

# Implementasi Sistem Akusisi Sinyal Jantung Berbasis Phonocardiography dengan Sensor Suara

<sup>1</sup>Galang Dewa Sukmana, <sup>2</sup>Irmalia Suryani Faradisa, <sup>3</sup>F. Yudi Limpraptono

Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, Indonesia

<sup>1</sup>[dewasukmana2003@gmail.com](mailto:dewasukmana2003@gmail.com), <sup>2</sup>[irmalia\\_suryani\\_faradisa@lecturer.itn.ac.id](mailto:irmalia_suryani_faradisa@lecturer.itn.ac.id), <sup>3</sup>

[yudil@lecturer.itn.ac.id](mailto:yudil@lecturer.itn.ac.id)

**Abstract** - The development of digital technology provides opportunities for the development of heart sound acquisition and monitoring systems. *Phonocardiogram* (PCG) is a non-invasive method used to record heart sounds generated by the mechanical activity of the heart. During the acquisition process, PCG signals can be affected by environmental noise, low-frequency interference, and signal instability, which may reduce the quality of the recorded data. Therefore, an acquisition system capable of producing high-quality PCG signals is required.

This study aims to design and implement a PCG signal acquisition system using a microphone and the MAX9814 module as a *low-level signal amplifier*, with an ESP32 microcontroller as the data acquisition device. The acquired data are transmitted to a computer through serial communication at a sampling rate of 400 Hz and processed using Python. The preprocessing stages include a *Low Pass Filter* (LPF), *band-pass filtering*, *smoothing*, and normalization. The test results show that the LPF has a cutoff frequency of 150 Hz, while the *band-pass filter* with a frequency range of 30–80 Hz produces a dominant frequency of 39.70 Hz. The *smoothing* stage reduces amplitude fluctuations, resulting in a more stable signal, while normalization successfully scales the signal amplitude to a range of -0.5 to 0.5. Visualization using Matplotlib shows that the characteristics of the S1 and S2 heart sounds can be observed after preprocessing.

**Keywords**—*Phonocardiogram (PCG), Heart Sound Acquisition, MAX9814, Python, Matplotlib.*

**Abstrak**— Perkembangan teknologi digital memberikan peluang dalam pengembangan sistem akuisisi suara jantung. *Phonocardiogram* (PCG) merupakan metode non-invasif untuk merekam suara jantung yang dihasilkan oleh aktivitas mekanis jantung. Dalam proses akuisisinya, sinyal PCG dapat mengalami gangguan *noise* lingkungan, interferensi frekuensi rendah, dan ketidakstabilan sinyal yang dapat memengaruhi kualitas hasil perekaman. Oleh karena itu, diperlukan sistem akuisisi yang mampu menghasilkan sinyal PCG dengan kualitas yang baik.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem akuisisi sinyal PCG menggunakan mikrofon dan modul MAX9814 sebagai penguat sinyal berlevel rendah (*low-level signal amplifier*) serta mikrokontroler ESP32 sebagai perangkat akuisisi data. Data hasil akuisisi dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial dengan *sampling rate* sebesar 400 Hz dan diproses menggunakan Python. Tahapan *preprocessing* meliputi *Low Pass Filter* (LPF), *band-pass filtering*, *smoothing*, dan normalisasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LPF memiliki frekuensi kerja hingga 150 Hz, sedangkan *band-pass filter* pada rentang 30–80 Hz menghasilkan frekuensi dominan sebesar 39,70 Hz. Tahap *smoothing* mampu mengurangi fluktuasi amplitudo sehingga sinyal menjadi lebih stabil, sedangkan normalisasi berhasil menyeragamkan amplitudo pada rentang -0,5 hingga 0,5. Hasil visualisasi menggunakan Matplotlib menunjukkan bahwa karakteristik bunyi jantung S1 dan S2 dapat diamati setelah proses *preprocessing*.

**Kata kunci**—*Phonocardiogram (PCG), Akuisisi Suara Jantung, MAX9814, Python, Matplotlib.*

## I. PENDAHULUAN

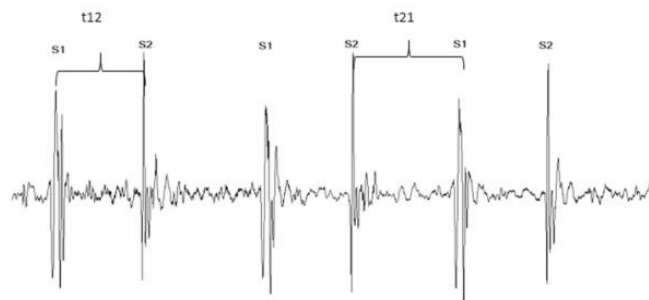
Kesehatan jantung merupakan salah satu aspek fundamental dalam menjaga kualitas hidup manusia[1]. Organ jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh, Data World Health Organization (WHO) menunjukkan bahwa sekitar 29% angka kematian di dunia disebabkan oleh penyakit kardiovaskular[2]. terdapat sejumlah faktor utama yang berkaitan dengan kondisi fisik seseorang dan dapat memengaruhi fungsi jantung, di antaranya kebiasaan merokok, riwayat diabetes, kadar kolesterol yang tinggi, serta tekanan darah yang melebihi batas normal [3]. Faktor usia juga memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko penyakit *kardiovaskular*, karena seiring bertambahnya usia terjadi penurunan elastisitas dan penyempitan pembuluh *arteri koroner* akibat penumpukan *aterosklerosis* yang progresif[4]. Angka kematian akibat penyakit jantung meningkat secara signifikan seiring bertambahnya usia, yakni sekitar 3,6% pada usia 60 tahun, 8% pada usia 70 tahun, dan 14,8% pada usia 80 tahun [5].

Salah satu metode *non-invasif* yang berkembang pesat dalam bidang medis adalah *phonocardiography*, yaitu metode perekaman sinyal akustik yang dihasilkan oleh aktivitas mekanis jantung[6]. Metode *Phonocardiography (PCG)* memerlukan proses analisis sinyal yang cukup kompleks karena adanya gangguan *noise* yang sering muncul selama proses perekaman [7]. Sinyal bunyi jantung terdiri atas dua komponen utama, yaitu bunyi S1 yang dihasilkan oleh penutupan katup *atrioventrikular*, dan bunyi S2 yang muncul akibat penutupan katup *semilunar* pada fase diastol [8]. Adapun suara jantung abnormal disebut sebagai murmur jantung yang disebabkan oleh penyempitan katup jantung (*stenosis*) yang menghambat aliran darah atau oleh kebocoran katup (*regurgitasi/insufisiensi katup*)[9]. Pada kondisi jantung normal, sinyal PCG umumnya memiliki frekuensi utama pada rentang 50–150 Hz[10]. energi dominan sinyal suara jantung terkonsentrasi pada rentang frekuensi 30–80 Hz [11].

Sedangkan frekuensi *murmur* berada pada rentang 100–1000 Hz [12]. Untuk memperoleh sinyal *Phonocardiogram* yang jelas serta mudah dianalisis, diperlukan proses akuisisi dan pengolahan sinyal yang tepat. Sinyal suara jantung dari sensor masih mengandung *noise* sehingga perlu dilakukan filtering sebelum dikonversi menjadi sinyal digital. Selain itu, pemilihan frekuensi sampling dan resolusi bit juga berpengaruh terhadap kualitas sinyal PCG yang dihasilkan, dimana nilai yang lebih tinggi dapat meningkatkan akurasi sinyal namun membutuhkan *bandwidth* dan konsumsi daya yang lebih besar[13]. penelitian ini merancang sistem akuisisi sinyal suara jantung berbasis sensor suara dan modul MAX9814 yang diintegrasikan ke mikrokontroler ESP32. Sistem dilengkapi dengan rangkaian *Low-Pass Filter (LPF)* analog untuk mengurangi *noise* frekuensi tinggi serta menerapkan proses pengondisian sinyal guna meningkatkan kualitas hasil perekaman. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke komputer dan disimpan dalam format WAV untuk keperluan analisis lebih lanjut.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Tinjauan Pustaka

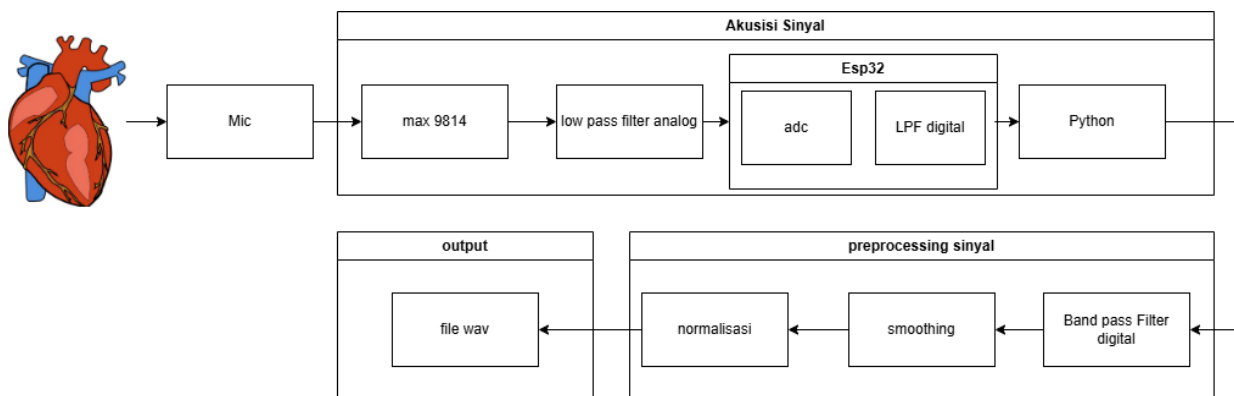


Gambar 1 Grafik Phonocardiogram

Pada gambar 1 diatas detak jantung memiliki sinyal yang bersifat periodik, sehingga sinyal PCG normal dapat dibagi menjadi empat state, yaitu segmen yang mengandung bunyi jantung pertama (S1), periode diam, segmen yang mengandung bunyi jantung kedua (S2), dan periode diam berikutnya[14].

### B. Blok Diagram

Perancangan sistem pada penelitian ini digambarkan melalui blok diagram yang menunjukkan alur kerja setiap bagian sistem secara keseluruhan. Blok diagram digunakan untuk menjelaskan hubungan antar komponen mulai dari proses akuisisi sinyal suara jantung, dan pengolahan sinyal,

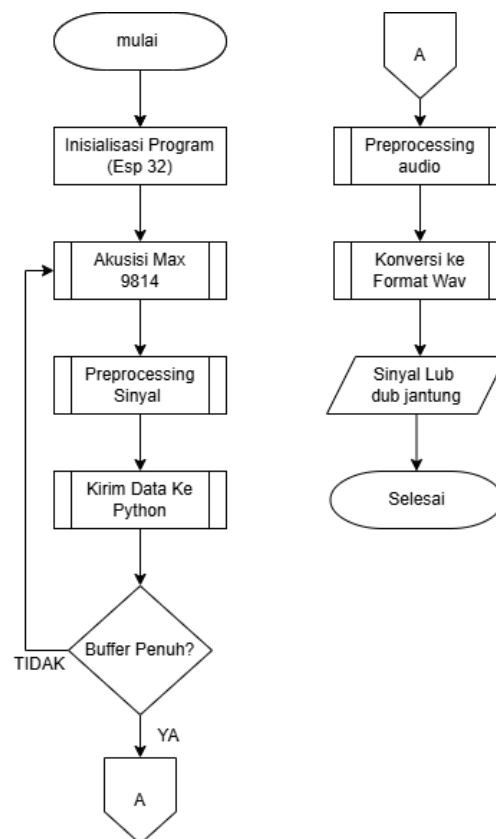


Gambar 2 Blok Diagram Sistem

Berdasarkan Gambar 2 pada diagram blok sistem diatas proses diawali dengan akuisisi sinyal suara jantung menggunakan Sensor microphone dan modul MAX9814. Sinyal kemudian melewati low-pass filter analog RC untuk mengurangi noise frekuensi tinggi sebelum diproses oleh ESP32. Pada ESP32, sinyal diubah dari analog ke digital menggunakan ADC, dilanjutkan dengan low-pass filter digital. Data dikirim ke Python untuk *preprocessing*. Tahap *preprocessing* sinyal menggunakan band-pass digital filter untuk mengambil rentang frekuensi 30–80 Hz, dilanjutkan smoothing untuk menghaluskan sinyal, dan normalisasi energi untuk menjaga distribusi energi sinyal tetap seragam. hasil *preprocessing* disimpan dalam format file WAV.

### C. Perancangan Software

#### 1) Alur Keseluruhan Sistem



Gambar 3 Flowchart Keseluruhan Sistem

Berdasarkan Gambar 3 Flowchart, proses diawali dengan inisialisasi ESP32 dan MAX9814. Pada tahap ini, sistem mempersiapkan seluruh komponen untuk melakukan pembacaan sinyal suara jantung. Selanjutnya dilakukan proses akuisisi sinyal, yaitu pengambilan data suara jantung melalui sensor mikrofon yang kemudian dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan ADC pada ESP32. Sebelum data dikirim, dilakukan tahap *preprocessing* sinyal untuk memperbaiki kualitas sinyal, seperti pengurangan noise dan penguatan sinyal. Data hasil akuisisi kemudian dikirimkan ke Python melalui komunikasi serial. Selanjutnya, program melakukan pembacaan data secara kontinu hingga jumlah sampel yang telah ditentukan terpenuhi. Selama jumlah sampel belum mencapai batas yang ditetapkan, data yang diterima akan terus disimpan ke dalam buffer sebagai penyimpanan sementara. Setelah jumlah sampel terpenuhi, data hasil akuisisi diproses melalui tahap *preprocessing* audio yang meliputi proses filtering, smoothing, dan normalisasi. Tahapan *preprocessing* ini bertujuan untuk mengurangi noise, menghaluskan bentuk sinyal, serta menyeragamkan skala amplitudo sehingga diperoleh sinyal suara jantung yang memiliki kualitas lebih baik. Setelah proses *preprocessing* selesai, data kemudian dikonversi ke dalam format audio WAV dan library matplotlib akan menghasilkan grafik lub dub jantung.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Akuisisi Sinyal PCG

Akuisisi sinyal menggunakan sensor suara dan MAX9814 memiliki beberapa tahapan pengujian untuk memastikan proses pengambilan data berjalan dengan baik. Tahapan pengujian tersebut meliputi pengujian *sampling rate* untuk memverifikasi kesesuaian frekuensi pengambilan sampel dengan nilai yang telah ditentukan.

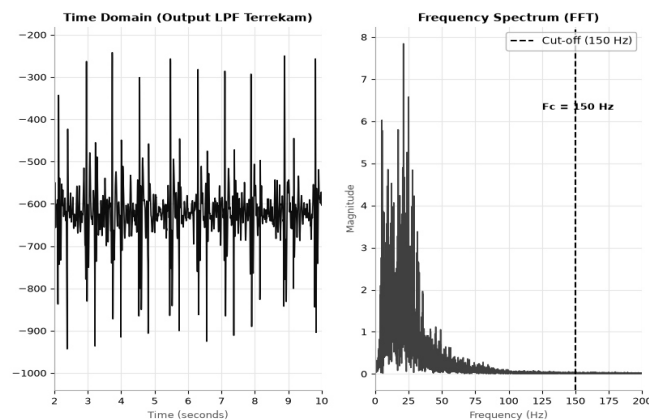
##### 1) Sampling rate

```
23:06:20.897 -> 395 : -619,621
23:06:20.897 -> 396 : -618,621
23:06:20.944 -> 397 : -619,621
23:06:20.944 -> 398 : -616,620
23:06:20.944 -> 399 : -620,620
23:06:20.944 -> 400 : -618,620
23:06:20.944 -> -----
23:06:20.944 -> Jumlah Data 1 Detik = 400
23:06:20.944 -> -----
```

Gambar 4 Hasil Sampling Rate

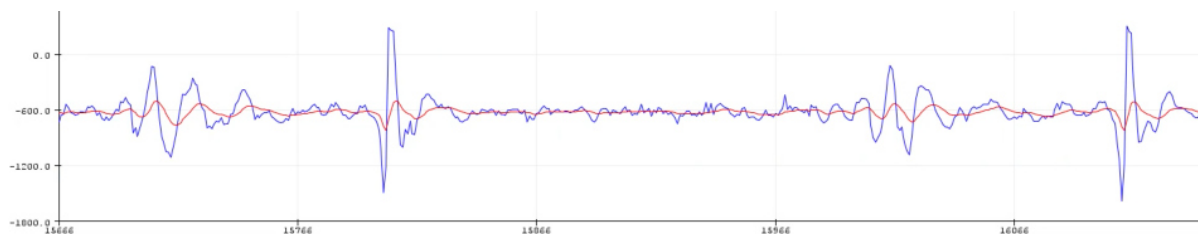
Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 4, dalam waktu 1 detik sistem berhasil menghasilkan dan mengirimkan 400 sampel. Hasil tersebut menunjukkan bahwa frekuensi sampling yang diterapkan telah sesuai dengan nilai yang direncanakan, yaitu 400 Hz atau setara dengan periode sampling sebesar 2,5 ms untuk setiap proses pembacaan data.

##### 2) Preprocessing Sinyal



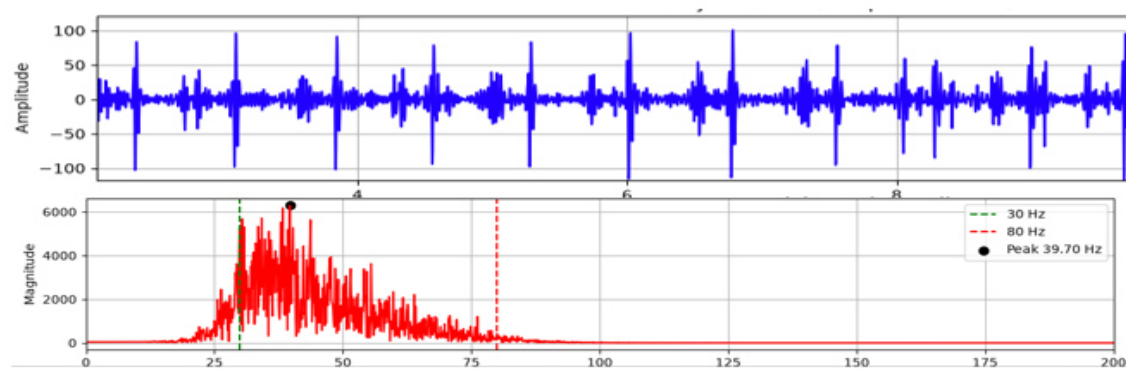
Gambar 5 Low Pass Filter Analog

Berdasarkan Gambar 5 pada grafik Time Domain di sebelah kiri menunjukkan sinyal keluaran LPF analog yang telah direkam oleh ESP32. Bentuk sinyal masih memperlihatkan pola perubahan amplitudo yang mengikuti karakteristik sinyal jantung. Pada grafik Frequency Spectrum (FFT) di sebelah kanan terlihat bahwa energi sinyal terkonsentrasi pada rentang frekuensi rendah, terutama di bawah 50 Hz, kemudian amplitudonya menurun secara bertahap hingga mendekati 100 Hz.



Gambar 6 Low Pass Filter

Pada Gambar 6 Kurva berwarna biru menunjukkan sinyal masukan yang masih mengandung fluktuasi amplitudo dan komponen frekuensi tinggi, sedangkan kurva berwarna merah merupakan sinyal keluaran setelah melewati proses *Low-Pass Filter*.



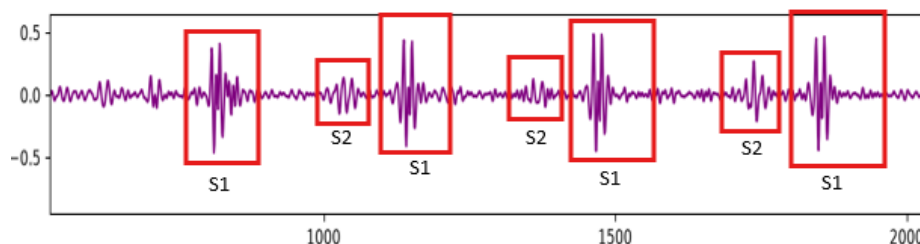
Gambar 7 Band Pass Filter

sinyal pada domain waktu (grafik atas) menunjukkan pola bunyi jantung yang telah diproses menggunakan band-pass filter 30–80 Hz. Pada domain frekuensi (grafik bawah), terlihat bahwa energi sinyal terkonsentrasi di antara 30 Hz hingga 80 Hz, sesuai dengan rentang frekuensi yang dirancang pada filter. Puncak spektrum berada pada 39,70 Hz, yang menunjukkan bahwa komponen frekuensi dominan sinyal jantung berada dalam rentang *passband*. Di luar frekuensi 80 Hz, magnitudo spektrum menurun secara signifikan, menandakan bahwa filter berhasil meredam komponen frekuensi tinggi yang tidak diinginkan.



Gambar 8 Smoothing

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa proses *smoothing* mampu mengurangi fluktuasi amplitudo yang terjadi di antara puncak-puncak sinyal. Meskipun amplitudo sinyal menjadi lebih halus, bentuk utama bunyi jantung tetap dipertahankan sehingga puncak-puncak sinyal masih terlihat dengan jelas.



Gambar 9 Normalisasi

Berdasarkan Gambar 9 hasil pengujian menunjukkan bahwa proses normalisasi berhasil mengubah skala amplitudo sinyal ke rentang -0.5 hingga 0.5 tanpa mengubah bentuk maupun pola sinyal suara jantung. Seluruh puncak dan lembah sinyal tetap berada pada posisi yang sama. Pada gambar juga terlihat bahwa komponen utama suara jantung, yaitu bunyi S1 dan S2,. Bunyi S1 memiliki amplitudo yang lebih besar dibandingkan S2, sedangkan posisi kemunculan kedua bunyi tersebut tetap berada pada urutan yang sama setelah normalisasi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem akuisisi sinyal suara jantung berbasis sensor suara dan modul MAX9814 yang diintegrasikan ke mikrokontroler ESP32 berhasil direalisasikan dengan baik. Sistem mampu menangkap sinyal Phonocardiogram (PCG) dari area jantung dengan sampling rate sebesar 400 Hz, sehingga proses akuisisi data dapat berlangsung secara konsisten dan menghasilkan sinyal yang siap untuk

diproses lebih lanjut. Pada tahap pengolahan sinyal, penerapan low-pass filter analog dengan frekuensi cut off sekitar 150 Hz mampu meredam komponen frekuensi tinggi yang tidak diinginkan sebelum proses digitalisasi. Selanjutnya, band-pass filter digital pada rentang 30–80 Hz berhasil mempertahankan komponen utama sinyal suara jantung sekaligus mengurangi *noise* di luar rentang frekuensi tersebut. Hasil analisis spektrum frekuensi menunjukkan bahwa sinyal memiliki frekuensi dominan sebesar 39,70 Hz, yang berada di dalam rentang kerja filter sehingga menunjukkan bahwa proses penyaringan telah bekerja sesuai dengan rancangan. Tahap preprocessing yang meliputi penyaringan sinyal, *smoothing*, dan normalisasi juga menunjukkan hasil yang baik dengan terlihat nya pola suara S1 dan S2 sesuai dengan referensi yang ada.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nafisah, Novianti Nuril Inayah, and Baharuddin Yusuf, “Literatur Review: Penyebab Dan Perkembangan Penyakit Jantung Koroner,” *J. Forum Kesehatan. Media Publ. Kesehat. Ilm.*, vol. 14, no. 1, pp. 27–36, 2024, doi: 10.52263/jfk.v14i1.254.
- [2] M. H. purnomo Irmalia Suryani Faradisa, Dimas Okky Anggriawan, Tri Arief Sardjono, “Identification Of Phonocardiogram Signal Based on STFT and Marquart Lavenberg Backpropagation,” pp. 25–30, 2016.
- [3] E. S. Denis Ahmad Ryfai1, Nurul Hidayat2, “Klasifikasi Tingkat Resiko Serangan Penyakit Jantung menggunakan Metode K-Nearest Neighbor,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 10, pp. 4701–4707, 2022, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/11662>
- [4] M. Melyani, L. N. Tambunan, and E. P. Baringbing, “Hubungan Usia dengan Kejadian Penyakit Jantung Koroner pada Pasien Rawat Jalan di RSUD dr. Doris Sylvanus Provinsi Kalimantan Tengah,” *J. Surya Med.*, vol. 9, no. 1, pp. 119–125, 2023, doi: 10.33084/jsm.v9i1.5158.
- [5] D. Dhea Nurina Hafila, K Wisudawan, Sidrah Darma, Nurhikmah, “Fakumi medical journal,” *J. Mhs. Kedokt.*, vol. 2, no. 5, pp. 359–367, 2022.
- [6] S. Aziz, M. U. Khan, M. Alhaisoni, T. Akram, and M. Altaf, “Phonocardiogram signal processing for automatic diagnosis of congenital heart disorders through fusion of temporal and cepstral features,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 13, pp. 1–20, 2020, doi: 10.3390/s20133790.
- [7] M. A. A. Amal, D. Zulherman, and R. Widadi, “Klasifikasi Sinyal Phonocardiogram Menggunakan Short Time Fourier Transform dan Convolutional Neural Network,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 237–244, 2023, doi: 10.25126/jtiik.20235424.
- [8] Y. Antonisfia and R. Wiryadinata, “Ekstraksi Ciri pada Isyarat Suara Jantung Menggunakan Power Spectral Density Berbasis Metode Welch,” *Media Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 71–84, 2008, doi: 10.20885/informatika.vol6.iss1.art5.
- [9] I. S. Faradisa, O. V. Putra, T. A. Sardjono, and M. H. Purnomo, “Arrhythmia Foetus Heartbeat Detection Using Optimized Neural Network Based on Phonocardiograph Ensemble Feature and Principal Component Analysis,” *Int. J. Intell. Eng. Syst.*, vol. 16, no. 1, pp. 561–571, 2023, doi: 10.22266/ijies2023.0228.48.
- [10] K. O. Bachri, “Frequency Extraction of Phonocardiogram Signal using Fourier Transform Artikel info,” vol. 17, no. 2, 2024.
- [11] E. D. Setioningsih, V. Abdullayev, and F. Amrinsani, “Evaluating the effectiveness of digital filtering techniques in electronic stethoscopes: a study of Kalman and Butterworth filters,” vol. 15, no. 2, pp. 1494–1508, 2026, doi: 10.11591/eei.v15i2.8674.
- [12] M. R. Khalilian, M. Safari, M. Hajipour, and K. Rahmani, “Evaluation of the heart sounds in children using a Doppler Phonolyser,” *Biomed. Eng. Online*, vol. 0, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1186/s12938-023-01084-0.
- [13] S. K. Ghosh, “Heart Sound Data Acquisition and Preprocessing Techniques : A Review”.
- [14] J. S. Ismail, I. Siddiqi, and U. Akram, “Localization and classification of heart beats in phonocardiography signals a comprehensive review,” *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, vol. 2018, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s13634-018-0545-9.