Program Studi Teknik Informatika
Institut Teknologi Sumatera

Nama Anggota: **Eric Arwido Damanik (122140157)**
Tugas : Tugas Besar
Mata Kuliah: **Pengolahan Sinyal Digital (IF3024)**
Tanggal: 31 Mei 2025

Program Pendeteksi Sinyal rPPG dan Sinyal Resipirasi

1 Pendahuluan

Proyek ini merupakan tugas akhir yang dikembangkan dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan kelulusan mata kuliah Pengolahan Sinyal Digital (IF3024). Tugas ini berfokus pada perancangan dan implementasi sebuah sistem perangkat lunak yang mampu mengakuisisi dan menganalisis dua jenis sinyal fisiologis penting, yaitu sinyal respirasi (pernapasan) dan sinyal remote photoplethysmography (rPPG) secara real-time. Sumber input utama untuk sistem ini adalah video yang ditangkap langsung dari kamera web standar.
Untuk memperoleh sinyal respirasi, program memanfaatkan kemampuan modul deteksi pose (Pose Estimation) dari pustaka MediaPipe. Perubahan posisi vertikal landmark (misal, bahu) dilacak dari waktu ke waktu untuk merepresentasikan siklus inspirasi dan ekspirasi, sehingga menghasilkan estimasi laju pernapasan [1].
Sementara itu, untuk ekstraksi sinyal rPPG yang kemudian digunakan untuk estimasi detak jantung, program menggunakan modul deteksi wajah (Face Detection) dari MediaPipe. Modul ini berfungsi untuk mengidentifikasi Region of Interest (ROI) pada wajah pengguna, dengan fokus utama pada area dahi[2]. Perubahan subtil dalam intensitas warna kulit pada ROI tersebut, yang disebabkan oleh variasi volume darah akibat denyut jantung, dianalisis menggunakan algoritma Plane Orthogonal-to-Skin (POS) untuk mengkonversi sinyal RGB menjadi sinyal PPG mentah.

2 Alat dan Bahan

Untuk menyelesaikan proyek ini, diperlukan beberapa alat dan bahan untuk membuat program yang dapat memperoleh sinyal rPPG dan sinyal respirasi secara non-kontak. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan:

2.1 Bahasa Pemograman

Dalam pengembangan program proyek ini, digunakan bahasa pemrograman **Python** karena memiliki dukungan library yang umum digunakan untuk proyek komputer visi.

2.2 Library

Berikut merupakan library yang digunakan pada pengembangan proyek ini.

- OpenCV: Untuk akuisisi dan pemrosesan gambar dari webcam.
- MediaPipe: Untuk deteksi pose (estimasi gerakan bahu untuk sinyal pernapasan) dan deteksi
- wajah (ROI untuk sinyal rPPG).

- NumPy: Untuk operasi numerik, terutama dalam pemrosesan sinyal.
- SciPy: Untuk fungsi pemrosesan sinyal seperti filter (Butterworth).
- PyQt6: Untuk membangun antarmuka pengguna grafis (GUI) aplikasi.
- PyQtGraph: Untuk menampilkan plot sinyal secara real-time di GUI.
- Pandas: Untuk manipulasi data, terutama saat membaca dan menulis file CSV.
- Matplotlib: Untuk menghasilkan plot ringkasan analisis sinyal yang disimpan sebagai gambar.

2.3 Metode dan Algoritma

Berikut merupakan metode dan algortima yang digunakan pada pengembangan proyek ini.

2.3.1 Sinyal Respirasi

- Akuisisi Sinyal Mentah : Pelacakan landmark bahu kiri dan kanan menggunakan MediaPipe Pose dan Perhitungan posisi vertikal rata-rata kedua bahu.
- Pemrosesan Sinyal Respirasi : Sinyal mentah difilter menggunakan filter low-pass Butterworth untuk menghilangkan noise dan komponen frekuensi tinggi yang tidak relevan, Kemudian dihitung menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) pada segmen sinyal yang telah difilter.

2.3.2 Sinyal Respirasi

- Akuisisi Sinyal Mentah : Menggunakan MediaPipe Face Detection untuk menentukan ROI pada dahi dan mengekstraksi nilai rata-rata channel RGB.
- Konversi ke Sinyal PPG : Sinyal RGB mentah diproses menggunakan Metode POS (Plane-Orthogonal-to-Skin) untuk menghasilkan sinyal PPG mentah.
- Pemrosesan Sinyal PPG : Sinyal PPG RGB mentah di proses menggunakan metode detrent untuk menghilangkan variasi frekuensi rendah kemudian difilter menggunakan filter bandpass Butterworth.

3 Penjelasan

Program pada proyek ini dibagi menjadi dua modul, yaitu `main_app.py` dan `signal_proccesing.py`. Berikut adalah penjelasan mengenai alur kerja program yang dikembangkan dalam proyek ini:

3.1 Instalasi Library

Agar dapat menjalankan program, pengguna dapat menambahkan beberapa library ke dalam python environment yang akan digunakan. Pengguna dapat mengunduh library yang digunakan menggunakan dua cara, yaitu:

3.1.1 Menggunakan environment.yml

```
1     conda env create-f environment.yml
2
```

Kode 1: Install Library/Pustaka menggunakan environment.yml

3.1.2 Menggunakan requirements.txt

```
pip install-r requirements.txt

```

Kode 2: Install Library/Pustaka menggunakan requirements.txt

3.2 Modul `signal_proccesing.py`

Modul ini berisi kumpulan fungsi yang spesifik untuk melakukan berbagai tahapan pemrosesan sinyal digital. Fungsi-fungsinya meliputi:

3.2.1 Import Librabry

Berikut merupakan penjelasan dari Import Library pada modul `signal_proccesing.py`.

```
import numpy as np
from scipy.signal import butter, filtfilt, find_peaks, detrend

```

Kode 3: Import Library pada modul `signal_proccesing.py`

3.2.2 Fungsi `detrant_signal`

.

```
def detrend_signal(signal_data, type='linear'):
"""
Menghilangkan tren dari sinyal.
'linear': Menghilangkan tren linear.
'constant': Sama seperti mengurangi mean.
"""
if signal_data.ndim > 1:
    detrended_signal = np.zeros_like(signal_data)
    for i in range(signal_data.shape[0]):
        detrended_signal[i, :] = detrend(signal_data[i, :], type=type)
    return detrended_signal
else:
    return detrend(signal_data, type=type)

```

Kode 4: Fungsi `detrant_signal`

Penjelasan Fungsi `detrant_signal`

Fungsi ini bertujuan untuk menghilangkan komponen tren dari data sinyal. Tren merupakan variasi frekuensi rendah atau perubahan bertahap pada *baseline* sinyal yang tidak berkaitan langsung dengan informasi fisiologis yang diinginkan. Contoh tren meliputi perubahan perlahan akibat pencahayaan atau pergeseran posisi tubuh yang tidak periodik. Penghilangan tren penting dilakukan agar sinyal lebih stabil dan akurat untuk analisis lebih lanjut seperti estimasi frekuensi.

3.2.3 Fungsi `cpu_POS`

.

```
def cpu_POS(rgb_signal, fps):
"""
POS method on CPU using Numpy. This converts raw RGB signal to a pulse signal.
Wang, W., den Brinker, A. C., Stuijk, S., & de Haan, G. (2016).
```

```
    """
    if rgb_signal.shape[1] < 2:
        return np.zeros(rgb_signal.shape[1])

    w = int(1.6 * fps)
    if rgb_signal.shape[1] < w:
        w = rgb_signal.shape[1]

    X = rgb_signal.T
    mean_color = np.mean(X, axis=0)
    diag_mean_color = np.diag(1 / (mean_color + 1e-9))
    Xn = np.matmul(X, diag_mean_color)
    Xn = Xn.T

    P = np.array([[0, 1, -1], [-2, 1, 1]])
    S = np.dot(P, Xn)

    H = np.zeros(S.shape[1])
    for i in range(S.shape[1] - w):
        S_window = S[:, i:i+w]
        S_std = np.std(S_window, axis=1)

        if S_std[1] < 1e-9:
            alpha = 0
        else:
            alpha = S_std[0] / S_std[1]

        H_window = S_window[0, :] + alpha * S_window[1, :]
        H[i:i+w] = H[i:i+w] + (H_window - np.mean(H_window))

    return H

```

Kode 5: Fungsi `cpu_POS`

Penjelasan Fungsi `cpu_POS`

Fungsi ini mengimplementasikan algoritma POS (Plane-Orthogonal-to-Skin) untuk mengubah sinyal RGB mentah yang diekstraksi dari ROI wajah menjadi sinyal PPG (Photoplethysmography) mentah. Tujuan utama metode ini adalah untuk mengekstraksi komponen pulsatile dari sinyal RGB dengan memproyeksikan vektor warna ke bidang yang ortogonal terhadap arah warna kulit, sehingga meminimalkan artefak akibat pencahayaan dan gerakan. Metode ini didasarkan pada pendekatan yang diperkenalkan oleh Wang et al. (2016).

3.2.4 Fungsi `filter_sinyal_respirasi`

.

```
    def filter_sinyal_respirasi(data, sample_rate, cutoff_freq=0.8, order=2):
    """Filter sinyal respirasi menggunakan low-pass filter."""
    if len(data) < 20:
        return np.array(data)

    nyquist = 0.5 * sample_rate
    if not (0 < cutoff_freq < nyquist):
        return np.array(data)

    b, a = butter(order, cutoff_freq, btype='low', fs=sample_rate)
    return filtfilt(b, a, data)
```

```

```

Kode 6: Fungsi `filter_sinyal_respirasi`

Penjelasan Fungsi `filter_sinyal_respirasi`

Tujuan:
Fungsi ini bertujuan untuk memfilter sinyal pernapasan mentah dengan menggunakan filter Butterworth low-pass. Tujuannya adalah menghilangkan noise berfrekuensi tinggi dan mempertahankan komponen frekuensi rendah yang relevan dengan ritme pernapasan fisiologis normal (biasanya antara 0.1–0.8 Hz).

3.2.5 Fungsi `hitung_laju_napas`

.

```
    def hitung_laju_napas(sinyal, sample_rate):
    """Menghitung laju napas dari sinyal menggunakan FFT."""
    if len(sinyal) < int(2 * sample_rate) or sample_rate <= 0:
        return "N/A"

    sinyal_tanpa_dc = sinyal - np.mean(sinyal)
    fft_result = np.fft.fft(sinyal_tanpa_dc)
    freqs = np.fft.fftfreq(len(sinyal), 1.0 / sample_rate)

    idx = np.where((freqs >= 0.1) & (freqs <= 0.8))
    if len(idx[0]) == 0:
        return "N/A (Tidak ada frekuensi dominan di rentang napas)"

    dominant_freq_idx = idx[0][np.argmax(np.abs(fft_result[idx]))]
    dominant_freq = freqs[dominant_freq_idx]

    return f"{dominant_freq * 60:.1f} BPM"

```

Kode 7: Fungsi `hitung_laju_napas`

Penjelasan Fungsi `hitung_laju_napas`

Fungsi ini menghitung estimasi laju pernapasan (RR) dari sinyal pernapasan yang telah diproses (biasanya sudah difilter). Metode yang digunakan adalah analisis spektral menggunakan Fast Fourier Transform (FFT).

3.2.6 Fungsi `bandpass_filter_rppg`

.

```
     def bandpass_filter_rppg(data, sample_rate, lowcut=0.7, highcut=2.5, order=4):
    """Bandpass filter sinyal rPPG."""
    if len(data) < int(2 * sample_rate * (order + 1)) or sample_rate <=0:
        return np.array(data)

    nyquist = 0.5 * sample_rate
    if not (0 < lowcut < nyquist and 0 < highcut < nyquist and lowcut < highcut):
        return np.array(data)

    b, a = butter(order, [lowcut, highcut], btype='band', fs=sample_rate)
    return filtfilt(b, a, data)

```

Kode 8: Fungsi `bandpass_filter_rppg`

Penjelasan Fungsi `bandpass_filter_rppg`

Fungsi ini menerapkan filter bandpass Butterworth pada sinyal rPPG untuk mengisolasi komponen frekuensi yang terkait dengan detak jantung dan menghilangkan frekuensi di luar rentang tersebut (misalnya, noise frekuensi rendah akibat pernapasan atau gerakan, dan noise frekuensi tinggi).

3.2.7 Fungsi `hitung_detak_jantung`

.

```
    def hitung_detak_jantung(raw_rgb_signal, fps):
    """
    Menghitung detak jantung dari sinyal RGB mentah.
    Langkah: RGB -> Detrend -> POS -> Bandpass Filter -> Cari Puncak.
    """
    if raw_rgb_signal.shape[1] < int(2 * fps) or fps <= 0:
        return "N/A (Kurang data atau FPS tidak valid)"

    detrended_rgb_signal = detrend_signal(raw_rgb_signal, type='linear')
    pulse_signal = cpu_POS(detrended_rgb_signal, fps)

    if len(pulse_signal) < int(2 * fps):
        return "N/A (Sinyal POS tidak cukup)"

    filtered_pulse = bandpass_filter_rppg(pulse_signal, fps)

    if len(filtered_pulse) < int(fps / 2.5) +1:
         return "N/A (Sinyal terfilter tidak cukup)"

    if np.std(filtered_pulse) > 1e-6:
        normalized_pulse = (filtered_pulse - np.mean(filtered_pulse)) / np.std(filtered_pulse)
        min_height_normalized = 0.5
        peaks, _ = find_peaks(normalized_pulse, height=min_height_normalized, distance=fps / 2.5)
    else:
        peaks = []

    durasi_detik_efektif = len(filtered_pulse) / fps
    if durasi_detik_efektif == 0:
        return "N/A (Durasi efektif nol)"

    if len(peaks) > 1:
        bpm = (len(peaks) -1) / ((peaks[-1] - peaks[0]) / fps) * 60
    elif len(peaks) == 1 and durasi_detik_efektif > 0:
        bpm = 1 * (60 / durasi_detik_efektif)
    else:
        bpm = 0.0

    return f"{bpm:.1f} BPM"

```

Kode 9: Fungsi `hitung_detak_jantung`

Penjelasan Fungsi `hitung_detak_jantung`

Fungsi ini merupakan pipeline lengkap untuk menghitung estimasi detak jantung (BPM) dari sinyal RGB mentah yang diperoleh dari ROI wajah.

3.3 Modul `main_app.py`

Modul ini berfungsi sebagai program utama yang menjalankan aplikasi dengan antarmuka pengguna grafis (GUI). Tugasnya meliputi:

3.3.1 Import Librabry

Berikut merupakan penjelasan dari Import Library pada modul `main_app.py`.

```
    import time
    import cv2
    import mediapipe as mp
    import numpy as np
    import os
    from datetime import datetime, timedelta
    import csv
    import pandas as pd
    import matplotlib.pyplot as plt

    import signal_proccesing as vp

    from PyQt6.QtWidgets import QApplication, QMainWindow, QWidget, QVBoxLayout, QHBoxLayout,
    QLabel, QPushButton
    from PyQt6.QtCore import QThread, pyqtSignal, Qt, QObject, QTimer
    from PyQt6.QtGui import QImage, QPixmap
    import pyqtgraph as pg
    from pyqtgraph.exporters import ImageExporter

```

Kode 10: Import Library pada modul `main_app.py`

3.3.2 Kelas WorkerSignals

. Kelas ini mendefinisikan sinyal-sinyal PyQt (pyqtSignal) yang digunakan untuk komunikasi antar-thread. Fungsinya meliputi:

```
    class WorkerSignals(QObject):
        frame_update = pyqtSignal(np.ndarray)
        data_update = pyqtSignal(float, float, float)
        results_update = pyqtSignal(str, str)
        finished = pyqtSignal(list, list, list, list)

```

Kode 11: Kelas WorkerSignals

Penjelasan Fungsi dalam Kelas `WorkerSignal`

- `frame_update`:
  - Sinyal untuk mengirim frame video yang telah diproses ke GUI untuk ditampilkan secara langsung.
- `data_update`:
  - Sinyal untuk mengirim data sinyal respirasi dan rPPG terbaru untuk diperbarui dalam plot secara *real-time*.
- `results_update`:
  - Sinyal untuk mengirim hasil estimasi **Respiratory Rate (RR)** dan **Heart Rate (BPM)** yang telah dihitung berdasarkan data yang terkumpul.
- `finished`:
  - Sinyal untuk menandakan bahwa proses akuisisi telah selesai, sekaligus mengirim semua data mentah yang telah dikumpulkan selama proses berjalan.

Kelas ini berfungsi sebagai antarmuka komunikasi antar-komponen asinkron dalam aplikasi, dan mendukung pemisahan tanggung jawab antara *worker thread* dan *main thread*.

3.3.3 Kelas RealTimeSignalWorker

. Kelas ini berfungsi sebagai Worker thread untuk memproses sinyal real-time dari kamera. Fungsinya meliputi:

```
    class RealTimeSignalWorker(QThread):
    """Worker thread untuk memproses sinyal real-time dari kamera"""
    def __init__(self, parent=None):
        super().__init__(parent)
        self.signals = WorkerSignals()
        self.is_running = True
        self.all_timestamps = []
        self.all_respiration_data = []
        self.all_rppg_rgb_data = []
        self.all_live_g_minus_b_plot_data = []

    def run(self):
        """Main loop untuk capture dan proses video stream"""
        cap = cv2.VideoCapture(0)
        fps_aktual = cap.get(cv2.CAP_PROP_FPS)
        if not (fps_aktual and fps_aktual >= 1.0):
            print("Peringatan: FPS kamera tidak valid, diatur ke 30.0 FPS")
            fps_aktual = 30.0
        else:
            print(f"Kamera FPS terdeteksi/diatur: {fps_aktual:.2f}")

        mp_pose = mp.solutions.pose.Pose(min_detection_confidence=0.5, min_tracking_confidence=0.5)
        mp_face = mp.solutions.face_detection.FaceDetection(model_selection=0,
    min_detection_confidence=0.5)

        start_time = time.time()
        last_results_update_time = start_time

        self.all_timestamps.clear()
        self.all_respiration_data.clear()
        self.all_rppg_rgb_data.clear()
        self.all_live_g_minus_b_plot_data.clear()

        while self.is_running:
            ret, frame = cap.read()
            if not ret:
                print("Gagal membaca frame dari kamera.")
                break

            frame = cv2.flip(frame, 1)
            frame_height, frame_width, _ = frame.shape
            image_rgb_for_mediapipe = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)

            current_y_avg_respiration = 0.0
            current_mean_rgb_from_roi = np.array([0.0, 0.0, 0.0])
            live_g_minus_b_signal_value = 0.0

            results_pose = mp_pose.process(image_rgb_for_mediapipe)
            if results_pose.pose_landmarks:
                landmarks = results_pose.pose_landmarks.landmark
                left_shoulder_idx = mp.solutions.pose.PoseLandmark.LEFT_SHOULDER.value
                right_shoulder_idx = mp.solutions.pose.PoseLandmark.RIGHT_SHOULDER.value
                if (len(landmarks) > max(left_shoulder_idx, right_shoulder_idx) and
                    landmarks[left_shoulder_idx].visibility > 0.5 and
```

```
                    landmarks[right_shoulder_idx].visibility > 0.5):
                    y_left = landmarks[left_shoulder_idx].y * frame_height
                    y_right = landmarks[right_shoulder_idx].y * frame_height
                    current_y_avg_respiration = (y_left + y_right) / 2.0
                    cv2.circle(frame, (int(landmarks[left_shoulder_idx].x * frame_width), int(
y_left)), 5, (0, 255, 0), -1)
                    cv2.circle(frame, (int(landmarks[right_shoulder_idx].x * frame_width), int(
y_right)), 5, (0, 255, 0), -1)

            results_face = mp_face.process(image_rgb_for_mediapipe)
            if results_face.detections:
                detection = results_face.detections[0]
                bboxC = detection.location_data.relative_bounding_box
                face_x_abs = int(bboxC.xmin * frame_width)
                face_y_abs = int(bboxC.ymin * frame_height)
                face_w_abs = int(bboxC.width * frame_width)
                face_h_abs = int(bboxC.height * frame_height)
                if face_w_abs > 0 and face_h_abs > 0:
                    forehead_roi_h = int(face_h_abs * 0.25)
                    forehead_roi_w = int(face_w_abs * 0.50)
                    forehead_roi_y = max(0, face_y_abs - ROI_DAHI_OFFSET_Y_KE_ATAS)
                    forehead_roi_x = face_x_abs + int((face_w_abs - forehead_roi_w) / 2)
                    forehead_roi_x_end = forehead_roi_x + forehead_roi_w
                    forehead_roi_y_end = forehead_roi_y + forehead_roi_h
                    if (forehead_roi_y_end <= frame_height and forehead_roi_x_end <= frame_width
and
                        forehead_roi_w > 0 and forehead_roi_h > 0):
                        forehead_roi_bgr_pixels = frame[forehead_roi_y:forehead_roi_y_end,
forehead_roi_x:forehead_roi_x_end]
                        if forehead_roi_bgr_pixels.size > 0:
                            mean_bgr_in_roi = np.mean(forehead_roi_bgr_pixels, axis=(0,1))
                            current_mean_rgb_from_roi = np.array([mean_bgr_in_roi[2],
mean_bgr_in_roi[1], mean_bgr_in_roi[0]])
                            cv2.rectangle(frame, (forehead_roi_x, forehead_roi_y), (
forehead_roi_x_end, forehead_roi_y_end), (0,0,255), 2)

            current_elapsed_time = time.time() - start_time
            self.all_timestamps.append(current_elapsed_time)
            self.all_respiration_data.append(current_y_avg_respiration)
            self.all_rppg_rgb_data.append(current_mean_rgb_from_roi)

            if np.any(current_mean_rgb_from_roi):
                mean_intensity_roi = np.mean(current_mean_rgb_from_roi)
                if mean_intensity_roi > 1e-9:
                    normalized_rgb_live = current_mean_rgb_from_roi / mean_intensity_roi
                    live_g_minus_b_signal_value = normalized_rgb_live[1] - normalized_rgb_live[2]
            self.all_live_g_minus_b_plot_data.append(live_g_minus_b_signal_value)

            if (time.time() - last_results_update_time) >= UPDATE_HASIL_SETIAP:
                if len(self.all_timestamps) > 1:
                    num_ts_for_sr = min(len(self.all_timestamps), int(fps_aktual * 5))
                    effective_sample_rate = fps_aktual
                    if num_ts_for_sr > 1:
                        calculated_sr = 1.0 / np.mean(np.diff(self.all_timestamps[-num_ts_for_sr:])
)
                        if calculated_sr > 0: effective_sample_rate = calculated_sr
                    min_points_for_calc_rppg = int(effective_sample_rate * DURASI_KALKULASI_RR_BPM)
                    min_points_for_calc_resp = int(effective_sample_rate * DURASI_KALKULASI_RESP)
                    rr_str = "N/A"
                    if len(self.all_respiration_data) >= min_points_for_calc_resp:
                        data_resp_segment = self.all_respiration_data[-min_points_for_calc_resp:]
```

```
                        filtered_resp_segment = vp.filter_sinyal_respirasi(data_resp_segment, effective_sample_rate)
                        if len(filtered_resp_segment) >= min_points_for_calc_resp * 0.8 :
                             rr_str = vp.hitung_laju_napas(filtered_resp_segment, effective_sample_rate)
                    bpm_str = "N/A"
                    if len(self.all_rppg_rgb_data) >= min_points_for_calc_rppg:
                        data_rppg_segment_list = self.all_rppg_rgb_data[-min_points_for_calc_rppg:]
                        valid_rgb_list = [rgb for rgb in data_rppg_segment_list if isinstance(rgb, np.ndarray) and rgb.shape == (3,)]
                        if len(valid_rgb_list) >= min_points_for_calc_rppg * 0.8:
                            rgb_array_for_calc = np.array(valid_rgb_list).T
                            if rgb_array_for_calc.ndim == 2 and rgb_array_for_calc.shape[0] == 3:
                                 bpm_str = vp.hitung_detak_jantung(rgb_array_for_calc, effective_sample_rate)
                    self.signals.results_update.emit(rr_str, bpm_str)
                    last_results_update_time = time.time()

            min_len_for_live_filter = int(fps_aktual * 0.5)
            if len(self.all_respiration_data) > min_len_for_live_filter:
                filtered_total_resp_for_plot = vp.filter_sinyal_respirasi(self.all_respiration_data, fps_aktual)
            else:
                filtered_total_resp_for_plot = self.all_respiration_data
            if len(self.all_live_g_minus_b_plot_data) > min_len_for_live_filter:
                filtered_total_g_minus_b_for_plot = vp.bandpass_filter_rppg(self.all_live_g_minus_b_plot_data, fps_aktual, lowcut=0.7, highcut=2.5)
            else:
                filtered_total_g_minus_b_for_plot = self.all_live_g_minus_b_plot_data
            self.signals.frame_update.emit(frame)
            self.signals.data_update.emit(
                current_elapsed_time,
                filtered_total_resp_for_plot[-1] if len(filtered_total_resp_for_plot) > 0 else 0.0,
                filtered_total_g_minus_b_for_plot[-1] if len(filtered_total_g_minus_b_for_plot) > 0 else 0.0
            )

        self.signals.finished.emit(
            self.all_timestamps, self.all_respiration_data, self.all_rppg_rgb_data, self.all_live_g_minus_b_plot_data
        )
        cap.release()
        if 'mp_pose' in locals() and mp_pose is not None: mp_pose.close()
        if 'mp_face' in locals() and mp_face is not None: mp_face.close()
        print("Worker thread selesai dan resource MediaPipe dilepaskan.")

    def stop(self):
        """Menghentikan worker thread dengan aman"""
        print("Perintah stop diterima oleh RealTimeSignalWorker.")
        self.is_running = False

```

Kode 12: Kelas RealTimeSignalWorker

Penjelasan Fungsi dalam Kelas **`RealTimeSignalWorker`**

- **Fungsi `run()`**:
  - Menginisialisasi kamera menggunakan `cv2.VideoCapture` dan memuat model MediaPipe: `Pose` dan `Face Detection`.
  - Memasuki loop utama yang berjalan selama `self.is_running` bernilai `True`.

- Dalam setiap iterasi loop:
  - Membaca frame dari kamera.
  - Melakukan deteksi pose untuk memperoleh posisi bahu (`current_y_avg_respiration`).
  - Melakukan deteksi wajah untuk menentukan ROI di area dahi dan mengekstraksi nilai rata-rata RGB dari ROI tersebut (`current_mean_rgb_from_roi`).
  - Menghitung nilai sinyal G-B (`live_g_minus_b_signal_value`) untuk visualisasi rPPG secara langsung.
  - Menyimpan data: timestamp, sinyal respirasi mentah, dan nilai RGB mentah ke dalam list internal:
    - `all_timestamps`
    - `all_respiration_data`
    - `all_rppg_rgb_data`
    - `all_live_g_minus_b_plot_data`
  - Secara periodik (setiap `UPDATE_HASIL_SETIAP` detik), memproses segmen data terbaru untuk menghitung **RR** dan **BPM** menggunakan fungsi dari modul `signal_processing.py`, kemudian mengirim hasilnya melalui sinyal `results_update`.
  - Mengirim:
    - Frame video yang telah diproses ke GUI melalui sinyal `frame_update`.
    - Nilai sinyal terfilter (respirasi dan rPPG) ke GUI melalui sinyal `data_update`.
- Setelah loop berhenti, mengirim seluruh data yang telah dikumpulkan melalui sinyal `finished`.
- Melepaskan semua sumber daya yang digunakan seperti kamera dan model MediaPipe.

- **Fungsi `stop()`**: Digunakan untuk menghentikan proses *thread* dengan cara mengatur `self.is_running` menjadi `False`, sehingga loop utama pada `run()` akan berhenti secara aman.

3.3.4 Kelas MainWindow

. Kelas ini berfungsi sebagai Main window aplikasi GUI untuk monitoring sinyal rPPG dan Respirasi. Fungsinya meliputi:

```
    class MainWindow(QMainWindow):
    """Main window aplikasi GUI untuk monitoring sinyal vital"""
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.is_running_capture = False
        self.capture_start_time = 0
        self.setWindowTitle("Real Time Heart Rate & Resp Signal GUI")
        self.setGeometry(100, 100, 1300, 700)

        main_widget = QWidget()
        self.setCentralWidget(main_widget)
        main_layout = QHBoxLayout(main_widget)

        left_column_widget = QWidget()
        left_layout = QVBoxLayout(left_column_widget)

        self.video_feed_label = QLabel("Tekan 'Mulai' untuk menampilkan video feed")
        self.video_feed_label.setAlignment(Qt.AlignmentFlag.AlignCenter)
        self.video_feed_label.setStyleSheet("background-color: #2E2E2E; color: white; font-size: 16
    px; border: 1px solid #555;")
        self.video_feed_label.setMinimumSize(640, 480)
        left_layout.addWidget(self.video_feed_label, 5)

```

```
        bottom_controls_area = QWidget()
        bottom_controls_layout = QVBoxLayout(bottom_controls_area)

        self.duration_label = QLabel("Durasi: 00:00:00")
        self.duration_label.setAlignment(Qt.AlignmentFlag.AlignCenter)
        self.duration_label.setStyleSheet("font-size: 14px; margin-bottom: 5px;")
        bottom_controls_layout.addWidget(self.duration_label)

        buttons_layout = QHBoxLayout()
        self.start_button = QPushButton("Mulai Pengambilan Data")
        self.start_button.setStyleSheet("background-color: #4CAF50; color: white; padding: 8px;
    font-size:14px;")
        self.stop_button = QPushButton("Hentikan Pengambilan Data")
        self.stop_button.setStyleSheet("background-color: #F44336; color: white; padding: 8px; font
    -size:14px;")
        self.stop_button.setEnabled(False)
        buttons_layout.addWidget(self.start_button)
        buttons_layout.addWidget(self.stop_button)
        bottom_controls_layout.addLayout(buttons_layout)

        left_layout.addWidget(bottom_controls_area, 1)

        main_layout.addWidget(left_column_widget, 2)

        right_column_widget = QWidget()
        right_layout = QVBoxLayout(right_column_widget)

        self.resp_plot_widget = pg.PlotWidget(title="<font size='4'>Sinyal Pernapasan (RR)</font>")
        self.resp_plot_widget.setLabel('bottom', 'Waktu (detik)')
        self.resp_plot_widget.setLabel('left', 'Amplitudo Gerakan Bahu (px)')
        self.resp_plot_widget.showGrid(x=True, y=True, alpha=0.3)
        self.resp_plot_widget.getPlotItem().getViewBox().invertY(True)
        self.plot_curve_resp = self.resp_plot_widget.plot(pen=pg.mkPen('#00FFFF', width=2))
        right_layout.addWidget(self.resp_plot_widget)

        self.rppg_plot_widget = pg.PlotWidget(title="<font size='4'>Sinyal Detak Jantung (rPPG)</
    font>")
        self.rppg_plot_widget.setLabel('bottom', 'Waktu (detik)')
        self.rppg_plot_widget.setLabel('left', 'Amplitudo Sinyal G-B (dinormalisasi)')
        self.rppg_plot_widget.showGrid(x=True, y=True, alpha=0.3)
        self.rppg_plot_widget.enableAutoRange(axis='y', enable=True)
        self.plot_curve_rppg = self.rppg_plot_widget.plot(pen=pg.mkPen('#39FF14', width=2))
        right_layout.addWidget(self.rppg_plot_widget)

        results_info_layout = QHBoxLayout()
        self.rr_label = QLabel("Laju Napas: -")
        self.rr_label.setStyleSheet("font-size: 14px; font-weight: bold;")
        self.bpm_label = QLabel("Detak Jantung (via POS): -")
        self.bpm_label.setStyleSheet("font-size: 14px; font-weight: bold;")
        results_info_layout.addWidget(self.rr_label)
        results_info_layout.addStretch()
        results_info_layout.addWidget(self.bpm_label)
        right_layout.addLayout(results_info_layout)

        main_layout.addWidget(right_column_widget, 1)

        self.start_button.clicked.connect(self.start_signal_capture)
        self.stop_button.clicked.connect(self.stop_signal_capture)

        self.plot_timestamps_buffer, self.plot_resp_data_buffer, self.plot_rppg_data_buffer = [],
    [], []

```

```
        # Timer untuk update durasi
        self.duration_timer = QTimer(self)
        self.duration_timer.timeout.connect(self.update_duration_label)

    def update_duration_label(self):
        if self.is_running_capture and self.capture_start_time > 0:
            elapsed_seconds = int(time.time() - self.capture_start_time)
            # Format HH:MM:SS
            formatted_time = str(timedelta(seconds=elapsed_seconds))
            self.duration_label.setText(f"Durasi: {formatted_time}")
        else:
            self.duration_label.setText("Durasi: 00:00:00")


    def start_signal_capture(self):
        """Memulai capture dan processing sinyal dari kamera"""
        if self.is_running_capture:
            return
        self.is_running_capture = True
        self.capture_start_time = time.time()
        self.duration_timer.start(1000)
        self.update_duration_label()

        self.start_button.setEnabled(False)
        self.stop_button.setEnabled(True)
        self.rr_label.setText("Laju Napas: Mengukur...")
        self.bpm_label.setText("Detak Jantung (via POS): Mengukur...")
        self.video_feed_label.setText("Memulai kamera...")

        self.plot_timestamps_buffer.clear()
        self.plot_resp_data_buffer.clear()
        self.plot_rppg_data_buffer.clear()
        self.plot_curve_resp.clear()
        self.plot_curve_rppg.clear()

        self.signal_processing_worker = RealTimeSignalWorker()
        self.signal_processing_worker.signals.frame_update.connect(self.update_video_frame_display)
        self.signal_processing_worker.signals.data_update.connect(self.update_live_plots)
        self.signal_processing_worker.signals.results_update.connect(self.update_rr_bpm_results)
        self.signal_processing_worker.signals.finished.connect(self.
    on_capture_finished_save_results)
        self.signal_processing_worker.start()
        print("Thread RealTimeSignalWorker dimulai.")

    def stop_signal_capture(self):
        """Menghentikan capture dan processing sinyal"""
        self.duration_timer.stop() # Hentikan timer durasi
        if hasattr(self, 'signal_processing_worker') and self.is_running_capture:
            print("Perintah stop dikirim dari MainWindow ke RealTimeSignalWorker.")
            self.signal_processing_worker.stop()
            # Status is_running_capture akan di-set False di on_capture_finished_save_results

    def update_video_frame_display(self, cv_frame):
        """Update tampilan video feed di GUI"""
        rgb_image = cv2.cvtColor(cv_frame, cv2.COLOR_BGR2RGB)
        h, w, ch = rgb_image.shape
        bytes_per_line = ch * w
        qt_image = QImage(rgb_image.data, w, h, bytes_per_line, QImage.Format.Format_RGB888)
        self.video_feed_label.setPixmap(QPixmap.fromImage(qt_image).scaled(
            self.video_feed_label.size(),
            Qt.AspectRatioMode.KeepAspectRatio,
            Qt.TransformationMode.SmoothTransformation
```

```
        ))

    def update_live_plots(self, timestamp, resp_val, rppg_val):
        """Update plot real-time untuk sinyal pernapasan dan detak jantung"""
        self.plot_timestamps_buffer.append(timestamp)
        self.plot_resp_data_buffer.append(resp_val)
        self.plot_rppg_data_buffer.append(rppg_val)

        if len(self.plot_timestamps_buffer) > JUMLAH_DATA_PLOT:
            self.plot_timestamps_buffer.pop(0)
            self.plot_resp_data_buffer.pop(0)
            self.plot_rppg_data_buffer.pop(0)

        self.plot_curve_resp.setData(self.plot_timestamps_buffer, self.plot_resp_data_buffer)
        self.plot_curve_rppg.setData(self.plot_timestamps_buffer, self.plot_rppg_data_buffer)
        self.rppg_plot_widget.enableAutoRange(axis='y', enable=True)


    def update_rr_bpm_results(self, rr_str, bpm_str):
        """Update hasil pengukuran laju napas dan detak jantung di GUI"""
        self.rr_label.setText(f"Laju Napas: {rr_str}")
        self.bpm_label.setText(f"Detak Jantung (via POS): {bpm_str}")

    def on_capture_finished_save_results(self, all_timestamps, all_respiration_data,
    all_rppg_rgb_data, all_live_g_minus_b_plot_data):
        """Menyimpan hasil pengukuran ke file saat capture selesai"""
        print("Sinyal 'finished' diterima oleh MainWindow dari RealTimeSignalWorker.")
        self.is_running_capture = False # Penting untuk di-set di sini
        self.duration_timer.stop() # Pastikan timer durasi berhenti
        # self.duration_label.setText("Durasi: Selesai") # Atau biarkan nilai terakhir

        self.start_button.setEnabled(True)
        self.stop_button.setEnabled(False)
        self.video_feed_label.setText("Pengambilan data dihentikan. Tekan 'Mulai' lagi.")

        if len(all_timestamps) > 10:
            if not os.path.exists(FOLDER_HASIL):
                try:
                    os.makedirs(FOLDER_HASIL)
                    print(f"Folder '{FOLDER_HASIL}' telah dibuat.")
                except OSError as e:
                    print(f"Gagal membuat folder '{FOLDER_HASIL}': {e}")
                    return

            csv_file_path = self.save_raw_data_to_csv(all_timestamps, all_respiration_data,
    all_rppg_rgb_data)

            if csv_file_path:
                self.generate_and_save_matplotlib_summary_plots(csv_file_path)
        else:
            print("Tidak cukup data untuk disimpan atau di-plot.")

    def closeEvent(self, event):
        print("Menutup aplikasi...")
        self.duration_timer.stop() # Hentikan timer saat menutup aplikasi
        self.stop_signal_capture()
        if hasattr(self, 'signal_processing_worker'):
            self.signal_processing_worker.wait()
        super().closeEvent(event)

    def save_raw_data_to_csv(self, timestamps, raw_respiration_y_data, raw_rppg_mean_rgb_data):
        """Menyimpan data mentah ke file CSV"""
```

```
        if not os.path.exists(FOLDER_HASIL):
            try:
                os.makedirs(FOLDER_HASIL)
            except OSError as e:
                print(f"Gagal membuat folder '{FOLDER_HASIL}' untuk CSV: {e}")
                return None
        timestamp_str = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")
        csv_filename = os.path.join(FOLDER_HASIL, f"data_realtime_signal_{timestamp_str}.csv")
        try:
            with open(csv_filename, 'w', newline='') as csvfile:
                writer = csv.writer(csvfile)
                writer.writerow(['timestamp', 'raw_respiration_y_avg_shoulder',
                                 'raw_roi_mean_r', 'raw_roi_mean_g', 'raw_roi_mean_b'])
                for i in range(len(timestamps)):
                    ts = timestamps[i]
                    resp_y = raw_respiration_y_data[i]
                    rgb_val = raw_rppg_mean_rgb_data[i]
                    if isinstance(rgb_val, np.ndarray) and rgb_val.shape == (3,):
                        r_val, g_val, b_val = rgb_val[0], rgb_val[1], rgb_val[2]
                    else:
                        r_val, g_val, b_val = 0.0, 0.0, 0.0
                    writer.writerow([ts, resp_y, r_val, g_val, b_val])
            print(f"Data Sinyal Real-time disimpan ke CSV: {csv_filename}")
            return csv_filename
        except Exception as e:
            print(f"Gagal menyimpan data Sinyal Real-time ke CSV: {e}")
            return None

    def generate_and_save_matplotlib_summary_plots(self, csv_filepath):
        """Membuat dan menyimpan plot ringkasan menggunakan matplotlib"""
        print(f"Membuat plot Matplotlib ringkasan dari: {csv_filepath}")
        try:
            df = pd.read_csv(csv_filepath)
        except Exception as e:
            print(f"Gagal membaca CSV untuk plot Matplotlib: {e}")
            return
        if df.empty or len(df) <= 1:
            print("CSV kosong atau tidak cukup data, tidak bisa membuat plot Matplotlib ringkasan."
)
            return
        timestamps_csv = df['timestamp'].values
        raw_respiration_y_csv = df['raw_respiration_y_avg_shoulder'].values
        raw_r_csv = df['raw_roi_mean_r'].values
        raw_g_csv = df['raw_roi_mean_g'].values
        raw_b_csv = df['raw_roi_mean_b'].values
        if len(timestamps_csv) <= 1:
            print("Tidak cukup data timestamp di CSV untuk menghitung sample rate.")
            return
        csv_sample_rate = 1.0 / np.mean(np.diff(timestamps_csv))
        if csv_sample_rate <= 0:
            print(f"Sample rate dari CSV tidak valid: {csv_sample_rate:.2f}. Menggunakan default 30
Hz.")
            csv_sample_rate = 30.0
        filtered_respiration_csv = vp.filter_sinyal_respirasi(raw_respiration_y_csv,
csv_sample_rate)
        rr_result_csv = vp.hitung_laju_napas(filtered_respiration_csv, csv_sample_rate)
        print(f"Laju Napas (dari CSV): {rr_result_csv}")
        raw_rgb_signal_csv = np.array([raw_r_csv, raw_g_csv, raw_b_csv])
        bpm_result_csv = vp.hitung_detak_jantung(raw_rgb_signal_csv, csv_sample_rate)
        print(f"Detak Jantung (dari CSV via POS): {bpm_result_csv}")
        if raw_rgb_signal_csv.shape[1] > int(2 * csv_sample_rate):
            detrended_rgb_csv = vp.detrend_signal(raw_rgb_signal_csv, type='linear')
```

```
            pulse_signal_pos_csv = vp.cpu_POS(detrended_rgb_csv, csv_sample_rate)
            if pulse_signal_pos_csv is not None and len(pulse_signal_pos_csv) > 0:
                filtered_rppg_csv_for_plot = vp.bandpass_filter_rppg(pulse_signal_pos_csv, csv_sample_rate)
            else:
                print("Sinyal POS dari CSV kosong atau tidak valid untuk plot Matplotlib.")
                filtered_rppg_csv_for_plot = np.zeros_like(timestamps_csv)
        else:
            print("Tidak cukup data RGB di CSV untuk proses rPPG untuk plot Matplotlib.")
            filtered_rppg_csv_for_plot = np.zeros_like(timestamps_csv)
        if len(filtered_respiration_csv) > 0:
            filtered_resp_plot_csv = filtered_respiration_csv - np.mean(filtered_respiration_csv)
        else:
            filtered_resp_plot_csv = np.zeros_like(timestamps_csv)
        fig_summary, axs_summary = plt.subplots(2, 1, figsize=(14, 9), sharex=True)
        base_filename_csv = os.path.splitext(os.path.basename(csv_filepath))[0]
        fig_summary.suptitle(f"Ringkasan Analisis Sinyal Real-time (Matplotlib) - {base_filename_csv}", fontsize=16)
        axs_summary[0].plot(timestamps_csv, filtered_resp_plot_csv, label=f'Sinyal Respirasi Terfilter (RR: {rr_result_csv})', color='c', linewidth=1.5)
        axs_summary[0].set_ylabel('Amplitudo Gerakan Bahu (px)')
        axs_summary[0].set_title('Analisis Sinyal Pernapasan (dari Data CSV)')
        axs_summary[0].legend(loc='upper right')
        axs_summary[0].grid(True, linestyle=':', alpha=0.6)
        stable_start_time_sec = 5.0
        if len(timestamps_csv) > 0 and len(filtered_resp_plot_csv) > 0 and timestamps_csv[-1] > stable_start_time_sec:
            try:
                if np.any(timestamps_csv >= stable_start_time_sec):
                    stable_idx_start = np.argmax(timestamps_csv >= stable_start_time_sec)
                else:
                    stable_idx_start = len(timestamps_csv)
            except ValueError:
                stable_idx_start = 0
            if stable_idx_start < len(filtered_resp_plot_csv) - 1:
                data_for_scaling = filtered_resp_plot_csv[stable_idx_start:]
                if len(data_for_scaling) > 1:
                    min_val = np.min(data_for_scaling)
                    max_val = np.max(data_for_scaling)
                    padding = (max_val - min_val) * 0.1
                    if padding < 0.5: padding = 0.5
                    if (max_val - min_val) < 0.1:
                        mean_stable_segment = np.mean(data_for_scaling)
                        axs_summary[0].set_ylim([mean_stable_segment - 2, mean_stable_segment + 2])
                        print(f"Info: Sinyal respirasi setelah {stable_start_time_sec}s hampir datar. Zoom ke +/- 2px.")
                    else:
                        axs_summary[0].set_ylim([min_val - padding, max_val + padding])
                        print(f"Info: Skala Y respirasi diatur ke [{min_val - padding:.2f}, {max_val + padding:.2f}] (berdasarkan data setelah {stable_start_time_sec}s).")
            else:
                print(f"Info: Tidak cukup data respirasi setelah {stable_start_time_sec}s untuk penyesuaian skala Y otomatis.")
        else:
            print("Info: Durasi data respirasi terlalu pendek atau data kosong untuk penyesuaian skala Y otomatis.")
        axs_summary[1].plot(timestamps_csv, filtered_rppg_csv_for_plot, label=f'Sinyal rPPG Terfilter (BPM via POS: {bpm_result_csv})', color='g', linewidth=1.5)
        axs_summary[1].set_ylabel('Amplitudo Sinyal POS Terfilter')
        axs_summary[1].set_title(f'Analisis Sinyal rPPG (Detak Jantung - dari Data CSV)')
        axs_summary[1].legend(loc='upper right')
        axs_summary[1].grid(True, linestyle=':', alpha=0.6)
```

```
        axs_summary[1].set_xlabel('Waktu (detik)')
        plt.tight_layout(rect=[0, 0.03, 1, 0.95])
        mpl_summary_plot_filename = os.path.join(FOLDER_HASIL, f"plot_matplotlib_ringkasan_signal_{base_filename_csv}.png")
        try:
            plt.savefig(mpl_summary_plot_filename)
            print(f"Plot Matplotlib ringkasan disimpan ke: {mpl_summary_plot_filename}")
        except Exception as e:
            print(f"Gagal menyimpan plot Matplotlib ringkasan: {e}")
        plt.close(fig_summary)

```

Kode 13: Kelas RealTimeSignalWorker

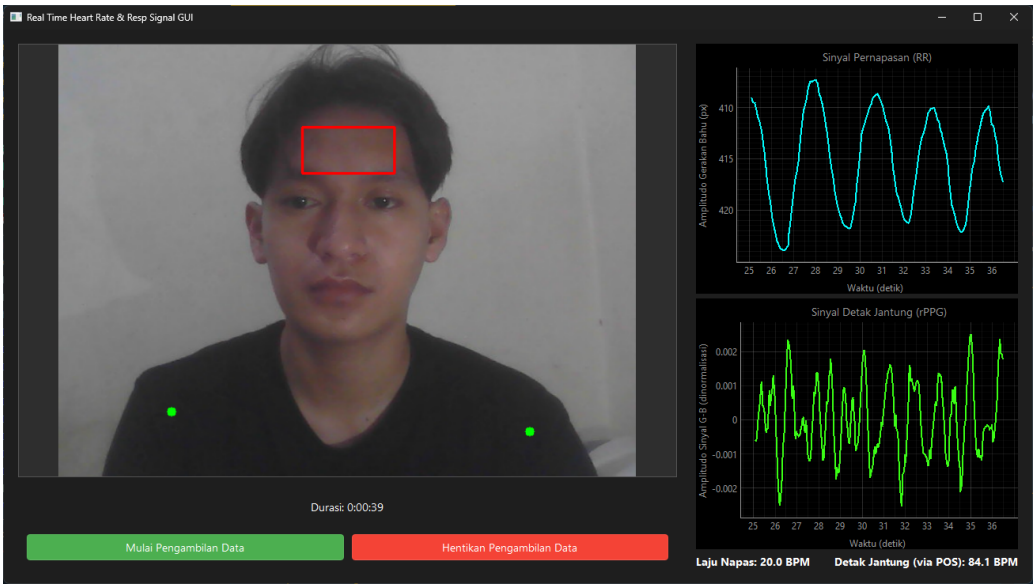
Penjelasan Fungsi dalam Kelas `MainWindow`

- **Fungsi `__init__()`**:
  - Menginisialisasi jendela utama, mengatur judul dan geometri.
  - Membangun tata letak GUI menggunakan `QHBoxLayout` dan `QVBoxLayout`.
  - Membuat widget seperti `QLabel` untuk tampilan video (`video_feed_label`), label hasil RR (`rr_label`) dan BPM (`bpm_label`), serta label durasi (`duration_label`).
  - Membuat `QPushButton` untuk "Mulai Pengambilan Data" (`start_button`) dan "Hentikan Pengambilan Data" (`stop_button`).
  - Menginisialisasi `pg.PlotWidget` untuk plot sinyal respirasi (`resp_plot_widget`) dan rPPG (`rppg_plot_widget`) secara *real-time*.
  - Menghubungkan sinyal `clicked` dari tombol ke fungsi yang sesuai (`start_signal_capture` dan `stop_signal_capture`).
  - Menginisialisasi buffer untuk data plot: `plot_timestamps_buffer`, `plot_resp_data_buffer`, dan `plot_rppg_data_buffer`.
  - Menginisialisasi `QTimer` (`duration_timer`) untuk memperbarui tampilan durasi perekaman.
- **Fungsi `start_signal_capture()`**: Dipanggil saat tombol "Mulai" ditekan. Memulai `RealTimeSignalWorke` mengatur ulang tampilan, dan mengaktifkan/menonaktifkan tombol.
- **Fungsi `stop_signal_capture()`**: Dipanggil saat tombol "Hentikan" ditekan. Mengirim sinyal stop ke `RealTimeSignalWorker`.
- **Fungsi `update_video_frame_display(cv_frame)`**: Menerima frame video dari *worker thread* dan menampilkannya di `video_feed_label`.
- **Fungsi `update_live_plots(timestamp, resp_val, rppg_val)`**: Menerima data sinyal terbaru dan memperbarui plot di `resp_plot_widget` dan `rppg_plot_widget` (menampilkan maksimal `JUMLAH_DATA_PLOT` poin terakhir).
- **Fungsi `update_rr_bpm_results(rr_str, bpm_str)`**: Memperbarui label `rr_label` dan `bpm_label` dengan hasil estimasi terbaru.
- **Fungsi `on_capture_finished_save_results(...)`**: Dipanggil saat *worker thread* selesai. Menyimpan data mentah ke CSV menggunakan `save_raw_data_to_csv()` dan menghasilkan plot ringkasan menggunakan `generate_and_save_matplotlib_summary_plots()`.
- **Fungsi `save_raw_data_to_csv(...)`**: Membuat file CSV di folder `FOLDER_HASIL` dan menulis data timestamp, posisi bahu, serta nilai rata-rata R, G, B dari ROI.

- **Fungsi `generate_and_save_matplotlib_summary_plots(csv_filepath)`**: Membaca data dari file CSV yang baru disimpan, memproses ulang sinyal respirasi dan rPPG menggunakan fungsi dari `signal_processing.py`, kemudian membuat plot ringkasan menggunakan `Matplotlib` dan menyimpannya sebagai file gambar.
- **Fungsi `closeEvent(event)`**: Menangani penutupan aplikasi dan memastikan *worker thread* dihentikan dengan benar.

4 Hasil

Berdasarkan hasil implementasi, program berhasil mendeteksi wajah dan bahu dengan menggunakan MediaPipe.



Gambar 1: Hasil Deteksi Program

Proyek ini berhasil mengembangkan sebuah program *real-time* untuk mendeteksi sinyal respirasi dan rPPG menggunakan Python, OpenCV, dan MediaPipe. Sinyal respirasi diekstraksi melalui analisis pergerakan bahu menggunakan MediaPipe Pose, sementara sinyal rPPG diperoleh dari perubahan warna pada area dahi (*Region of Interest*/ROI) dengan bantuan MediaPipe Face Detection, yang kemudian diproses menggunakan metode POS (*Plane-Orthogonal-to-Skin*).
Sinyal mentah yang diperoleh selanjutnya diproses dalam modul `signal_processing.py`, yang mencakup tahapan *detrending*, penyaringan menggunakan filter Butterworth (low-pass untuk sinyal respirasi dan band-pass untuk sinyal rPPG), serta estimasi laju pernapasan (*Respiratory Rate*/RR) melalui analisis FFT, dan estimasi detak jantung (*Beats Per Minute*/BPM).
Aplikasi ini dilengkapi dengan antarmuka pengguna grafis (GUI) yang dibangun menggunakan PyQt6 dan PyQtGraph. GUI ini menampilkan video secara langsung, visualisasi sinyal *real-time*, serta hasil estimasi nilai RR dan BPM. Selain itu, program juga menyediakan fitur untuk menyimpan data sinyal mentah ke dalam file CSV dan menyimpan grafik hasil analisis dalam format gambar untuk keperluan dokumentasi atau analisis lanjutan.

5 Referensi

- ChatGPT1

- GeminiAI1
- GeminiAI2
- ChatGPT2

References

[1] W. Wang and A. C. den Brinker, "Algorithmic insights of camera-based respiratory motion extraction," *Physiological Measurement*, vol. 43, no. 7, p. 075004, Jul. 2022. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1088/1361-6579/ac5b49

[2] R. Castellano Ontiveros, M. Elgendi, and C. Menon, "A machine learning-based approach for constructing remote photoplethysmogram signals from video cameras," *Communications Medicine*, vol. 4, no. 1, p. 109, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.1038/s43856-024-00519-6