

MODUL PEMBELAJARAN SENSOR ELEKTROBIOMEDIS MENGGUNAKAN ARDUINO DAN RASPBERRY PI

Raditya Artha Rochmanto^{1)*}, Sri Kusumastuti²⁾, Aira Alfario Rizahaqi S.³⁾,
Dhyaa NandaPuspita⁴⁾, Gilang Prambudi Setiawan⁵⁾, Pasca Chandra Mulia⁶⁾,
Sri Astuti⁷⁾, Sindung Hadwi Widi Sasono⁸⁾, dan Supriyati⁹⁾

^{1,2,3,4,5,6} Prodi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275
E-mail: raditya.artha@polines.ac.id

Abstract

Learning media is an important factor in improving learning outcomes. With learning media that suits the needs and characteristics of students, it can help and understand learning. With the rapid development of technology, the development of learning media can be done well. The development of Arduino is currently increasingly developing in all fields. One of them is the field of Electrobiomedicine. To support the growing development of the field of Electrobiomedicine, learning media are needed that can equip students to study Electrobiomedicine. Therefore, a learning module was designed which is a device for monitoring body fitness conditions integrated with several health parameters which can be monitored via the node-red page. The health parameters in question are heart activity (ECG), muscle activity (EMG), respiratory rate (BR), acoustic heart vibrations (PCG), changes in blood volume (PPG), blood pressure and body temperature at a point location. With this learning module, the aim is to produce valid, practical and effective interactive learning media to help students master the field of electrobiomedicine. The results of ECG, EMG and PCG graphic measurements have the same results as comparison journals. Meanwhile, the results of measuring PPG, BR, Body Temperature and BP have a relatively low error rate, namely less than 10%.

Keywords: *Cardiac, Electrobiomedical, Muscle, Respiratory, Temperature*

Abstrak

Media pembelajaran merupakan faktor penting dalam meningkatkan hasil belajar. Dengan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik mahasiswa dapat membantu dan memahami pembelajaran. Dengan perkembangan teknologi yang bergerak dengan pesat, maka pengembangan media pembelajaran bisa dilakukan dengan baik. Perkembangan arduino yang saat ini semakin berkembang dalam segala bidang. Salah satunya yaitu bidang Elektrobiomedis. Untuk mendukung semakin berkembangnya bidang Elektrobiomedis maka perlu media pembelajaran yang dapat membekali mahasiswa dalam mempelajari Elektrobiomedis. Maka dari itu dirancanglah sebuah modul pembelajaran yang merupakan perangkat untuk pemantau kondisi kebugaran tubuh terpadu beberapa parameter kesehatan yang dapat dimonitoring melalui laman node-red. Parameter kesehatan yang dimaksud yaitu aktivitas jantung (EKG), aktivitas otot (EMG), laju pernafasan (BR), getaran akustik jantung (PCG), perubahan volume darah (PPG), tekanan darah, dan suhu tubuh pada suatu titik lokasi. Dengan adanya modul pembelajaran ini, bertujuan untuk menghasilkan media pembelajaran interaktif yang valid, praktis, dan efektif untuk membantu mahasiswa dalam menguasai bidang elektrobiomedis. Hasil pengukuran grafik EKG, EMG dan PCG memiliki hasil yang sama dengan jurnal pembandingan. Sedangkan hasil pengukuran PPG, BR, Suhu Tubuh, dan BP memiliki tingkat error yang relatif rendah yaitu kurang dari 10%.

Kata Kunci: *Elektrobiomedis, Jantung, Otot, Pernafasan, Suhu*

PENDAHULUAN

Media pembelajaran merupakan komponen penting dalam proses pembelajaran. Kehadiran media pembelajaran akan mempermudah pendidik dalam menyampaikan materi serta meningkatkan pemahaman materi dan membentuk skill peserta didik, sehingga peserta didik lebih mudah dalam belajar. Dengan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik mahasiswa dapat membantu dan memahami pembelajaran. Dengan perkembangan teknologi yang bergerak dengan pesat, maka pengembangan media pembelajaran bisa dilakukan dengan baik. Perkembangan arduino yang saat ini semakin berkembang dalam segala bidang. Salah satunya yaitu bidang Elektrobiomedis. Elektrobiomedis merupakan pengetahuan dan ketrampilan dari perpaduan antara teknik elektrofisiologi dan ilmu kedokteran. Untuk mendukung semakin berkembangnya bidang Elektrobiomedis maka perlu media pembelajaran yang dapat membekali mahasiswa dalam mempelajari Elektrobiomedis.

Dari penelitian yang kami lakukan mendapatkan referensi dari beberapa judul. Penelitian pertama berjudul Perancangan Pengamatan Sinyal Electromyography (EMG) Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Metode Waterfall. Pada alat ini digunakan Node MCU yang dibekali Sistem didalam Keping (SoC) ESP8266. Sensor V3 digunakan untuk pengukuran sinyal tegangan yang dihasilkan oleh otot serta Ubidots sebagai platform IoT. Pada platform ini menampilkan grafik sinyal EMG yang terekam dan dokter dapat melihat hasilnya melalui laptop atau android yang sudah dipasang ubidots[1]. Penelitian kedua berjudul Rancang Bangun Phonocardiograf Berbasis Labview. Prinsip kerja alat ini yaitu membangun sistem fonokardiografi untuk menampilkan bentuk sinyal dan informasi dari pemeriksaan suara jantung manusia. Metode analisis yang diterapkan adalah menggunakan Transformasi Fourier Cepat (FFT) untuk mengetahui frekuensi respon dari sinyal suara jantung manusia dengan memanfaatkan perangkat lunak Labview[2]. Penelitian ketiga berjudul Sistem Pengamatan Photoplethysmograph Berbasis Zigbee dan Labview. Prinsip kerja alat ini yaitu sinyal PPG berasal dari sensor, kemudian diteruskan ke bagian pengkondisi sinyal, selanjutnya diteruskan ke mikrokontroler untuk mengubah sinyal kedalam bentuk data ADC. Kemudian diteruskan ke perangkat zigbee. Kemudian sinyal informasi diteruskan ke komputer melalui perangkat zigbee seri. Pada akhirnya sinyal akan diterjemahkan oleh GUI yang dirancang menggunakan labview[3]. Penelitian keempat dengan judul Pengamatan Suara Jantung Phonocardiograph Berbasis Android. Pada alat ini stetoskop dipasang mikrofon berkondensi untuk mengubah suara menjadi getaran listrik. Bunyi jantung yang diubah menjadi sinyal listrik diperkuat oleh Penguat Awal dan masuk ke rangkaian penyaring LPF dan HPF sehingga gangguan yang timbul dapat diredam. Alat PCG ini berfungsi memengamatan suara jantung berbasis Android[4]. Penelitian kelima berjudul Desain Alat Pengamatan Waktu nyata Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Tekanan Darah secara Jarak Jauh melalui Smartphone berbasis Internet of Things Smart Healthcare. Prinsip kerja pengukuran suhu tubuh menggunakan sensor DS18B20 diteruskan ke raspberry pi, kemudian nilai ditampilkan pada penampil kristal cair (LCD) dan dikirim ke server ubidots. Pada pengukuran detak jantung menggunakan pulsa sensor, ADS1115 untuk proses perubahan sinyal analog menjadi digital, kemudian ke Raspberry Pi. Nilai yang telah dikonversi ditampilkan pada penampil kristal cair (LCD) dan dikirim ke ubidots. Pada pengukuran tekanan darah menggunakan sensor MPX5050GP untuk mengukur tekanan pada manset lengan. Dari ADS1115 kemudian diubah menjadi satuan mmHg[5]. Penelitian keenam dengan judul Measuring Respiration Rate Based Android. Alat ini menggunakan sensor MPU-6050 yang akan ditempatkan pada perut untuk mengukur laju pernafasan. Komponen yang digunakan sebagai

modul mikrokontroler arduino nano, rangkaian Penguat Beda sebagai pengubah resistansi menjadi tegangan. Keluarannya berupa tampilan android untuk memudahkan pengguna dalam pemantauan[6]. Berdasarkan penelitian yang telah ada sebelumnya. Maka, dibuatlah judul “Modul Pembelajaran Sensor Elektromedis Menggunakan Arduino dan Raspberry Pi”.

Modul ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan yang sudah ada yaitu alat pengamatan terpadu dengan menggunakan tujuh parameter yang berbeda, dapat dijadikan media pembelajaran bagi mahasiswa dan hasil rekam data pemeriksaan mahasiswa akan disimpan pada laman basis data, sehingga mahasiswa dapat mempelajari mengenai hasil pemeriksaan dengan lebih leluasa.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode waterfall untuk pembuatan purwarupa dengan prosedur penelitian seperti berikut:

1. Pengumpulan data

Studi kepustakaan dilakukan untuk mengetahui cara dan karakteristik sensor-sensor yang digunakan pada modul pembelajaran sensor elektrobiomedis menggunakan Arduino dan raspberry pi. Dengan cara ini akan didapatkan data-data, informasi, konsep-konsep yang bersifat teoritis yang diperoleh dari jurnal dan video referensi di internet yang berkaitan dengan perumusan masalah yang ada.

2. Analisa masalah

Setelah pengumpulan data kepustakaan selesai, mulailah dilakukan analisa cara membuat modul pembelajaran sensor elektrobiomedis menggunakan Arduino dan raspberry pi.

3. Perancangan sistem

Perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian pembuatan modul pembelajaran sensor elektrobiomedis menggunakan Arduino dan raspberry pi dan bagian monitoring terhadap parameter pengujian terhadap pasien.

4. Implementasi

Setelah semua alat dan komponen sudah tersedia, dilakukan pembuatan sistem yang dimulai dari merangkai semua komponen baik berupa masukan, pemroses, dan keluaran agar menjadi satu kesatuan untuk dapat digunakan secara bersamaan dalam satu modul pembelajaran. Monitoring hasil pengujian pasien dapat diamati pada layar LCD 7inch.

5. Pengujian dan Analisa

Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan data yang aktual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

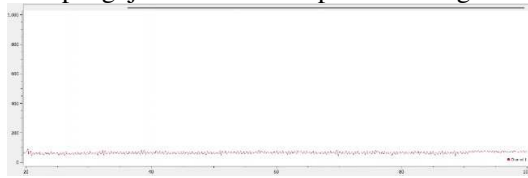
EMG (Elektromyograf)

Pengujian EMG dilakukan dengan cara menempatkan elektroda pada otot tubuh terutama bagian tangan. Penempatan elektroda untuk mengukur aktivitas listrik pada otot lengan tangan ditunjukkan pada gambar di bawah. Elektroda berwarna merah dan hijau ditempatkan pada otot bisep dengan berurutan, kemudian elektroda berwarna kuning ditempatkan di bagian belakang lengan.

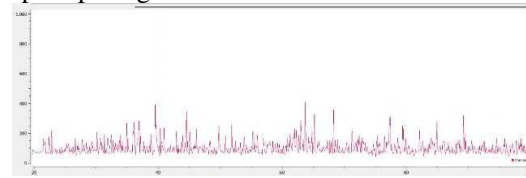


Gambar 1 Penempatan Elektroda Pada Otot Lengan

Dari pengujian tersebut didapatkan hasil grafik seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 Grafik Ketika Otot Relaksasi

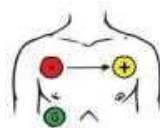


Gambar 3 Grafik Ketika Otot Kontraksi

Pada saat lengan tidak melakukan aktivitas berat (relaksasi), maka aktivitas listrik tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Namun, saat lengan melakukan aktivitas berat (relaksasi), akan tampak pada grafik mengalami lonjakan dengan interval yang signifikan. Proses pembacaan menggunakan Modul Otot Sensor V3 ini dapat mengalami gangguan dan mendapatkan banyak noise jika responden menyentuh tanah karena sinyal yang dibutuhkan pada EMG adalah sinyal murni yang keluar dari tubuh.

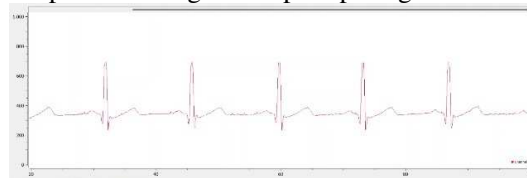
EKG (Elektrokardiograf)

Pengujian EKG dilakukan dengan cara menempatkan elektroda pada bagian dada. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah elektroda berwarna kuning ditempatkan di dada bagian kanan atas, elektroda berwarna merah ditempatkan di dada kiri bagian atas dan elektroda berwarna kuning ditempatkan di perut sebelah kanan.



Gambar 4 Penempatan Elektroda

Dari pengujian tersebut didapatkan hasil grafik seperti pada gambar di bawah ini.

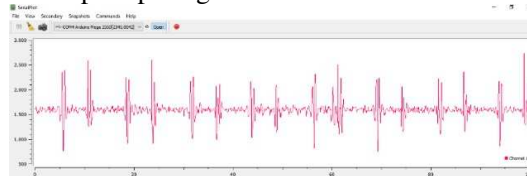


Gambar 5 Grafik PQRST pada EKG

Pada saat jantung berdetak, akan menghasilkan sinyal berupa lonjakan yang konstan. Lonjakan yang dihasilkan akan sejalan dengan ritme detak jantung responden, semakin cepat jantung responden berdetak, maka akan semakin banyak lonjakan yang dihasilkan pada grafik. Namun, pengukuran menggunakan Sensor AD8232 pada penelitian ini dapat mengalami noise jika responden menyentuh tanah karena sinyal.

PCG (Phonocardiograf)

Pengujian ini dilakukan dengan cara menempelkan bagian diafragma stetoskop pada bagian dada sehingga mendapatkan grafik seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 6 Grafik PCG

Pada saat jantung berdetak, akan menghasilkan sinyal berupa lonjakan yang konstan. Lonjakan yang dihasilkan akan sejalan dengan ritme detak jantung responden, semakin cepat jantung responden berdetak, maka akan semakin banyak lonjakan yang dihasilkan pada grafik.

PPG (Phonoplethysmograf)

Pengujian ini dilakukan dengan cara menempelkan jari pada permukaan sensor selama rentang waktu yang diperlukan hingga mendapatkan hasil pembacaan SPO2. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini yang telah dibandingkan dengan Jam pintar.

Tabel 1

Tabel Hasil Pengukuran PPG (Phonoplethysmograf) Menggunakan Sensor MAX30102

Sampel	Pengukuran Sensor	Pengukuran Jam pintar	% Kesalahan
1	98	97	1,03
2	98	97	1,03
3	96	95	1,05
4	99	97	2,06
5	99	97	2,06
6	99	98	1,02
7	99	98	1,02
8	99	97	2,06
9	96	96	0,00
10	97	97	0,00
Rata-Rata % Kesalahan			1,13

Pembandingan berbentuk jam pintar yang terpasang pada pergelangan tangan. Hal ini dilakukan agar hasil yang didapat melalui pengukuran sensor mendapatkan hasil yang sama dengan alat yang telah beredar di pasaran, sehingga hasil pengukuran yang dilakukan dapat dikatakan valid. Terlihat bahwa %kesalahan rata-rata yang dihasilkan oleh pembacaan sensor MAX30102 pada penelitian ini berjumlah 1,13.

Tekanan Darah

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggunakan bagian perekat tensimeter pada bagian lengan atas maupun di pergelangan tangan hingga mendapatkan hasil pembacaan nilai sistol, diastol, dan detak. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah yang telah dibandingkan dengan tensimeter OMRON.

Tabel 2

Tabel Hasil Pengukuran Tekanan Darah Menggunakan Tensimeter Digital I2C

Sampel	Tensimeter Digital			OMRON			% Kesalahan SIS	% Kesalahan DIA	% Kesalahan DETAK
	SIS	DIA	DETAK	SIS	DIA	DETAK			
1	106	75	101	104	77	98	1,92	2,60	3,06
2	93	68	103	99	70	101	6,06	2,86	1,98
3	104	70	88	103	73	90	0,97	4,11	2,22
4	102	68	92	99	68	93	3,03	0,00	1,08
5	105	78	101	112	83	101	6,25	6,02	0,00
6	102	74	98	107	82	104	4,67	9,76	5,77
7	103	75	91	105	75	96	1,90	0,00	5,21
8	105	74	95	106	75	95	0,94	1,33	0,00
9	107	75	101	100	76	100	7,00	1,32	1,00
10	105	73	91	99	75	95	6,06	2,67	4,21
Rata-Rata % Kesalahan							3,88	3,07	2,45

Pembandingan tersebut terpasang pada tangan kiri bagian lengan atas. Hal ini dilakukan agar hasil yang didapat melalui pengukurannya mendapatkan hasil yang sama dengan alat yang telah

beredar di pasaran, sehingga hasil pengukuran yang dilakukan dapat dikatakan valid. Terlihat bahwa %kesalahan rata-rata sistol dari 10 Sampel yang dihasilkan oleh pembacaan tensi alat sebesar 3,88%, %kesalahan rata-rata diastol dari 10 Sampel yang dihasilkan oleh pembacaan tensi alat sebesar 3,07%, dan %kesalahan rata-rata sistol dari 10 Sampel yang dihasilkan oleh pembacaan tensi alat sebesar 2,45%.

Laju Pernafasan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggunakan perekat pada bagian perut hingga mendapatkan jumlah pembacaan laju pernafasan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah yang telah dibandingkan dengan jumlah laju pernafasan perhitungan manual.

Tabel 3

Tabel Hasil Pengukuran Laju Pernafasan Menggunakan Sensor MPU-6050

Sampel	Laju Pernafasan Sensor	Laju Penafasan Manual	%Kesalahan Laju Pernafasan
1	20	19	5,26
2	24	22	9,09
3	18	17	5,88
4	20	18	11,11
5	21	20	5,00
6	18	17	5,88
7	21	19	10,53
8	11	12	8,33
9	26	24	8,33
10	31	28	10,71
Rata-Rata %Kesalahan			8,01

Hal ini dilakukan agar hasil yang didapat melalui pengukurannya mendapatkan hasil yang sama dengan perhitungan manual, sehingga hasil pengukuran yang dilakukan dapat dikatakan valid. Terlihat bahwa %kesalahan rata-rata laju pernafasan dari 10 Sampel jumlah yang dihasilkan oleh pembacaan tensi alat sebesar 8,01%.

Suhu Tubuh

Pengujian suhu tubuh memiliki 2 jenis yaitu pengujian suhu tubuh kontak dan non kontak. Pengujian terhadap suhu kontak menggunakan sensor DS18B20 dilakukan dengan cara menggenggam sensor DS18B20 hingga mendapatkan nilai pembacaan suhu tubuh kontak. Pengujian terhadap suhu non-kontak menggunakan sensor MLX90614 dilakukan dengan cara meletakkan telapak tangan diatas sensor MLX90614 hingga mendapatkan nilai pembacaan suhu tubuh non-kontak. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah yang telah dibandingkan dengan termogun.

Tabel 4

Tabel Hasil Pengukuran Suhu Tubuh Menggunakan Sensor DS18B20 dan MLX90614

Sampel	Suhu Non-Kontak	Suhu Kontak	Suhu Termogun	%Kesalahan Suhu Non-Kontak	%Kesalahan Kontak
1	35,59	36,88	36,7	3,02	0,49
2	35,95	36,19	36,3	0,96	0,30
3	35,91	36	36,3	1,07	0,83
4	35,37	35,75	35,8	1,20	0,14
5	35,37	35,44	35,8	1,20	1,01
6	35,51	36,06	35,9	1,09	0,45
7	35,51	36,33	36,6	2,98	0,74
8	35,81	36,38	36,4	1,62	0,05

9	35,79	36,44	36,7	2,48	0,71
10	35,73	36,13	36,4	1,84	0,74
Rata-Rata %Kesalahan				1,75	0,55

Pembandingan tersebut dilakukan pengukuran dengan mendekati termogun pada bagian tubuh yang diukur suhunya. Hal ini dilakukan agar hasil yang didapat melalui pengukurannya mendapatkan hasil yang sama dengan alat yang telah beredar di pasaran, sehingga hasil pengukuran yang dilakukan dapat dikatakan valid. Terlihat bahwa %kesalahan suhu non-kontak lebih besar dari pada %kesalahan suhu kontak hal itu dikarenakan pada pengukuran suhu non-kontak terdapat pengaruh dari suhu ruang sedangkan suhu kontak langsung bersentuhan dengan sensor sehingga memiliki kesalahan yang lebih sedikit. Rata-rata %kesalahan suhu non-kontak pada 10 Sampel sebesar 1,75%, sedangkan rata-rata %kesalahan suhu kontak pada 10 Sampel sebesar 0,55%. Alat ini dapat beroperasi dengan baik yang ditandai didapatkannya hasil pengukuran yang telah sesuai dengan alat yang berada di pasaran. Untuk grafik hasil pengukuran alat dibandingkan dengan referensi jurnal dan didapatkan hasil yang telah sesuai. Hasil pembacaan dari masing-masing sensor, khususnya pada sensor DS18B20, Sensor MLX90614, Sensor MAX4466, Sensor MAX30102, dan tensimeter digital akan dikirimkan dari pemroses Arduino Mega 2560 menggunakan ESP menuju ke firebase agar dapat ditampilkan pada Node-RED yang terletak pada Penampil Raspberry Pi. Kemudian hasil pembacaan yang berupa grafik, khususnya pembacaan EKG, EMG, PCG, dan Laju Pernafasan hasilnya dapat diamati melalui aplikasi SerialPlot yang telah terpasang pada laptop pengguna. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang waktu nyata. Penggunaan aplikasi tambahan SerialPlot dimaksudkan untuk menghindari tertundanya data yang akan dikirimkan dari pemroses Arduino ke Node-RED.

KESIMPULAN

1. Modul Pembelajaran Sensor Elektrobiomedis Menggunakan Arduino dan Raspberry Pi memiliki tujuh parameter yaitu EMG untuk memeriksa kondisi otot berdasarkan pengamatan adanya aktivitas listrik pada otot, EKG untuk memeriksa kondisi organ jantung berdasarkan pengamatan adanya aktivitas listrik pada jantung, PPG untuk memeriksa kadar oksigen yang terkandung di dalam darah, PCG untuk memeriksa suara detak jantung, pengamatan tekanan darah, pengamatan laju pernafasan, dan terakhir yaitu pengamatan suhu tubuh yang dapat dilakukan secara kontak maupun non-kontak.
2. Modul pembelajaran sensor Elektrobiomedis yang dibuat memiliki kinerja baik, hal ini dapat dibuktikan dengan melakukan berbagai pemeriksaan dan hasil pemeriksaan dibandingkan dengan alat yang beredar di pasaran. Hasil pengukuran grafik EKG, EMG dan PCG memiliki hasil yang sama dengan jurnal pembandingan. Sedangkan hasil pengukuran PPG, BR, Suhu Tubuh, dan BP memiliki tingkat kesalahan yang relatif rendah yaitu kurang dari 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Fadli and A. Amrullah, "PERANCANGAN MONITORING SINYAL ELECTROMYOGRAPHY (EMG) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN METODE WATERFALL," pp. 1–14, 2017.
- [2] R. Febrian and B. Sumanto, "Rancang Bangun Phonocardiograf Berbasis Labview," *J. List. Instrumentasi dan Elektron. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–13, 2021, doi: 10.22146/juliet.v1i1.53811.
- [3] Hamdala, Y. Rahayu, and I. Yasri, "Sistem Monitoring Photoplethysmograph Berbasis Zigbee dan Labview," *Jom FTEKNIK*, vol. 2, no. 2, pp. 88–100, 2015.
- [4] M. M. Huda, Miftakhunnurudin, R. A. Wicaksono, H. Arrosida, and S. B. Setyawan, "Monitoring Suara Jantung Phonocardiograph Berbasis Android," pp. 25–30, 2019.

- [5] H. Isyanto, A. S. Wahid, and W. Ibrahim, “Desain Alat Monitoring Real Time Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Tekanan Darah secara Jarak Jauh melalui Smartphone berbasis Internet of Things Smart Healthcare,” *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 39–48, 2022.
- [6] I. K. E. G. Mahardika, T. Hamzah, T. Rahmawati, and L. Soetjatie, “Measuring Respiration Rate Based Android,” *Indones. J. Electron. Electromed. Eng. Med. informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 39–44, 2019, doi: 10.35882/ijeeemi.v1i1.7.
- [7] S. A. Miyagi, M. R. Mak’ruf, E. D. Setioningsih, and T. Das, “Design of Respiration Rate Meter Using Flexible Sensor,” *J. Electron. Electromed. Eng. Med. Informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 13–18, 2020, doi: 10.35882/jeemi.v2i1.3.
- [8] A. Momin, Hartono, and A. N. Aziz, “Rancang Bangun Elektrokardiograf Berbasis IoT,” *J. Fis.*, vol. 11, no. 2, pp. 60–76, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/article/view/31950%0Ahttps://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jf/article/viewFile/31950/12550>
- [9] I. Puspasari, W. I. Kusumawati, E. S. Oktarina, and J. Jusak, “IDENTIFIKASI SINYAL SUARA JANTUNG (PCG) DENGAN METODE ENERGI SHANNON DAN IMPLEMENTASINYA PADA IoT (INTERNET OF THINGS),” no. December, pp. 116–124, 2012.
- [10] W. E. Sonata and Wildian, “Rancang Bangun Alat Ukur Laju Pernapasan Manusia Berbasis Mikrokontroler Atmega8535,” *J. Fis. Unand*, vol. 4, no. 4, pp. 332–338, 2015.