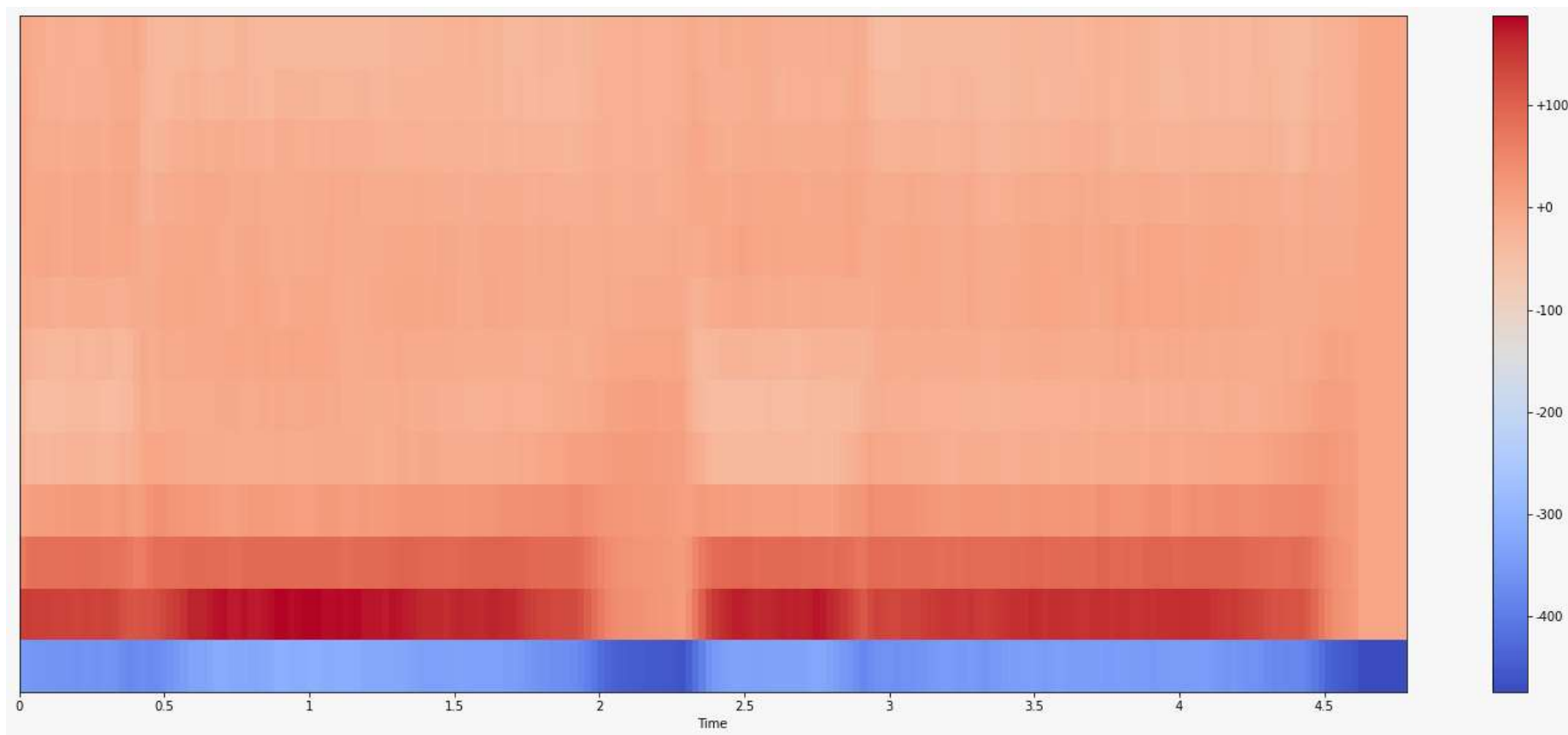
mfccs = librosa.feature.mfcc(y=signal, n_mfcc=13, sr=sr)
plt.figure(figsize=(25, 10))
librosa.display.specshow(mfccs, x_axis="time", sr=sr)
plt.colorbar(format="%+2.f")
plt.show()

delta_mfccs = librosa.feature.delta(mfccs)
delta2_mfccs = librosa.feature.delta(mfccs, order=2)

plt.figure(figsize=(25, 10))
librosa.display.specshow(delta_mfccs, x_axis="time", sr=sr)
plt.colorbar(format="%+2.f")
plt.show()

plt.figure(figsize=(25, 10))
librosa.display.specshow(delta2_mfccs, x_axis="time", sr=sr)
plt.colorbar(format="%+2.f")
plt.show()
```

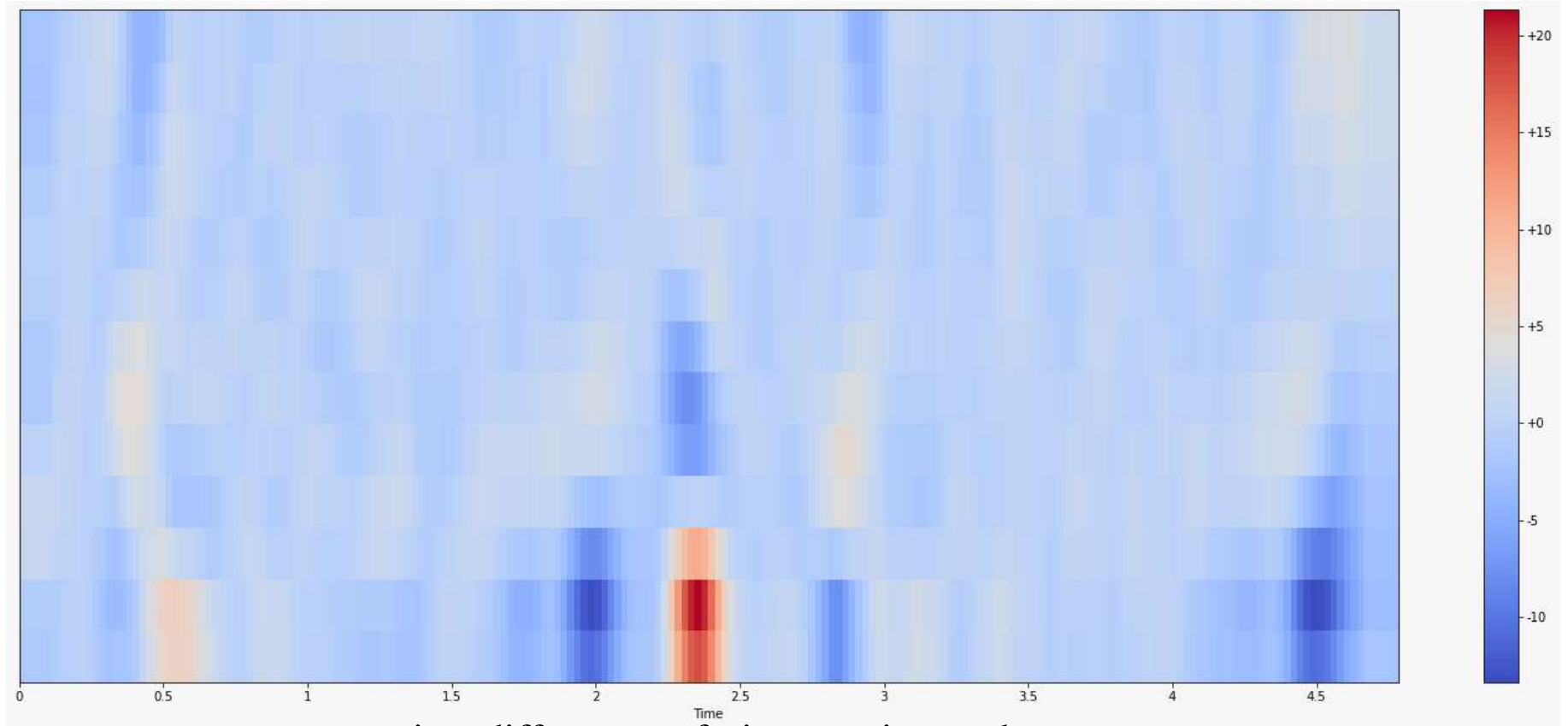
6. MFCC : Hasil *Coding*



y axis = different coefesien, x axis = waktu

6. MFCC : Hasil *Coding*

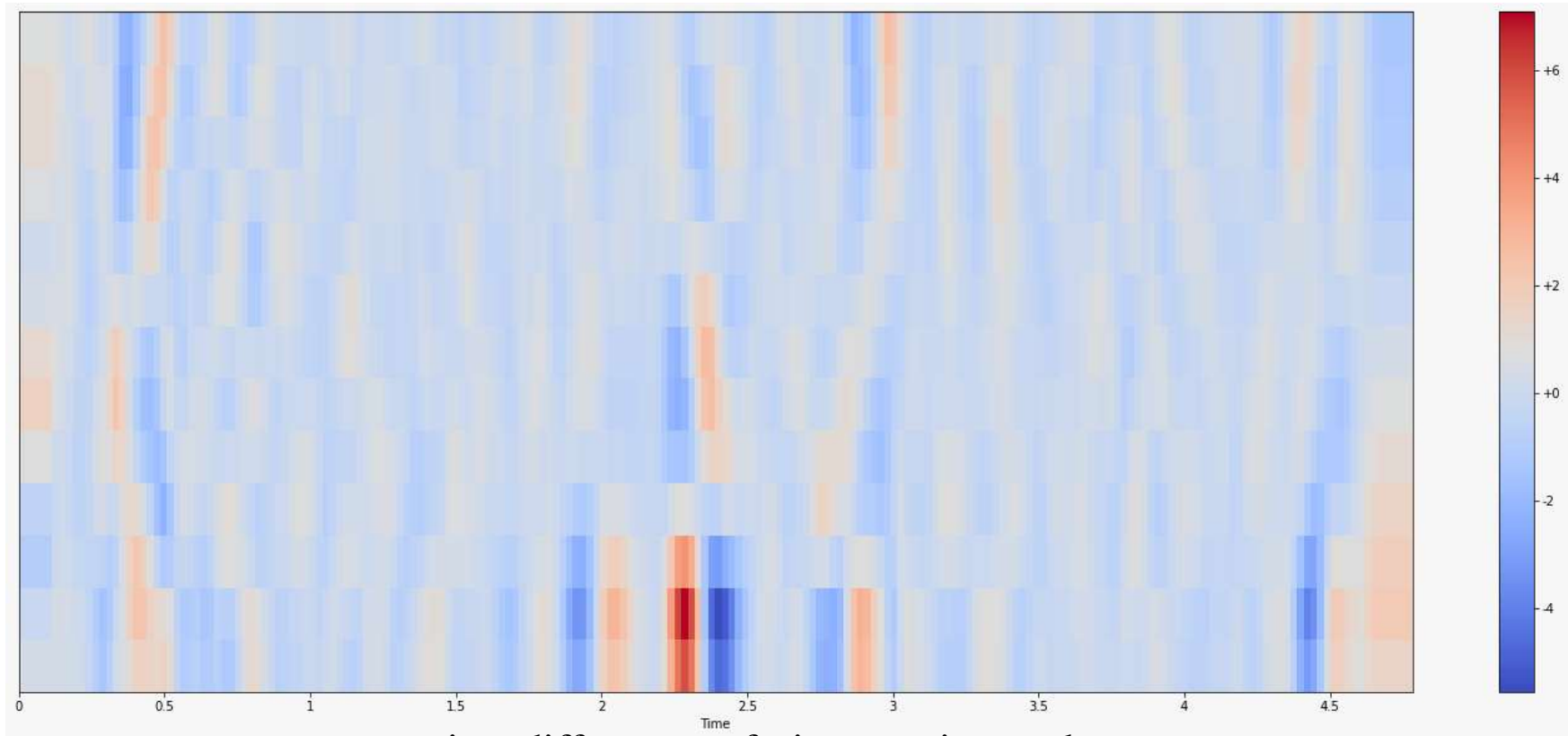
Derivative MFCC (Delta)



y axis = different coefesien, x axis = waktu

6. MFCC : Hasil *Coding*

Derivative 2 MFCC (delta2)



y axis = different coefesien, x axis = waktu

Pada tahapan ini kita telah selesai untuk mengetahui suara wheezing, yaitu dengan dengan ciri ciri dari wheezing yaitu :

- Kontinu
- $f = (250-800\text{Hz})$
- nilai dari mel spectrogram
- nilai dari different coofesien

Nilai yang saya tampilkan pada slide ini berupa gambar, karena pada proses pendeteksian gambar akan dirubah menjadi tensor yang selanjutnya akan dibahas

Pada kecerdasan buatan.

BRACE YOURSELVES



**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS
COMING**

Untuk apa yang terjadi di bagian Machine Learningnya saya pisah ke part III saja ya



Berapa harga alat kita? apa
rencana untuk pengembangan
Kedepannya?



- 1. Strip dada = Rp. 50.000
- 2. jetson nano = Rp. 2.500.000
- 3. stetoskop + head litman = Rp. 1.500.000

Jumlah = Rp.
4.000.000

Ini masih harga alat belum harga coding :)

Kalau ditanya harga jual sama Juri nanti
terserah deh mau bilang berapa.

Apa yang membuat mahal? Karena kita hanya memproduksi satu. Ya kita harus memproduksi banyak kalau ingin mencari keuntungan dan juga beberapa komponen diganti.

Jika dan hanya jika kita menjual banyak alat dan modal yang dibutuhkan adalah 100 jt untuk 100 unit.

Nama Alat	Unit / lama sewa	harga satuan	Harga total
Sewa Cloud (Alibaba)	Setahun	\$ 0.16 / jam	Rp. 20.000.000
Strip dada	100 buah	Rp. 50.000	Rp. 5.000.000
Stetoskop elektik	100 buah	Rp. 600.000	Rp. 60.000.000
mikrokontroller	100 buah	Rp. 150.000	Rp. 15.000.000
Jumlah			Rp. 100.000.000

Lalu bagaimana cara mendapatkan keuntungan?

Satu alat kita jual dengan harga Rp. 2.000.000

Dengan program yang kita sewakan, jadi si pembeli menyewa program sekama 1 tahun dengan harga Rp. 200.000/ tahun. Setiap pembelian alat sudah gratis sewa program selama 1 tahun.

Dengan ini kita sudah mendapatkan keuntungan sebesar Rp. 100.000.000

Part III (*Coming Soon*)

Outline :

- Internet of Things, Database
- Behind the *Artificial Intelligence* in our code
- About me