

# UTS AI Enabled Internet of Things - 2021-1

**Waktu Pengerjaan: 10 sd. 17 November 2021**

**Waktu Pengumpulan Jawaban: 17 November 2021 Pukul 16.00  
WIB**

**Nama : Hilman Bayu Aji**  
**Kelas : IF-42-GAB03**  
**NIM : 1301180397**

## I. Ketentuan

1. Ujian bersifat individu, mahasiswa dipersilakan membuka buku / catatan / slide / literatur terkait.
2. Tidak diperkenankan bekerjasama / mencontek / menggunakan hasil pekerjaan teman anda ! Apabila terjadi kecurangan, maka otomatis nilai UTS anda 0.
3. Bacalah penjelasan, petunjuk dan soal dengan teliti sebelum membuat jawaban.
4. Berikan jawaban dengan jelas sesuai dengan nomor pertanyaan. Jawaban singkat tanpa penjelasan (berupa satu atau dua kalimat) akan diberi nilai 0.
5. Jawaban UTS anda dikirim melalui link sesuai kelas perkuliahan. **Link submission UTS akan dibuka pada tanggal 16 November 2021 di LMS masing-masing dosen.**
6. File jawaban untuk submission harus dalam format PDF dengan nama file: Nama\_Nim Kelas.pdf

## II. Soal Ujian Bagian 1: Teori MQTT

Untuk menjawab Soal no 1 dan Soal no 2, silakan anda perhatikan ilustrasi pada Gambar

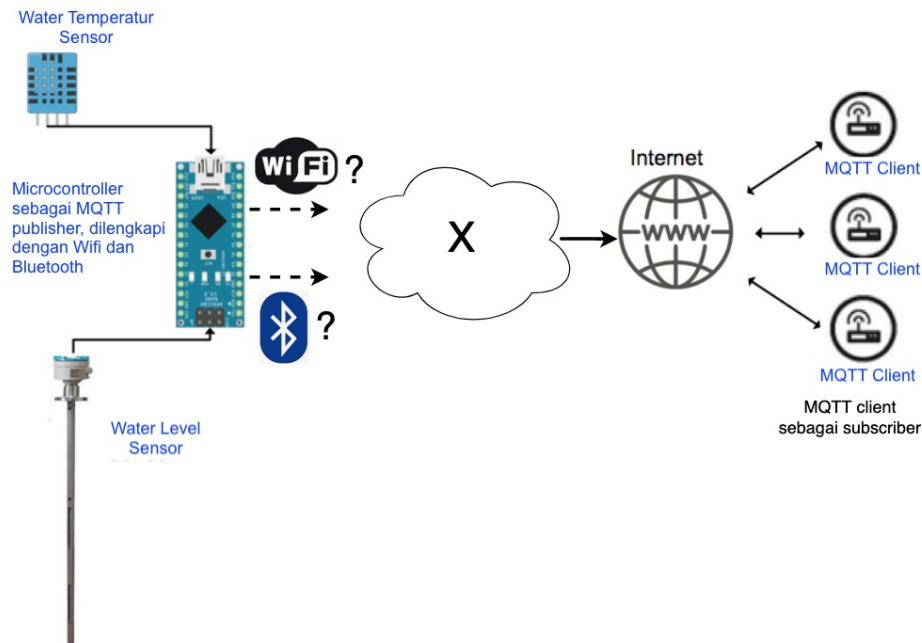
1. Jawablah pertanyaan berdasarkan ilustrasi arsitektur IoT tersebut.

1. (10 poin). Pada front-end system, mikrokontroller menerima data dari **sensor temperatur permukaan air** dan **sensor ketinggian air**. Jika mikrokontroller akan mengirimkan kedua data tersebut menggunakan standard protokol IoT yaitu dengan protokol MQTT:
  - (a) Protokol komunikasi mana yang akan anda gunakan, apakah Wifi atau Bluetooth ? **Mengapa anda memilih protokol komunikasi tersebut ?** Berikan penjelasan anda !

**Jawab:**

Menggunakan protokol WiFi, di samping jarak yang terbilang lebih jauh

dibandingkan protokol bluetooth, protokol WiFi juga mudah dikoneksikan dan relatif cenderung lebih aman (untuk WiFi seri terbaru), selain itu banyak perangkat mulai dari smartphone hingga laptop yang juga memiliki alat untuk terkoneksi dengan protokol WiFi.



Gambar. 1: Arsitektur Sistem Sensor Waterlevel dengan MQTT client yang terkoneksi ke Internet.

- (b) Protokol MQTT menggunakan Topik untuk mengirimkan setiap kategori data yang berasal dari sensor. Apakah data temperatur dan data water level dapat dikirimkan secara bersamaan dengan protokol MQTT tersebut? Bagaimana caranya? Berikan penjelasan anda !

**Jawab:**

Menggunakan RabbitMQ dan MQTT versi 3.1.1. Alasan dipilihnya RabbitMQ sebagai API untuk MQTT dan penggunaannya yang relatif lebih mudah.

2. (10 poin.) Pesan atau message MQTT yang membawa **data temperatur** dan **data ketinggian air** akan dikirim dari mikrokontroller ke MQTT client melalui koneksi Internet. Pada ilustrasi Gambar 1 dapat dilihat bahwa sebelum message MQTT dari microcontroller sampai ke MQTT client, tentunya harus melewati "X" terlebih dahulu, yang dalam hal ini adalah diilustrasikan dengan simbol "Cloud".

- (a) Apakah 'X' tersebut jika dikaitkan dengan mekanisme MQTT protocol ? Berikan penjelasan !

**Jawab:**

Tanda 'X' tersebut dapat dikatakan sebagai broker atau publisher yang akan mengirimkan data-data yang berkaitan dengan sensor tersebut kepada client-nya atau dalam konteks ini MQTT client yang menjadi subscriber.

- (b) Apakah 'X' berperan sebagai subscriber dan/atau publisher, dan pada saat kapan 'X' sebagai subscriber dan/atau publisher ? Berikan penjelasan anda !

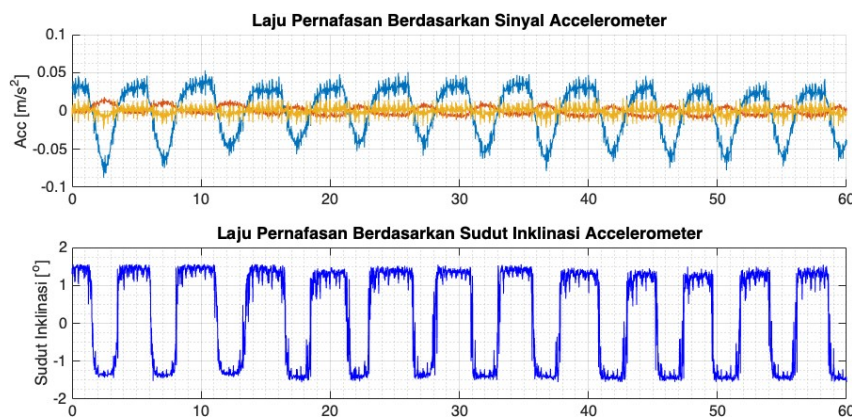
**Jawab:**

Tanda 'X' tersebut berperan sebagai publisher yang akan mengirimkan data pada sensor kepada subscribernya (MQTT client). Pada kasus tersebut pertama-tama sensor akan mengirimkan data ke MQTT publisher, setiap ada perubahan pada publisher, publisher tersebut akan mengirimkan data kepada subscriber-nya (pada kasus ini MQTT client).

### III. Soal Ujian Bagian 2: Eksperimen IoT Dengan Smartphone

Pada Bagian 2 ini anda akan melakukan eksperimen dengan aplikasi PhyPhox (silakan download di : [phyphox.org](http://phyphox.org)), gunakan sesuai jenis smartphone anda. Aplikasi Phyphox akan anda digunakan untuk mendapatkan data **laju pernafasan** berdasarkan **sinyal accelerometer** yang ditangkap oleh smartphone yang diletakkan pada upper abdomen / diafragma (antara perut dengan dada). Pada UTS ini, ada dua cara sederhana untuk menghitung laju pernafasan menggunakan data accelerometer. 1) **Direct Method**: menggunakan secara langsung sinyal akselerasi pada salah satu sumbu accelerometer yang dominan (amplitudo terbesar) dan menghitung banyaknya puncak sinyal tersebut 2)

**Sudut Inklinasi**: menggunakan sinyal accelerometer yang telah diubah menjadi sudut inklinasi abdomen (sudut turun naiknya permukaan abdomen) yang didapat dari tangensial sumbu dominan accelerometer, dan menghitung banyaknya puncak sinyal tersebut. Contoh hasil dari kedua metode tersebut secara umum diperlihatkan pada Gambar 2.

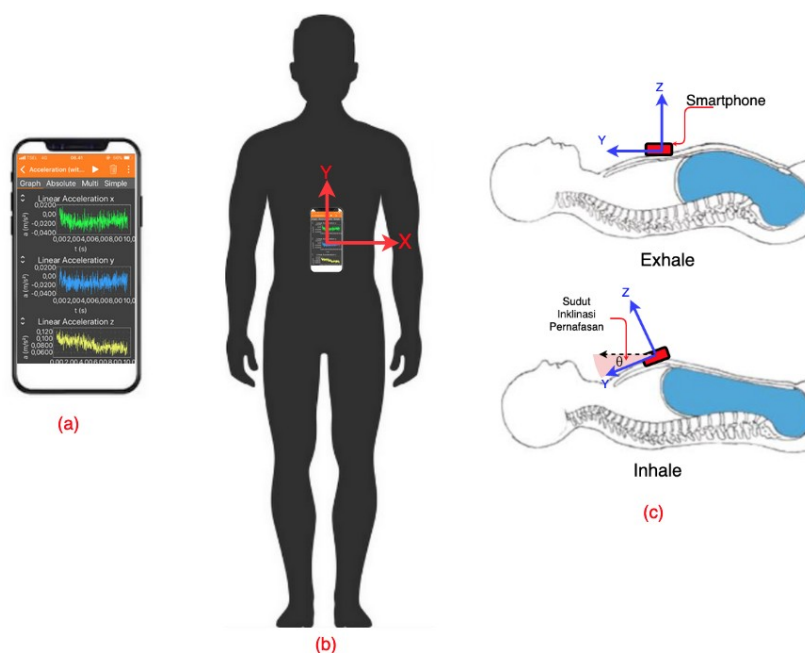


Gambar. 2: Sinyal laju pernafasan dalam satu menit. Atas: didapat secara langsung dari salah satu sumbu accelerometer yang dominan. Bawah: didapat dengan menghitung sudut inklinasi abdomen berdasarkan salah satu sumbu accelerometer yang dominan

- Sebelum melakukan pengambilan data **laju pernafasan**, anda harus mengunduh aplikasi Phyphox terlebih dahulu. Kemudian jalankan aplikasi dan pilih / gunakan sensor **linear accelerometer** dengan frekuensi sampling 100Hz pada resolusi 2g.
- Pasanglah smartphone yang sudah terinstal aplikasi PhyPhox seperti pada Gambar 3 (b) dengan **posisi anda tidur telentang**. Smartphone harus berada di an-

tara perut dan dada (diafragma atau upper abdomen) dan saat pengambilan data, smartphone tidak boleh goyang (jika memungkinkan smartphone dapat diikat dengan *rubber band* ). Cek dan perhatikan arah sumbu smartphone anda sesuai ilustrasi. By default, pemasangan sumbu smartphone anda: sumbu x (positif) mengarah ke tubuh bagian kiri, y (positif) mengarah ke tubuh bagian atas, dan z (positif) tegak lurus terhadap upper abdomen (lihat Gambar 3).

- Untuk pengambilan data laju pernafasan menggunakan smartphone, pastikan anda dalam kondisi bernafas normal dan tidak melakukan gerakan. Laju pernafasan akan dideteksi berdasarkan data linear accelerometer 3 sumbu. **Lakukan perekaman data selama 60 detik.** Setelah selesai, silakan export hasil perekaman ke **file xls atau xlsx**. Anda dapat mengeksport file tersebut ke komputer anda melalui email atau media lainnya (silakan pilih sesuai preferensi).
- Bukalah terlebih dahulu file perekaman gait yang anda kirim dalam format xls atau xlsx, pastikan file dapat dibuka dan terdiri dari kolom: time (waktu), x,y,z untuk file linear accelerometer.
- Setelah melakukan eksperimen perekaman data, buatlah aplikasi dalam **Matlab / Python / C** untuk membaca dan mengolah data accelerometer yang telah anda dapat. **Tidak diperbolehkan menggunakan MS Excel untuk plot data/solusi anda .**



Gambar. 3: (a) Smartphone dengan aplikasi Phyphox. (b) Pemasangan smartphone dengan aplikasi phyphox terinstal. Untuk eksperimen ini anda harus dalam **posisi supine atau tidur telentang**. (c) Posisi smartphone saat terjadi siklus pernafasan (inhale dan exhale)

## Soal

Pada bagian ini anda diminta untuk membuat aplikasi sederhana menggunakan Matlab/Python/C untuk mengolah data gait yang anda dapatkan dari hasil perekaman. Anda dapat mengacu pada program yang di-publish secara free baik dari github, web / blog ataupun sumber lainnya dengan mencantumkan sitasi sumber rujukan tersebut.

3. **(10 poin, Direct Method)**. Buatlah aplikasi untuk membaca rekaman data linear accelerometer. Dengan aplikasi tersebut **buatlah plot sinyal masing-masing sumbu accelerometer**.

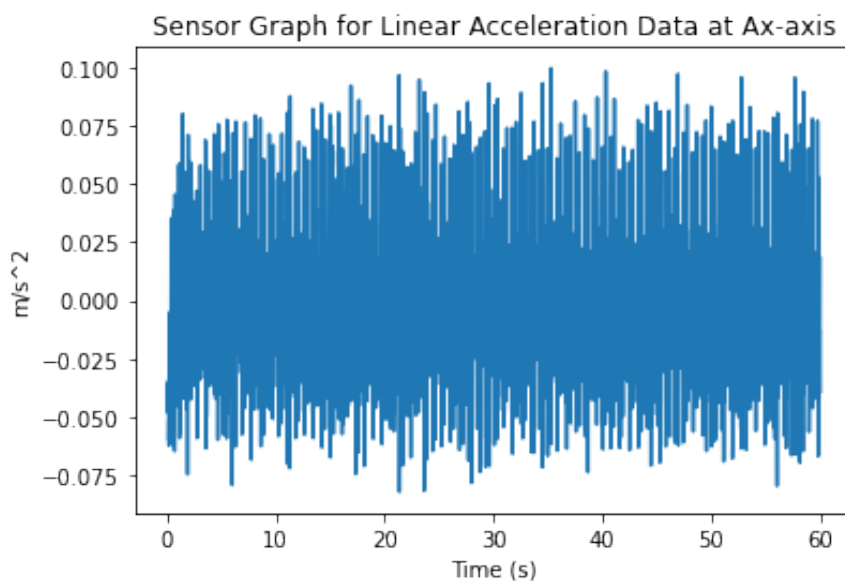
Tips: gunakan potongan algoritma berikut utk me-nol-kan sinyal pada sumbu Y sehingga semua sinyal mempunyai starting point sumbu Y yang sama (Ax,Ay,Az adalah data / sinyal dari accelerometer):

```
...  
Az=Az-(sum(Az)./size(Az,1));  
Ay=Ay-(sum(Ay)./size(Ay,1));  
Ax=Ax-(sum(Ax)./size(Ax,1));  
...
```

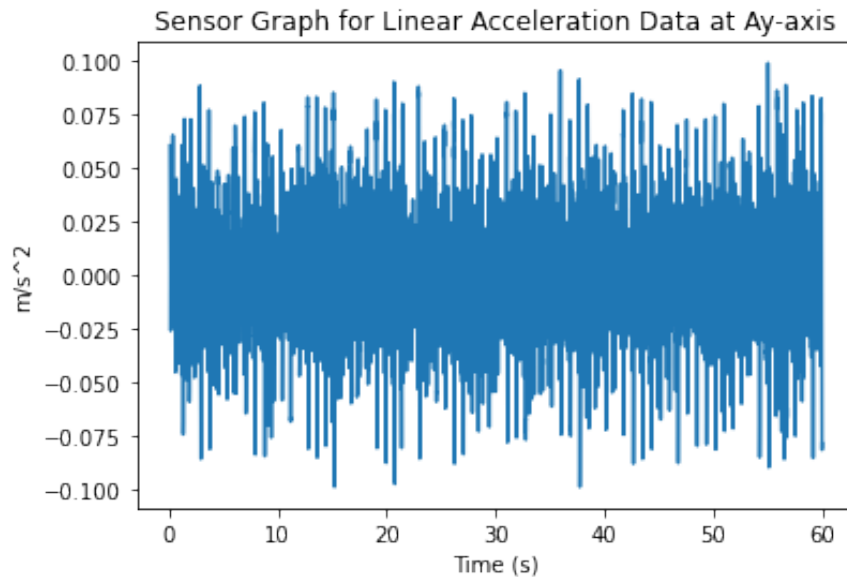
Perhatikan bahwa grafik plot data mentah accelerometer mempunyai dimensi  $m/s^2$  pada sumbu Y dan Waktu pada sumbu X.

- Lampirkan hasil plot anda dalam jawaban UTS, dan beri penjelasan secara umum dari hasil perekaman anda.
- Lampirkan juga program anda untuk membaca data dan memplot data serta beri penjelasan dari program anda secara umum.

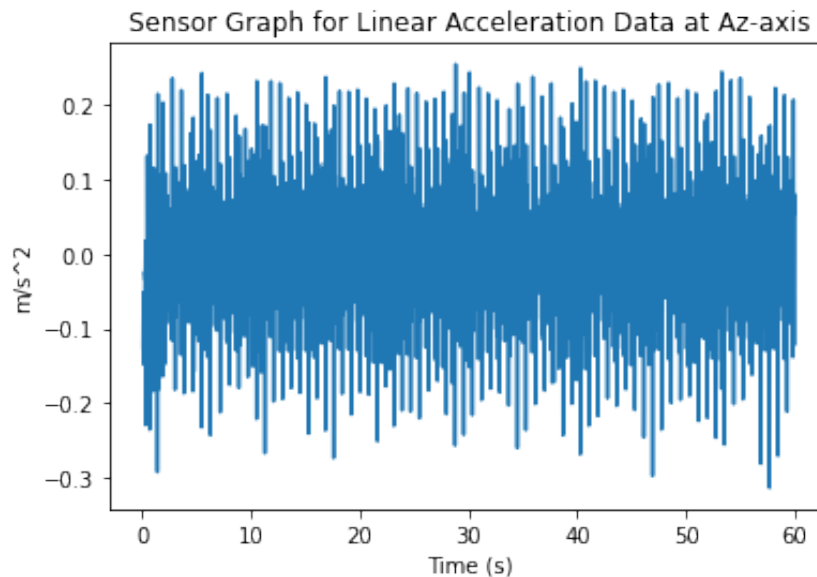
### Hasil Plotting untuk Sensor Linear Acceleration pada Sumbu Ax



## Hasil Plotting untuk Sensor Linear Acceleration pada Sumbu Ay



## Hasil Plotting untuk Sensor Linear Acceleration pada Sumbu Az



### Sumber Kode :

[https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam/blob/main/Direct-Method\\_Plot-Signal.ipynb](https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam/blob/main/Direct-Method_Plot-Signal.ipynb)

### Penjelasan Secara Umum Hasil Rekaman :

Hasil rekaman data tersebut menjelaskan bahwa laju pernapasan selama 60 detik menghasilkan bermacam-macam data dari masing-masing sumbu *linear accelerometer* yang bervariasi.

Pada hasil perekaman data sensor *linear acceleration*, saat tepat setelah diam atau sebelum proses inhale (proses menghirup udara) dimana rongga dada akan mengembang sehingga tekanan dalam paru paru menurun, dan udara dapat masuk melalui hidung untuk dihirup, hasil rekaman berada di titik nol, kemudian setelah proses exhale (menghembuskan napas) dimana rongga dada akan mengendur atau menyusut, menyebabkan tekanan dalam paru paru meningkat, sehingga udara dapat dihembuskan. Hal ini menyebabkan data sensor mengalami naik dan turun sesuai laju pernafasan.

### Penjelasan Secara Umum Program :

Cara kerja program yang dibuat cukup sederhana, yaitu pertama-tama tentukan inputan filenya, dalam inputan file tersebut harus terdiri dari 1 kolom waktu untuk sumbu X dan 3 kolom sumbu Y (Ax, Ay, Az adalah hasil perekaman data dari sensor).

Kemudian dapat dibuat 3 buah list yang sumbu X nya adalah waktu dan sumbu Y nya adalah hasil perekaman sensor, kemudian gunakan library bawaan python yaitu matplotlib untuk melakukan plotting terhadap data 2 dimensi tersebut.

4. **(30 poin, Metode Inklinasi )** Ubahlah data accelerometer untuk mendapatkan sudut tangensial (inklinasi) accelerometer berdasarkan persamaan arc tangent di bawah. **Sudut inklinasi accelerometer yang merepresentasikan sudut inklinasi pernafasan (sudut pergerakan upper abdomen )** sesuai dengan pemasangan smartphone seperti pada Gambar 3(c). Sebagai contoh sudut accelerometer sumbu X:

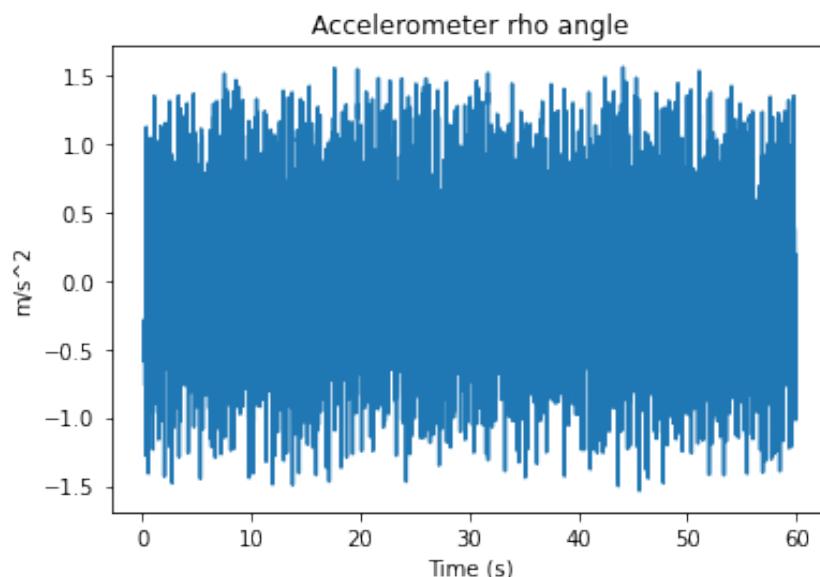
$$\rho = \arctan_1 \frac{Ax}{Ay^2 + Az^2}$$

dimana Ax,Ay,Az adalah data yang berasal dari sumbu accelerometer sumbu x,y, dan z seperti pada Gambar 3. Sebagai contoh script Matlab (menggunakan algoritma atan2) untuk menuliskan persamaan sudut inklinasi sumbu X terhadap sumbu Z:

sudutAccRho=atan2(acc\_X,acc\_Z);

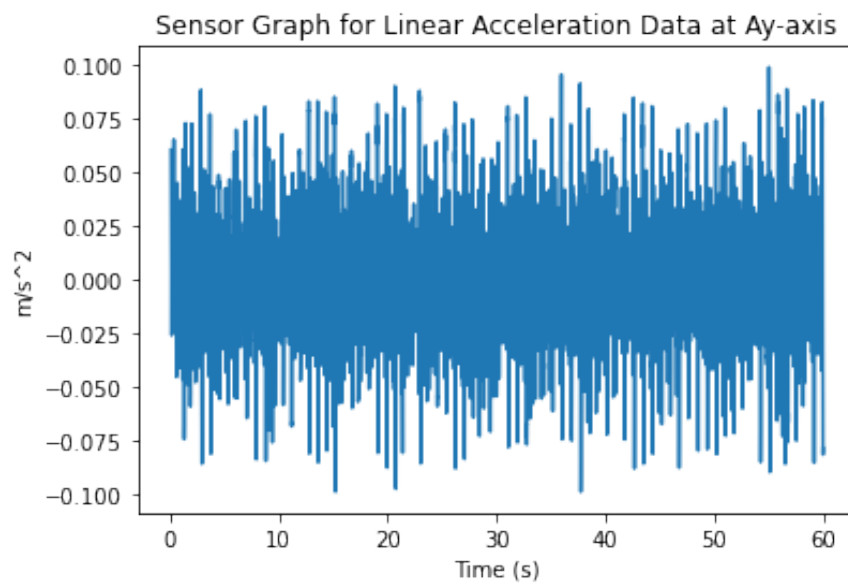
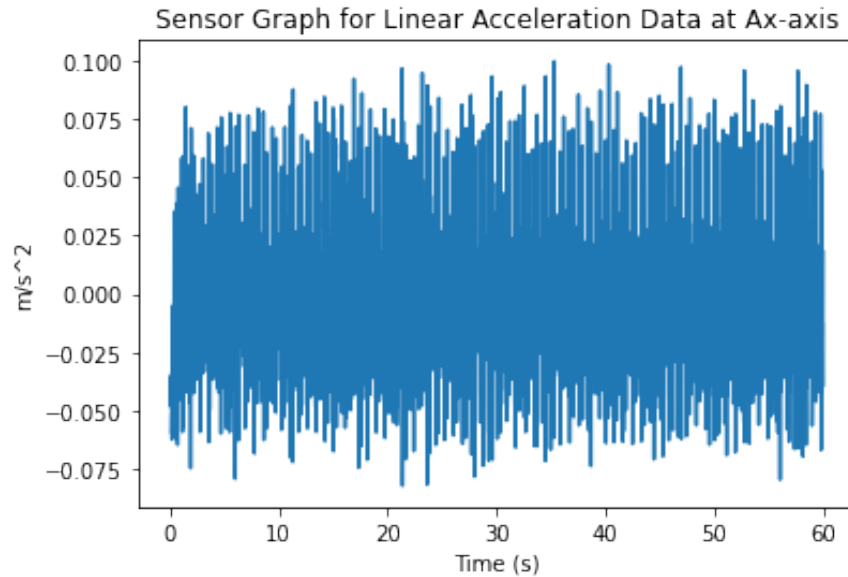
- **Buatlah program untuk mendapatkan sudut inklinasi smartphone sesuai pemasangan smartphone anda dan buatlah program untuk memplot sudut accelerometer  $\rho$  dan lampirkan hasil plot anda dalam jawaban UTS, dan beri penjelasan secara umum dari hasil plot anda.**

### Hasil Plot Sudut Accelerometer $\rho$

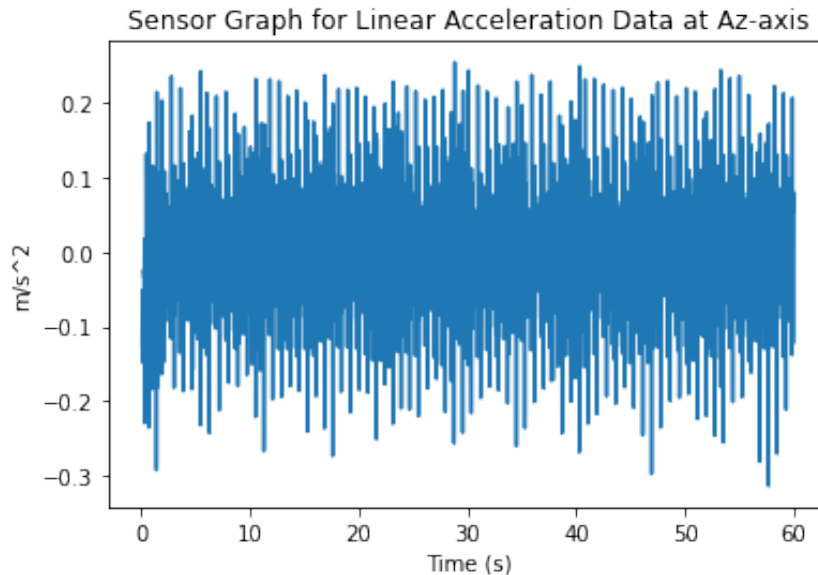




- Bandingkan hasil plot sudut accelerometer  $\rho$  (metode inklinasi) dengan sinyal accelerometer yang dominan sesuai jawaban anda pada No 3 (direct method). Dalam hal ini, sudut  $\rho$  accelerometer metode inklinasi hampir menyerupai grafik accelerometer pada plot jawaban anda sebelumnya (No 3, metode direct), akan tetapi dimensinya sudah anda ubah menjadi sudut ( dalam *degree*).







Secara garis besar, hasil perhitungan **sudut accelerometer  $\rho$**  ternyata menyerupai hasil **sensor accelerometer** dengan sudut Y.

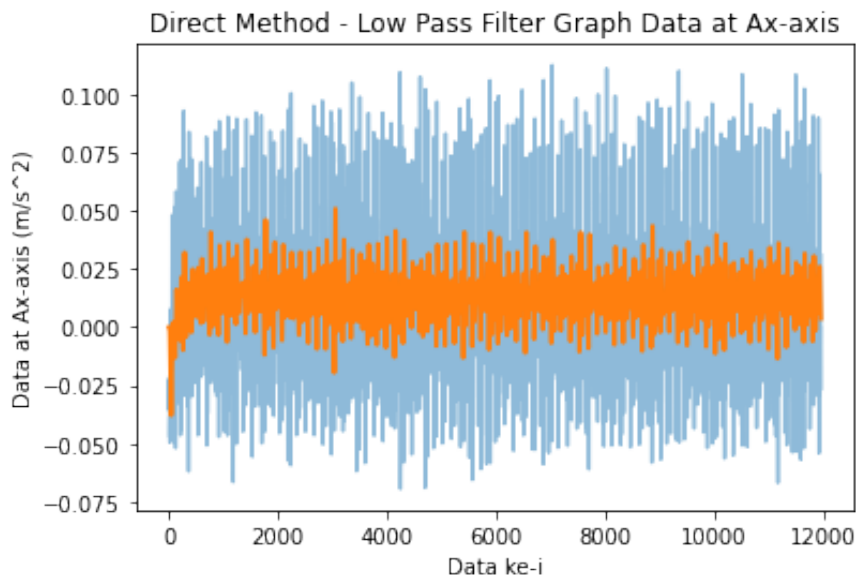
**Sumber Kode :**

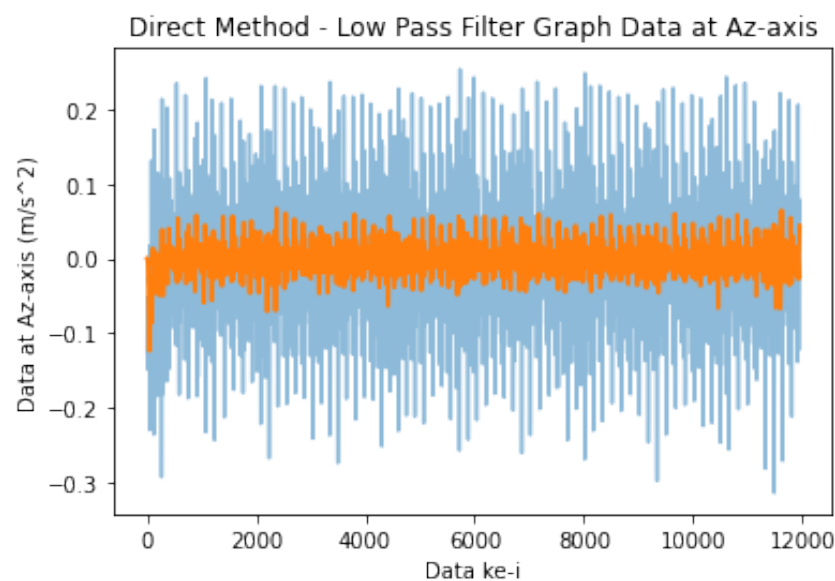
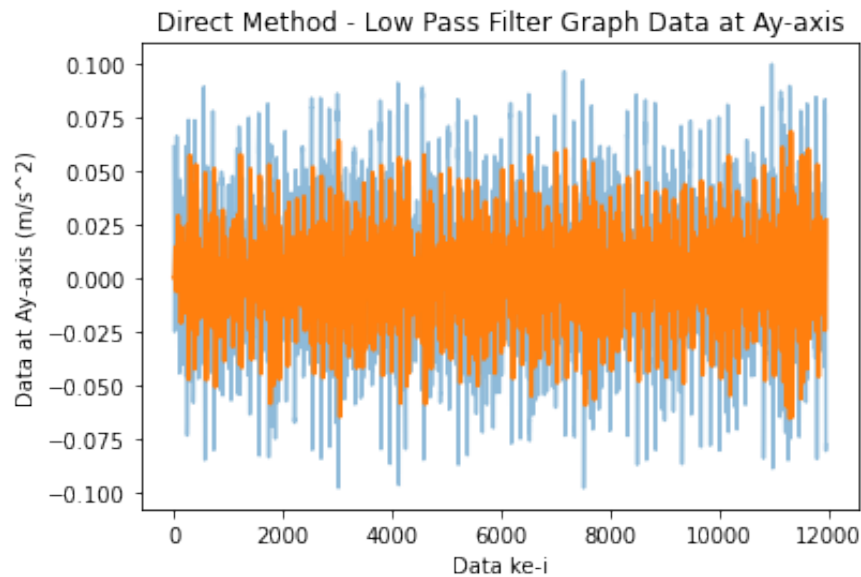
[https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam/blob/main/Inklinasi-Method\\_Accelerometer-Angle.ipynb](https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam/blob/main/Inklinasi-Method_Accelerometer-Angle.ipynb)

5. **(40 poin, Menghitung Laju Respirasi)**. Pada bagian ini anda akan menghitung laju pernafasan berdasarkan kedua metode yang sudah anda kerjakan, yaitu pada metode direct (Soal No 3) dan metode inklinasi (Soal No 4). Sebelum menghitung laju pernafasan (beat per minute), pastikan bahwa perekaman data akselerometer sebelumnya dilakukan selama 1 menit.

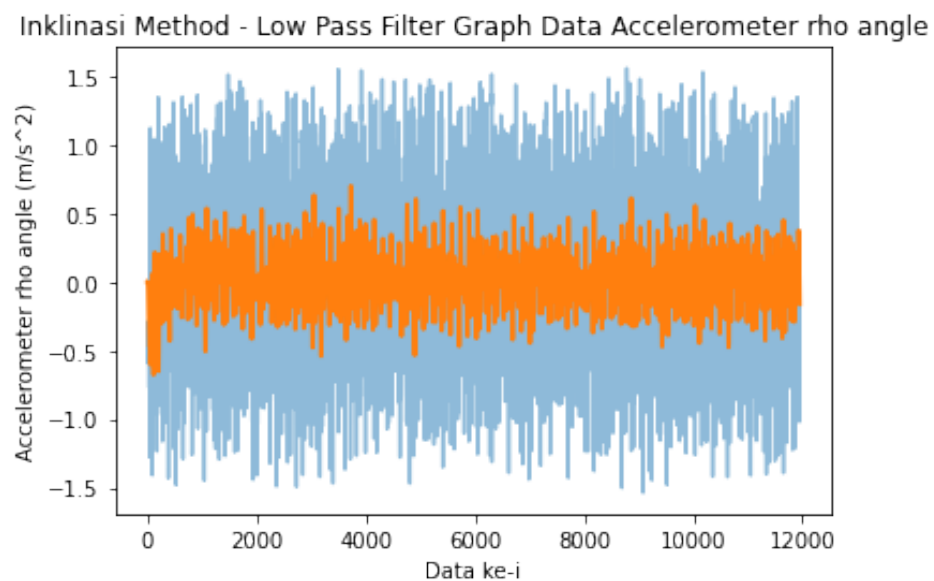
- **Buatlah program LPF atau low pass filter (Matlab/Python/C) untuk menghilangkan noise pada kedua metode yang anda gunakan.** Frekuensi cut off low pas filter berada di kisaran 0.8 Hz. Kemudian anda plot hasilnya. Lampirkan hasil plot LPF anda untuk sinyal dari metode 1 dan metode 2. Berikan penjelasan dari solusi anda serta lampirkan program anda.

### Hasil Low Pass Filter – Direct Method





### Hasil Low Pass Filter – Inklinasi Method



### Penjelasan Low Pass Filter

Pada Low Pass Filter (LPF), ini melewati sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off tertentu ( $f_c$ ) dan melemahkan sinyal dengan

frekuensi yang lebih tinggi dari frekuensi cut-off. Untuk persoalan ini, frekuensi cut off low pas filter yang digunakan berada di kisaran 0.8 Hz.

Setelah dilakukan low pass filter, terlihat bahwa hasil rekaman laju pernapasan tersebut menunjukkan hasil stabil, namun apabila dilihat lebih detail, sinyal pada sumbu-Ay cenderung tidak stabil karena proses inhale ataupun exhale yang menyebabkan nilainya naik-turun. Namun untuk sinyal pada sumbu-Ax dan sumbu-Az cenderung lebih stabil karena perubahan nilainya lebih kecil apabila dilihat dengan seksama (tanpa bantuan mesin untuk perbandingan) dan hasil low pass filter pada **inklinasi method** tidak jauh beda secara keseluruhan dengan hasil low pass filter **direct method**.

#### **Sumber Kode :**

[https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam/blob/main/LPF\\_Sensor.ipynb](https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam/blob/main/LPF_Sensor.ipynb)

- Setelah anda menghilangkan noise pada kedua sinyal (metode direct dan metode inklinasi), langkah berikutnya adalah anda harus membuat program untuk menghitung jumlah laju pernafasan dalam 1 menit periode pernafasan berdasarkan data yang sudah anda dapat. Langkahnya adalah sebagai berikut:
  - (a) **Buatlah: 1) algoritma 2) untuk mendeteksi peak / puncak pada kedua sinyal yang anda dapatkan (metode direct dan metode inklinasi). Berikan penjelasan dari setiap baris algoritma dan program yang anda buat.**
  - (b) **Buatlah: 1) algoritma 2) program untuk menghitung berapa jumlah puncak dari sinyal berdasarkan algoritma anda sebelumnya. Maka jumlah puncak sinyal = laju pernafasan per menit. Berikan penjelasan dari setiap baris algoritma dan program yang anda buat!**
  - (c) **Bandingkan hasil perhitungan anda, berapa jumlah laju pernafasan per menit yang berhasil anda hitung? Kira2 metode mana yang lebih baik dari sisi ketika anda melakukan deteksi puncak? Jelaskan!**

**Repository untuk sumber kode program yang telah saya buat untuk UTS ini :**

<https://github.com/hilmanpbayu/ai-enabled-iot-mid-semester-exam>

## **References**

- GeeksforGeeks. (2021, November 6). *Adding new column to existing DataFrame in Pandas*. Retrieved from GeeksforGeeks: <https://www.geeksforgeeks.org/adding-new-column-to-existing-dataframe-in-pandas/>
- Matplotlib. (n.d.). *matplotlib.pyplot.plot*. Retrieved from Matplotlib 3.4.3 documentation: [https://matplotlib.org/stable/api/\\_as\\_gen/matplotlib.pyplot.plot.html#matplotlib.pyplot.plot](https://matplotlib.org/stable/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.plot.html#matplotlib.pyplot.plot)