

PROPOSAL EKSPERIMEN FISIKA
ALAT PENDETEKSI DETAK JANTUNG DENGAN CAMERA-BASED REMOTE
PHOTOPLETHYSMOGRAM (rPPG) MENGGUNAKAN FAST FOURIER
TRANSFORM (FFT)

Disusun untuk memenuhi tugas mata kuliah eksperimen fisika



Nama / NRM : Khansa Farras Callista / 1306621067

Kelas : Fisika B

Dosen Pengampu : Dr. Esmar Budi, S.Si., MT

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2023

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pengukuran detak jantung adalah indikator penting dalam pemantauan kesehatan dan diagnosis medis. Metode tradisional untuk mengukur detak jantung melibatkan peralatan medis khusus seperti elektrokardiogram (ECG) atau pulse oximeter yang perlu dipasang pada tubuh pasien. Namun, perkembangan teknologi telah membuka peluang untuk melakukan pengukuran detak jantung secara non-invasif dengan menggunakan kamera yang terpasang pada perangkat seperti ponsel pintar atau komputer.

Teknologi yang berkembang tersebut menggunakan Camera-based Remote Photoplethysmography (rPPG), yang memanfaatkan perubahan cahaya yang terdeteksi oleh kamera saat melewati kulit untuk mengukur perubahan volume darah dalam pembuluh darah mikrosirkulasi. Namun, analisis sinyal rPPG untuk mendapatkan detak jantung yang akurat dapat menjadi tantangan. Penggunaan Discrete Fourier Transform (DFT) adalah salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah ini dengan mengubah domain waktu sinyal menjadi domain frekuensi.

Pemanfaatan Discrete Fourier Transform (DFT) adalah algoritma matematis yang digunakan untuk menganalisis sinyal dalam domain frekuensi. Dalam konteks rPPG, DFT mentransformasi sinyal waktu dari perubahan cahaya pada kulit menjadi domain frekuensi yang memungkinkan kita untuk mengidentifikasi komponen frekuensi yang sesuai dengan detak jantung. Dengan menggunakan DFT, kita dapat menghilangkan gangguan dan noise dari sinyal rPPG, yang meningkatkan akurasi pengukuran detak jantung.

Pengembangan alat pendeteksi detak jantung dengan rPPG dan DFT memiliki potensi besar dalam pemantauan kesehatan mandiri. Selain mempermudah untuk mengukur detak jantung tanpa harus kontak langsung dan menggunakan peralatan medis yang rumit, alat ini juga dapat digunakan dalam berbagai konteks, seperti pemantauan jarak jauh oleh tenaga medis, pemantauan olahraga, dan pemantauan kesehatan umum. Dengan peningkatan terus-menerus dalam analisis sinyal dan teknologi kamera, pendeteksi detak jantung dengan rPPG dan DFT dapat menjadi alat penting dalam perawatan kesehatan masa depan.

1.2 TUJUAN

1. Mengukur detak jantung secara non-invasif dan real-time menggunakan kamera yang terpasang pada perangkat umum seperti ponsel pintar atau komputer.
2. Meningkatkan akurasi pengukuran detak jantung dengan menerapkan DFT pada sinyal rPPG untuk mengidentifikasi frekuensi dominan yang sesuai dengan detak jantung.
3. Menggabungkan teknologi rPPG dengan pengolahan citra digital menggunakan OpenCV untuk analisis citra dan ekstraksi sinyal rPPG.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 FISILOGI JANTUNG DAN SISTEM PEREDARAN DARAH

Jantung merupakan organ vital yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Dari hasil pemompaan darah tersebut maka tercipta detak jantung yang bisa kita rasakan atau kita ukur. Perhitungan detak jantung mengacu pada jumlah waktu yang dibutuhkan oleh detak jantung per satuan waktu, atau biasa disebut beats per minute (BPM). Rata-rata detak jantung dipaparkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata detak jantung manusia
(Sollu dkk, 2018)

Umur (tahun)	Rata-rata (bpm)
<1	120
1-3	105
3-6	100
6-12	83
12-18	85
18-69	80
>69	80

$$BPM = 60 \times hz$$

2.2 PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Citra atau gambar merupakan representasi visual dari suatu objek yang berisi pixel atau picture element yang memiliki koordinat (x,y) dan amplitudo f(x,y). Koordinat (x,y) menunjukkan letak/posisi piksel dalam suatu citra, sedangkan amplitudo f(x,y) menunjukkan nilai intensitas warna citra (Ratna, 2020). Jenis citra ini dapat bersifat analog dan digital. Citra analog bersifat kontinu seperti yang ditampilkan pada foto sinar x dan hasil CT Scan. Citra digital merupakan representasi dari fungsi intensitas cahaya dalam bentuk diskrit pada bidang dua dimensi. Citra digital terdapat beberapa tipe yaitu citra biner,

citra grayscale, citra warna. Citra warna tersendiri memiliki komponen-komponen warna meliputi Ruang warna yang banyak dikenal yaitu Red Green Blue (RGB), Cyan Magenta Yellow Black (CMYK), dan Hue Saturation Value (HSV) (Sipayung dkk, 2018).

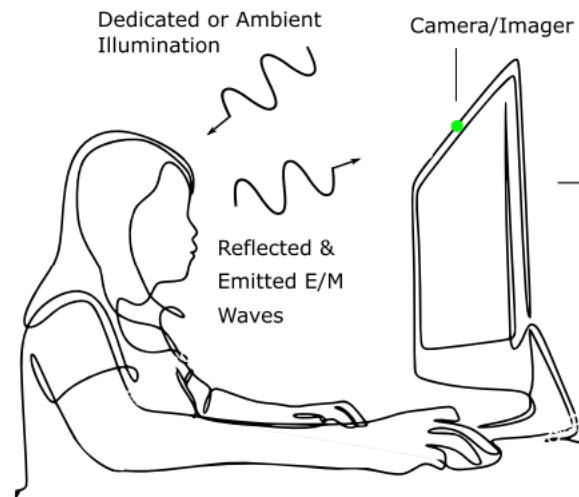
Pengolahan citra digital (Digital Image Processing) adalah bidang ilmu yang mempelajari bagaimana suatu citra digital itu dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga dapat dipahami oleh manusia. Pada pengolahan citra digital ini juga dipelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik) (Ramadhan & Cahya, 2020).

2.3 OPEN CV

Open CV atau yang biasa disebut dengan open source computer vision merupakan kerangka kerja atau libraries untuk mengimplementasikan aplikasi visi komputer (Gollapudi 2019). Secara singkatnya open CV merupakan libraries untuk menganalisis dataset foto atau video dengan AI dan deep learning. Open CV ini didukung oleh Windows, Linux, dan Mac-OS, serta sistem operasi dan antarmuka lain untuk C++ Python, Java, dan MATLAB.

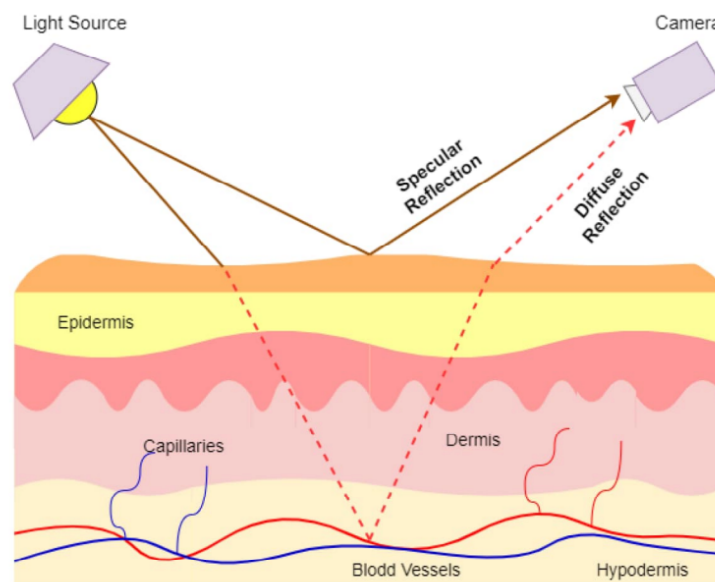
2.4 CAMERA-BASED REMOTE PHOTOPLETHYSMOGRAPHY

Photoplethysmography (PPG) merupakan metode pengukuran optik sederhana yang dapat digunakan untuk mendeteksi detak jantung menggunakan sumber cahaya pada permukaan kulit untuk mengukur perubahan volume darah yang bersirkulasi. (McDuff, 2018). Seiringnya berjalan waktu, para peneliti menyelusuri lebih dalam mengenai PPG sehingga dapat dilakukan tanpa terlibat kontak atau secara non-invasif, sehingga tercipta Remote Photoplethysmography (rPPG). Pada rPPG maka detak jantung dapat terdeteksi hanya dengan camera dengan menangkap hasil perubahan tingkat warna pixel pada permukaan kulit. Metode ini sangat berguna untuk mencegah penyebaran virus atau penyakit yang dapat menular jika dilakukan kontak langsung.



Gambar 1. Cara kerja remote photoplethysmography
(McDuff, 2023)

Remote Photoplethysmography (rPPG) dapat bekerja ketika kamera diarahkan kepada subjek yang akan diteliti kemudian mulai merekam video. Dari video tersebut akan terekam wajah seseorang yang kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi area yang paling mudah diambil sampel perubahan (seperti dahi) dan mengekstrak sinyal warna dari area tersebut (Philbert, 2023). Hal ini dilakukan dengan menganalisis sinyal gelombang cahaya pada video. Sinyal ini akan dikonversi menjadi domain frekuensi dengan menggunakan discrete fourier transform.



Gambar 2. Refleksi cahaya terhadap kulit
(Revanur, dkk. 2021)

Dari gambar berikut, sinyalnya diperoleh dengan menggunakan camera perpaduan refleksi spekuler yang berasal dari permukaan kulit. Refleksi specular menyerupai cermin dan tidak membawa informasi yang berdetak. tampilan dari spektrum cahaya mirip dengan sumber cahaya. Refleksi ini dipengaruhi oleh posisi antara permukaan kulit dengan sumber cahaya dan kamera, sehingga dapat berubah bila tubuh terus bergerak. Refleksi difus muncul karena cahaya diserap dan dihamburkan di dalamnya jaringan kulit. refleksi difus dipengaruhi oleh kehadiran hemoglobin dan melanin pada jaringan kulit. Itu berubah dengan variasi volume darah dan bergantung pada waktu (Nguyen, 2023).

2.5 FAST FOURIER TRANSFORM (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) dapat mengubah sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi (Mateo & Talavera, 2018). Dalam konteks frekuensi detak jantung, FFT dapat digunakan untuk menganalisis komponen spektral dari sinyal detak jantung. Pada FFT akan dicari frekuensi puncak yang kemudian akan dikalikan dengan 60 menghasilkan hasil detak jantung. Berikut merupakan Persamaan Transformasi fourier yang digunakan,

$$fourierTransformAvg[buf] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} fourierTransform[buf][n]$$

Dengan N merupakan jumlah elemen pada `fourierTransform[buf]`. Kemudian dilanjutkan dengan mencari frekuensi puncak dengan

$$hz = frequencies[argmax(fourierTransformAvg)]$$

dimana `argmax(fourierTransformAvg)` merupakan indeks dari nilai maksimum dalam `fourierTransformAvg` yang kemudian dikalikan 60 sehingga menghasilkan detak jantung.

$$bpm = 60,0 \times hz$$

BAB III

MOTODELOGI

3.1 ALAT DAN BAHAN

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam project ini:

- 1) Kamera ponsel
- 2) Laptop
- 3) Oximeter
- 4) Stopwatch
- 5) Visual Studio Code
- 6) Python 3.10

3.2 PROSEDUR PERCOBAAN

Berikut adalah langkah-langkahnya:

1. Mengimport library yang diperlukan
2. Melakukan perekaman video menggunakan kamera pada ponsel
3. Menginisialisasi variabel dan parameter yang diperlukan
4. Membangun piramida Gaussian dan merekonstruksi frame.
5. Mekstraksi sinyal rPPG dengan memilih piksel atau area tertentu yang bergerak di dalam gambar. Perubahan cahaya pada area ini akan direkam sebagai sinyal waktu.
6. Menerapkan Fast Fourier Transform (FFT) pada sinyal waktu rPPG. FFT akan mengubah sinyal waktu menjadi domain frekuensi. Rumus FFT yang digunakan adalah:

$$fourierTransformAvg[buf] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} fourierTransform[buf][n]$$

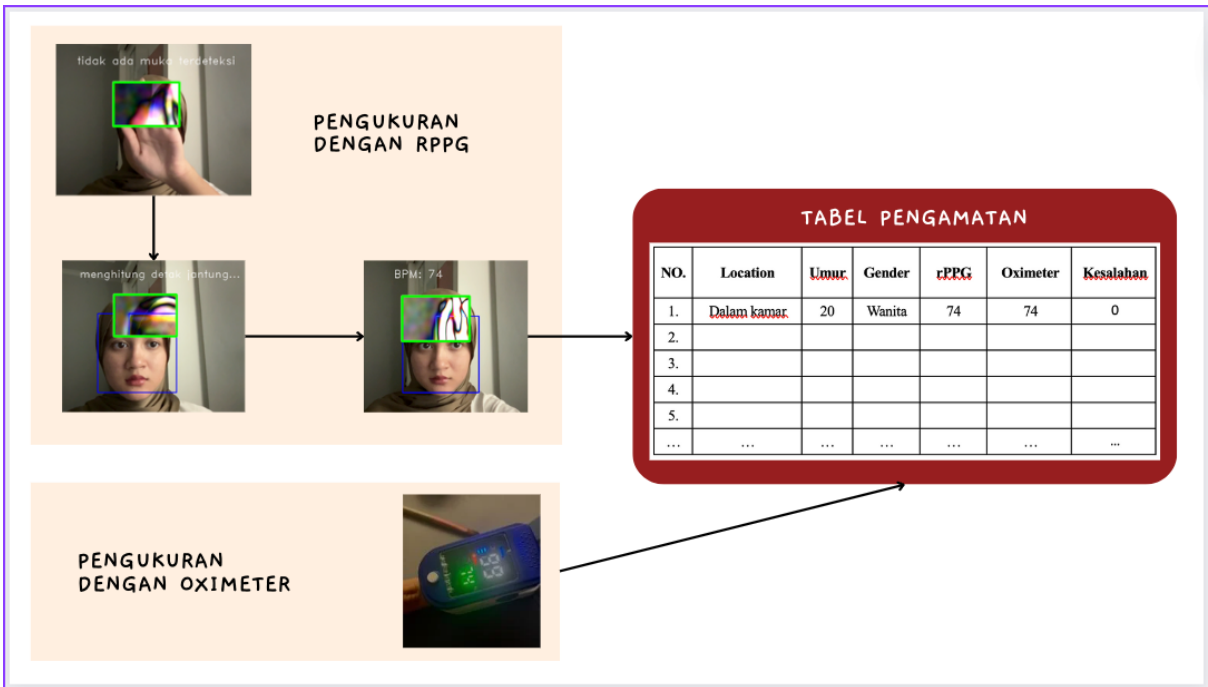
$$hz = frequencies[argmax(fourierTransformAvg)]$$

7. Menghitung detak jantung dengan mengonversi frekuensi yang teridentifikasi menjadi detak per menit (BPM).

$$bpm = 60,0 \times hz$$

8. Menampilkan frame dan BPM
9. Menganalisis hasil dan evaluasi program.

3.3 RANCANGAN RANGKAIAN



BAB IV

PROSEDUR

4.1 TABEL PENGAMATAN

NO.	Location	Umur	Gender	rPPG	Oximeter	Error (%)
1.						
2.						
3.						
...

4.2 CONTOH PERHITUNGAN

Untuk dapat menghasilkan detak jantung pada Remote Photoplethysmography (rPPG) digunakan Fast Fourier Transform (FFT). FFT digunakan untuk menganalisis komponen spektral dari sinyal detak jantung yang dihasilkan dari rPPG. Untuk menghitung detak jantung maka dilakukan penentuan range frekuensi terlebih dahulu yaitu berkisar 1 hingga 1,6 Hz. Kemudian membangun gaussian pyramid dan menghitung fourier transform dari gaussian pyramid tersebut. Kemudian mencari nilai maksimum atau frekuensi puncak dalam `fourierTransformAvg`.

$$fourierTransformAvg[buf] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} fourierTransform[buf][n]$$

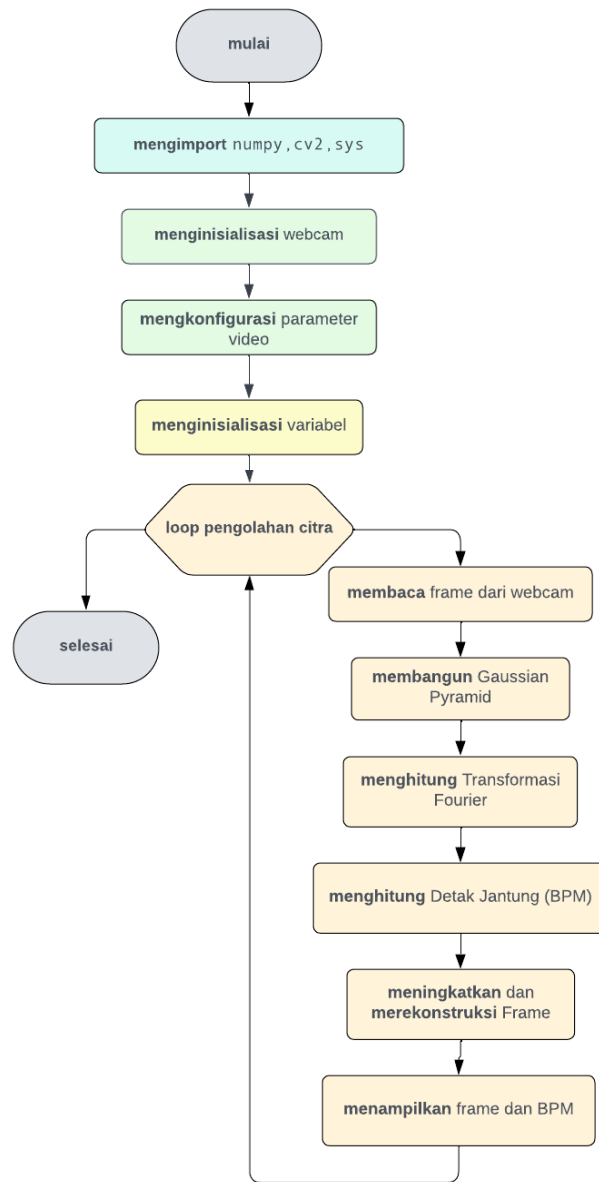
$$hz = frequencies[argmax(fourierTransformAvg)]$$

misalkan hasil frekuensi puncaknya adalah 1,3 maka dihasilkan bpm atau detak jantung sebesar 78 dengan rumus berikut,

$$bpm = 60,0 \times hz$$

Penentuan range ini dapat disesuaikan Kembali mengikuti hasil oximeter untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi.

4.3 DIAGRAM ALIR



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 TABEL HASIL PENGAMATAN

NO.	Lokasi	Umur	Gender	rPPG	Oximeter	Error (%)
1.	Dalam Restaurant dengan pencahayaan lampu ruangan	21	Pria	78	78	0
2.		22	Wanita	74	73	1,4
3.		43	Wanita	72	72	0
4.		43	Pria	81	83	2,4
5.		47	Wanita	74	73	1,4
6.		47	Pria	78	82	4,9
7.		50	Wanita	80	79	1,3
8.		50	Pria	81	78	3,8
9.		70	Wanita	78	75	4
10.		72	Wanita	82	80	2,5
11.		73	Pria	81	83	2,4
12.	Di luar ruangan dengan pencahayaan matahari pada jam 8-9 pagi	32	Wanita	60	60	0
13.		52	Wanita	90	89	1,1
14.		33	Wanita	121	105	15,2
15.		56	Wanita	73	70	4,2
16.		33	Wanita	81	78	3,8
17.		54	Wanita	87	86	1,1
18.	Dalam Kamar dengan	20	Wanita	74	74	0
19.		52	Wanita	66	65	1,5

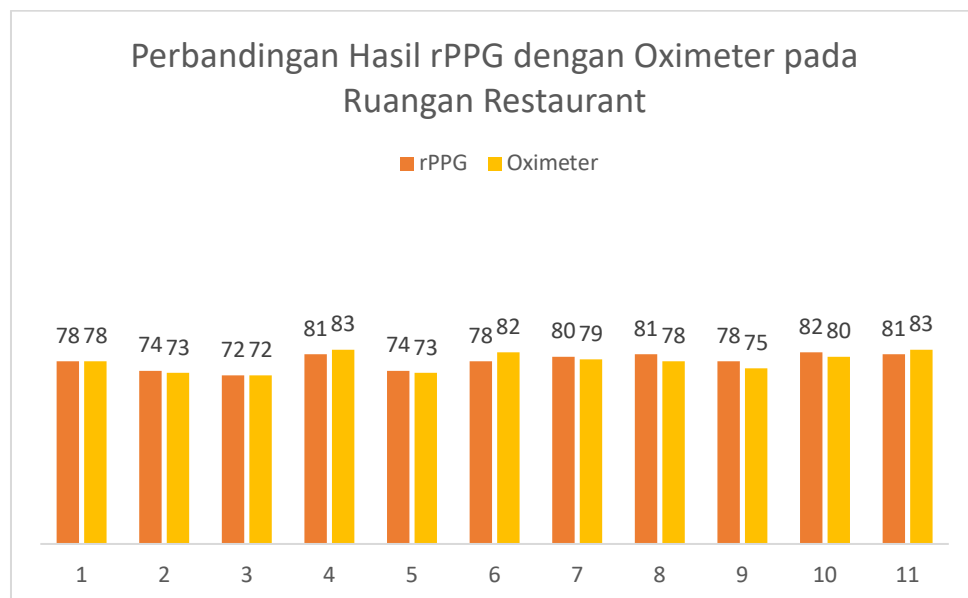
20.	pencahayaannya lampu ruangan	51	Pria	73	74	1,3
-----	---------------------------------	----	------	----	----	-----

5.2 GRAFIK HASIL PENGAMATAN

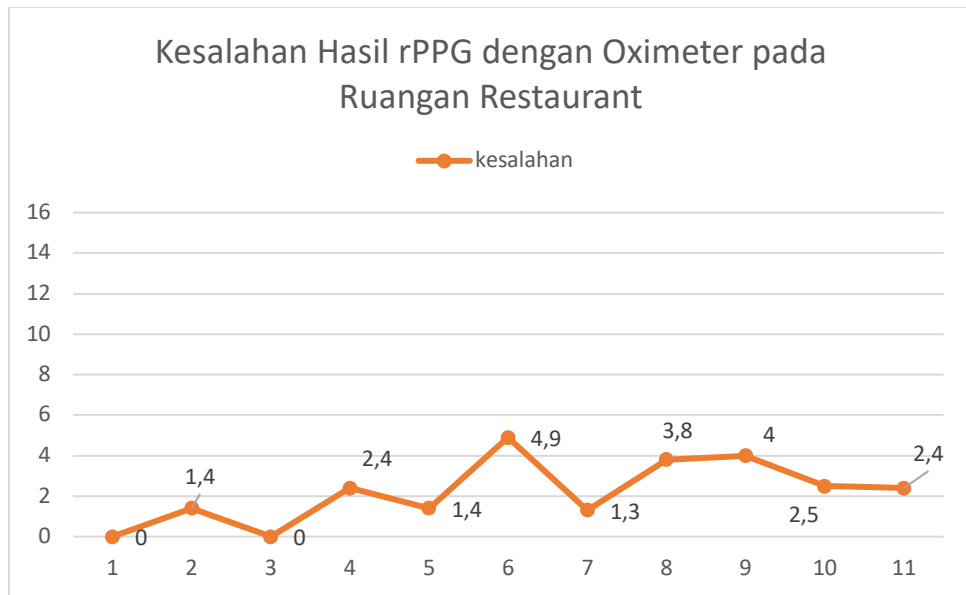
Pada eksperimen ini dihasilkan 20 percobaan mengukur detak jantung dengan rPPG. 20 percobaan ini berkisar umur 20 hingga 73 tahun dengan 3 lokasi berbeda. Pada data pertama hingga ke 11 dilakukan pada ruangan restaurant, untuk data 12 sampai 17 dilakukan di luar ruangan dengan pencahayaan matahari sekitar jam 8 hingga 9 pagi. Dan untuk data 18 hingga 20 dilakukan pada ruang kamar

1. Eksperimen pada ruangan restaurant

- Perbandingan hasil rPPG dengan Oximeter

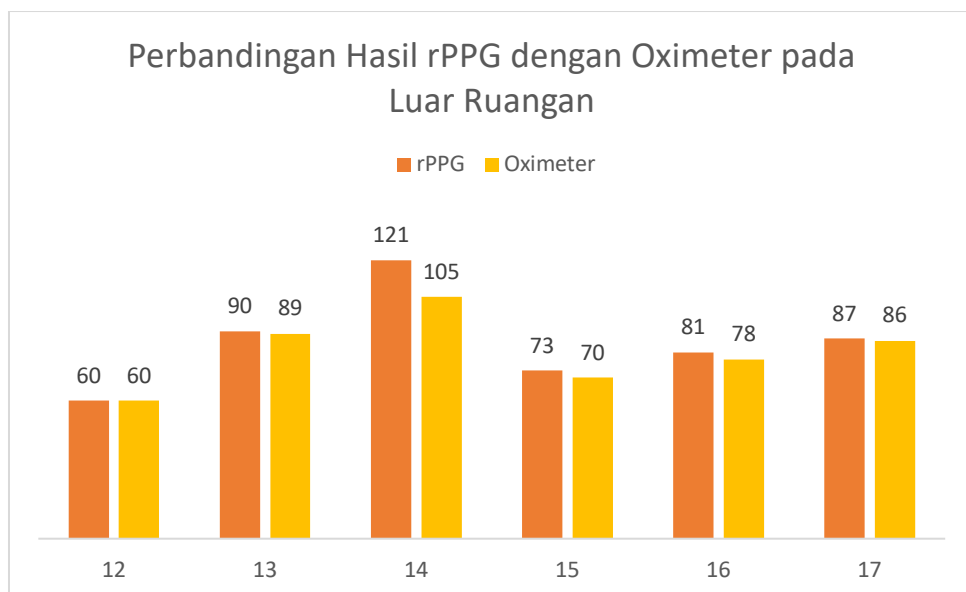


- Kesalahan hasil rPPG dengan Oximeter



2. Eksperimen pada luar ruangan

- Perbandingan hasil rPPG dengan Oximeter

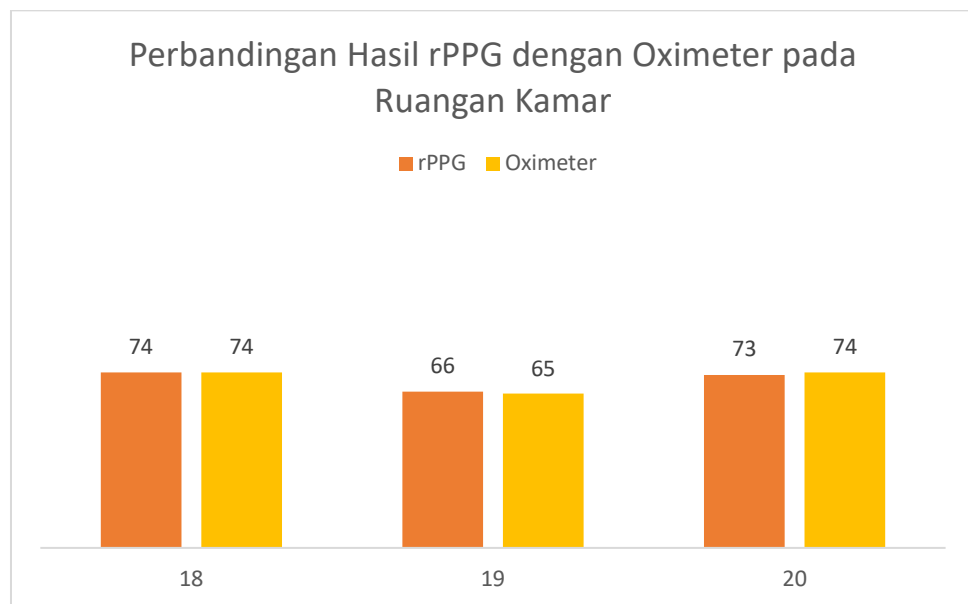


- Kesalahan hasil rPPG dengan Oximeter

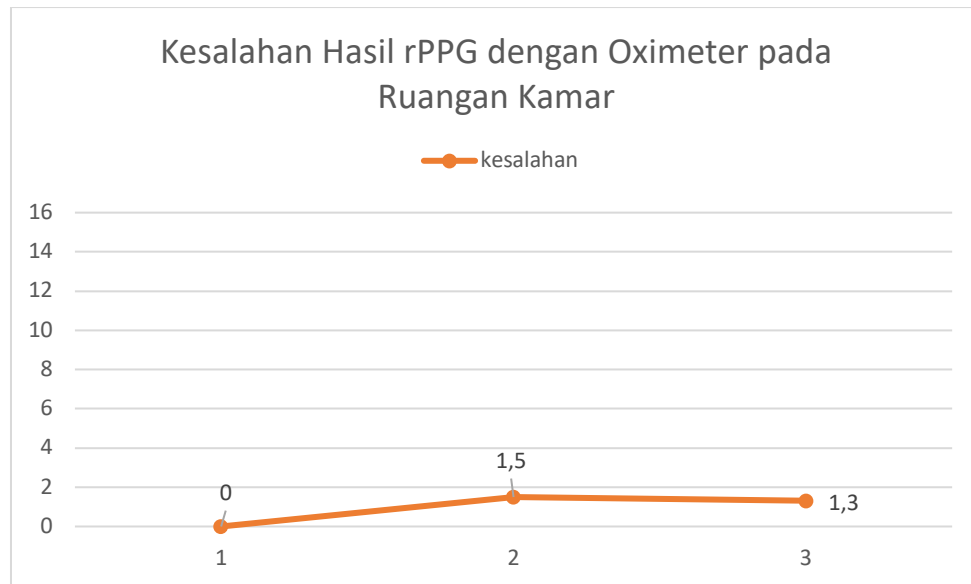


3. Eksperimen pada ruangan kamar

- Perbandingan hasil rPPG dengan Oximeter



- Kesalahan hasil rPPG dengan Oximeter



5.3 PERHITUNGAN

Pada eksperimen ini dihasilkan 20 percobaan mengukur detak jantung dengan rPPG. 20 percobaan ini berkisar umur 20 hingga 73 tahun dengan 3 lokasi berbeda. Pada data pertama hingga ke 11 dilakukan pada ruangan restaurant, untuk data 12 sampai 17 dilakukan di luar ruangan dengan pencahayaan matahari sekitar jam 8 hingga 9 pagi. Dan untuk data 18 hingga 20 dilakukan pada ruang kamar.

Untuk melakukan perhitungan detak jantung maka dilakukan penentuan range frekuensi terlebih dahulu yaitu berkisar 1 hingga 1,6 Hz. Kemudian membangun gaussian pyramid dan menghitung fourier transform dari gaussian pyramid tersebut. Kemudian mencari nilai maksimum atau frekuensi puncak dalam `fourierTransformAvg`.

$$fourierTransformAvg[buf] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} fourierTransform[buf][n]$$

$$hz = frequencies[argmax(fourierTransformAvg)]$$

Sehingga dari data pengamatan berikut dihasilkan perhitungan hz yang kemudian akan dikalikan dengan 60 menghasilkan bpm atau detak jantungnya

$$bpm = hz \times 60$$

NO.	Lokasi	Umur	Gender	frekuensi	Bpm rPPG
1.	Dalam	21	Pria	$hz = 1,23$	$bpm = 1,3 \times 60 = 78$
2.	Restaurant	22	Wanita	$hz = 1,23$	$bpm = 1,23 \times 60 = 74$

3.	dengan pencahayaan lampu ruangan	43	Wanita	$hz = 1,2$	$bpm = 1,2 \times 60 = 72$
4.		43	Pria	$hz = 1,35$	$bpm = 1,35 \times 60 = 81$
5.		47	Wanita	$hz = 1,23$	$bpm = 1,23 \times 60 = 74$
6.		47	Pria	$hz = 1,3$	$bpm = 1,3 \times 60 = 78$
7.		50	Wanita	$hz = 1,33$	$bpm = 1,33 \times 60 = 80$
8.		50	Pria	$hz = 1,35$	$bpm = 1,35 \times 60 = 81$
9.		70	Wanita	$hz = 1,3$	$bpm = 1,3 \times 60 = 78$
10.		72	Wanita	$hz = 1,367$	$bpm = 1,367 \times 60 = 82$
11.		73	Pria	$hz = 1,35$	$bpm = 1,35 \times 60 = 81$
12.	Di luar ruangan dengan pencahayaan matahari pada jam 8-9 pagi	32	Wanita	$hz = 1,0$	$bpm = 1,0 \times 60 = 60$
13.		52	Wanita	$hz = 1,5$	$bpm = 1,5 \times 60 = 90$
14.		33	Wanita	$hz = 2,01$	$bpm = 2,01 \times 60 = 121$
15.		56	Wanita	$hz = 1,21$	$bpm = 1,21 \times 60 = 73$
16.		33	Wanita	$hz = 1,35$	$bpm = 1,35 \times 60 = 81$
17.		54	Wanita	$hz = 1,45$	$bpm = 1,45 \times 60 = 87$
18.	Dalam Kamar dengan pencahayaan lampu ruangan	20	Wanita	$hz = 1,23$	$bpm = 1,23 \times 60 = 74$
19.		52	Wanita	$hz = 1,1$	$bpm = 1,1 \times 60 = 66$
20.		51	Pria	$hz = 1,21$	$bpm = 1,21 \times 60 = 73$

5.4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada eksperimen ini telah dilakukan percobaan menghitung detak jantung menggunakan rPPG. Kemudian hasil ini akan dibandingkan dengan hasil yang didapatkan pada oximeter untuk melihat apakah hasil rPPG memiliki akurasi yang cukup baik atau tidak. Sebelumnya pengukuran ini dilakukan selama 20 detik masing-masing menghasilkan rata-rata yang didapat pada tabel pengamatan. Untuk melihat akurasi rPPG maka akan dihitung nilai error atau kesalahan dari setiap data. Untuk mengetahui nilai

error maka hasil dari oximeter dianggap sebagai nilai sebenarnya dan kemudian diukur menggunakan rumus,

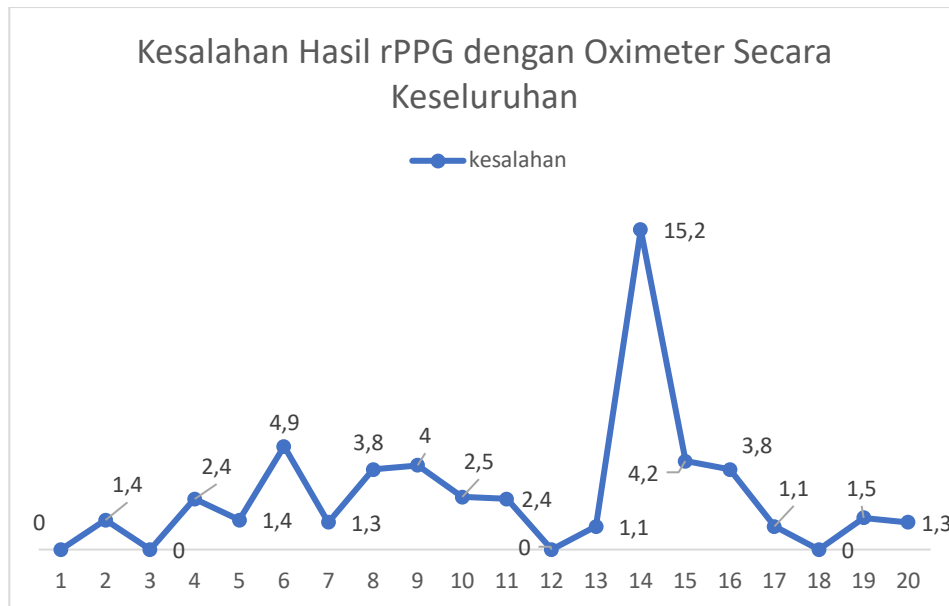
$$Error (\%) = \frac{|bpm \text{ rPPG} - bpm \text{ oximeter}|}{bpm \text{ oximeter}} \times 100$$

Berdasarkan rumus berikut maka dihasilkan nilai error atau kesalahan pada setiap data yaitu,

NO.	rPPG	Oximeter	Rumus Error	Error (%)
1.	78	78	$\frac{ 78 - 78 }{78} \times 100$	0
2.	74	73	$\frac{ 74 - 73 }{73} \times 100$	1,4
3.	72	72	$\frac{ 72 - 72 }{72} \times 100$	0
4.	81	83	$\frac{ 81 - 83 }{83} \times 100$	2,4
5.	74	73	$\frac{ 74 - 73 }{78} \times 100$	1,4
6.	78	82	$\frac{ 78 - 82 }{82} \times 100$	4,9
7.	80	79	$\frac{ 80 - 79 }{79} \times 100$	1,3
8.	81	78	$\frac{ 81 - 78 }{78} \times 100$	3,8
9.	78	75	$\frac{ 78 - 75 }{75} \times 100$	4
10.	82	80	$\frac{ 82 - 80 }{80} \times 100$	2,5
11.	81	83	$\frac{ 81 - 83 }{83} \times 100$	2,4
12.	60	60	$\frac{ 60 - 60 }{60} \times 100$	0

13.	90	89	$\frac{ 90 - 89 }{89} \times 100$	1,1
14.	121	105	$\frac{ 121 - 105 }{105} \times 100$	15,2
15.	73	70	$\frac{ 73 - 70 }{70} \times 100$	4,2
16.	81	78	$\frac{ 81 - 78 }{78} \times 100$	3,8
17.	87	86	$\frac{ 87 - 86 }{86} \times 100$	1,1
18.	74	74	$\frac{ 74 - 74 }{74} \times 100$	0
19.	66	65	$\frac{ 66 - 65 }{65} \times 100$	1,5
20.	73	74	$\frac{ 73 - 74 }{74} \times 100$	1,3

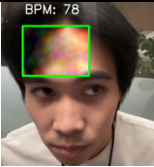

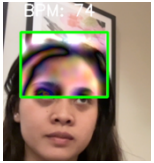

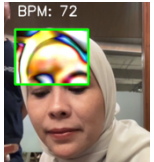



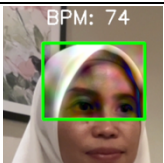

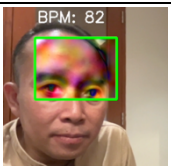

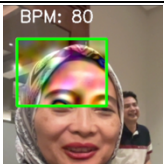

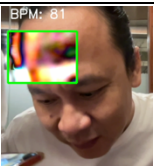

Dari hasil berikut maka dapat dilihat nilai error memiliki range antara 0% hingga 15,2% dengan rata-rata 2,6%. Hal ini dapat dikatakan bahwa eksperimen menghitung detak jantung dengan rPPG cukup akurat karena nilai kesalahan yang cukup kecil. Namun pada data terdapat satu nilai error yang berbeda dibandingkan dengan yang lain. Nilai error ini sebesar 15,2% yang dihasilkan dari bpm rPPG sebesar 121 dan bpm oximeter sebesar 105. Hal ini memungkinkan bahwa rPPG memiliki kekurangan dalam mengukur detak jantung yang tinggi. Namun dalam mengukur detak jantung normal, rPPG dapat dikatakan cukup baik karena dihasilkan nilai error yang berkisar antara 0% hingga 4,9% dengan rata-rata 1,9%. Berikut merupakan hasil grafik dari nilai error,



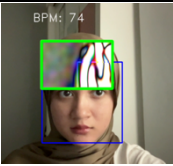

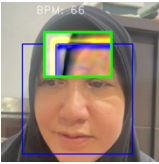

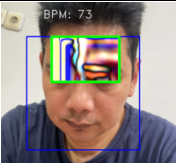

5.5 KESIMPULAN

1. Pada remote photoplethysmograph (rPPG) digunakan libraries Open CV untuk menangkap video pada kamera secara real time dan menangkap wajah manusia
2. Perhitungan detak jantung pada rPPG berdasarkan analisis frekuensi dari transformasi fast fourier
3. Perbedaan antara hasil dari rPPG dengan Oximeter cukup kecil dengan range 0 hingga 4 namun terdapat satu data yang menghasilkan perbedaan bernilai 16.
4. Hasil kesalahan pada data berkisar 0 hingga 4,9 persen namun terdapat satu data yang menghasilkan kesalahan bernilai 15,2%
5. Perbedaan dan Kesalahan tersebut dapat terjadi karena terjadi pergerakan yang terus menerus pada saat pengambilan data dan juga cahaya pada lingkungan pengambilan data.
6. Perbedaan dan kesalahan yang cukup jauh bernilai 16 dan 15,2% tersebut terjadi pada data yang menghasilkan detak jantung yang tinggi dengan 121 pada rPPG dan 105 pada oximeter, sehingga dapat dikatakan bahwa rPPG memiliki kekurangan dalam menghitung detak jantung tinggi
7. Namun secara Keseluruhan rPPG dapat bekerja dengan cukup baik dan akurat pada detak jantung normal dengan rata-rata error 2,6%.

DOKUMENTASI

NO.	Umur	Gender	BPM rPPG	Dokumentasi	BPM oximeter	Dokumentasi
1.	21	Pria	78		78	
2.	22	Wanita	74		73	
3.	43	Wanita	72		72	
4.	43	Pria	81		83	
5.	47	Wanita	74		73	
6.	47	Pria	78		82	
7.	50	Wanita	80		79	
8.	50	Pria	81		78	

9.	70	Wanita	78		75	
10.	72	Wanita	82		80	
11.	73	Pria	81		83	
12.	32	Wanita	60		60	
13.	52	Wanita	90		89	
14.	33	Wanita	121		105	
15.	56	Wanita	73		70	
16.	33	Wanita	81		78	
17.	54	Wanita	87		86	

18.	20	Wanita	74		74	
19.	52	Wanita	66		65	
20.	51	Pria	73		74	

DAFTAR PUSTAKA

- Gollapudi, S. (2019). OpenCV with Python. Learn Computer Vision Using OpenCV: With Deep Learning CNNs and RNNs, 31-50.
- Mateo, C., & Talavera, J. A. (2018). Short-time Fourier transform with the window size fixed in the frequency domain. *Digital Signal Processing*, 77, 13-21)
- McDuff, D. (2023). Camera measurement of physiological vital signs. *ACM Computing Surveys*, 55(9), 1-40.
- McDuff, D. (2018). Deep super resolution for recovering physiological information from videos. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 1367-1374).
- Nguyen, N. (2023). HEART RATES ESTIMATION USING RPPG METHODS IN CHALLENGING IMAGING CONDITIONS.
- Philbert, N. (2023). TA: Sistem Deteksi Detak Jantung Melalui Wajah Secara Computer Vision Menggunakan Metode Remote Photoplethysmograph (Doctoral dissertation, Universitas Dinamika
- Ramadhan, P., & Cahya, S. D. (2020). Aplikasi Pengukur Detak Jantung Menggunakan Kamera Smartphone Berbasis iOS.)
- Ratna, S. (2020). Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 11(3), 181-186.
- Revanur, A., Li, Z., Ciftci, U. A., Yin, L., & Jeni, L. A. (2021). The first vision for vitals (v4v) challenge for non-contact video-based physiological estimation. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision* (pp. 2760-2767).
- Sipayung, F. H., Ramadhani, K. N., & Arifianto, A. (2018). Pengukuran Detak Jantung Menggunakan Metode Fotopletismograf. *eProceedings of Engineering*, 5(2).
- Sollu, T. S., Alamsyah, A., Bachtiar, M., Amir, A., & Bontong, B. (2018). Sistem monitoring detak jantung dan suhu tubuh menggunakan Arduino. *Techno. com*, 17(3), 323-332.

