

PENGEMBANGAN SIMULATOR FETAL BERBASIS KONTROL SUARA UNTUK PENGUJIAN ALAT FETAL DOPPLER

DEVELOPMENT OF A VOICE-CONTROLLED FETAL SIMULATOR FOR TESTING FETAL DOPPLER DEVICES

Royan^{1*}, Kusnanto Mukti Wibowo², Abdul Latif³, Farid Ishartomo⁴, Danu Tirta Nadi⁵,
Arif Mulyanto⁶, Isnaeni Rofiqoch⁷

Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Jl. Letjen. Soepardjo Roestam, Purwokerto, Indonesia

*e-mail: royan@ump.ac.id, kusanantomuktiwibowo@ump.ac.id, abdullatif@ump.ac.id, faridishartomo@ump.ac.id,
danutirtanadi@ump.ac.id, arifmulyanto@ump.ac.id, isnaenirofiqoch@ump.ac.id

ABSTRACT

Fetal Doppler is a diagnostic tool to detect fetal heart rate in BPM (beats per minute). Like other medical devices, it must be calibrated periodically by a health facility testing center, as stated in the Regulation of the Minister of Health of Indonesia Number 54 of 2015 article 4 paragraph 1. Article 8 paragraph 1 explains that testing or calibration of medical devices is carried out periodically at least once a year. In addition, testing must be carried out after repairs to medical devices as stated in SNI IEC 62353 of 2014. In addition to testing and calibration, medical devices need to be maintained and tested for function. Therefore, a fetal doppler simulator is needed by medical device technicians to test the function of the fetal doppler. The innovation made on this device is that the simulator is connected to a smartphone with the aim of minimizing electronic components, eliminating settings with buttons and replacing them with Voice Control on the smartphone. This fetal doppler simulator is successfully designed well, it can simulate fetal heart rate from 60-240 BPM with error value of 0% at settings of 90, 120, 150, 180, and 240 BPM. While at setting 60 BPM there is an error value of 1.6%. This simulator is suitable for use as a reference for fetal doppler function test because the error value is below the tolerance of ± 5 for BPM on fetal Doppler

Keywords: Fetal Doppler, fetal Doppler simulator, Voice Control, Smartphone, Calibration

I. PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 54 Tahun 2015 mengatur tentang pengujian dan kalibrasi alat kesehatan[1]. Fetal doppler seperti halnya peralatan kesehatan lainnya, harus dilakukan uji kalibrasi secara berkala oleh balai pengujian fasilitas kesehatan atau institusi pengujian fasilitas kesehatan. Hal tersebut untuk menjamin keamanan, keselamatan dan laik pakai. Fetal doppler di kalibrasi dengan *fetal doppler simulator*[2].

Penelitian tentang *Fetal Doppler simulator* pernah dibuat oleh Hanifah Rahmi Fajrin dan rekan-rekannya dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, pada penelitian yang dilakukan, mereka membuat simulator yang dapat menyimulasikan laju denyut jantung dari 60 hingga 240 BPM dengan tombol Pengaturan BPM dan tampilan layar LCD[3]. Penelitian tentang *fetal doppler simulator* juga telah dilakukan oleh Milla Kusnaindi dan rekan-rekannya dari Universitas Mercu Buana[4]. Pada alat yang dibuatnya dilengkapi dengan thermohygrometer. Fetal simulator dilengkapi dengan thermohygrometer dapat digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban ruangan. Fetal

simulator dilengkapi thermohygrometer dapat digunakan sebagai simulasi (pengganti) detak jantung janin dengan pengaturan 60, 90, 120, 150, 180, 210 dan 240 BPM.

Penelitian lain tentang simulator juga telah dilakukan oleh Arum Tri rekan-rekannya[5]. Dalam penelitian yang dilakukannya membahas pengaruh jarak sumber suara yang dibangkitkan. Untuk mendapatkan jarak yang diinginkan digunakan solenoid yang ujungnya berupa pipa dengan panjang masing-masing 2 cm, 5 cm, 10 cm, dan 50 cm.

Di era kemajuan teknologi, sebuah inovasi baru dapat diciptakan dengan menerapkan konsep *internet of things* (IoT) [6-10]. Selain itu beberapa teknologi juga menggunakan *voice control* untuk mengendalikan atau kontrol peralatan, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Muhammad Irfan Reza dan rekan-rekannya, dalam penelitian yang telah dilakukan, mereka mengendalikan lampu dengan *Voice Command*[11]. Penelitian serupa juga telah banyak dilakukan [12-15] untuk pengendalian peralatan listrik.

Dari latar belakang diatas, penulis membuat inovasi pada fetal simulator. Simulator terhubung dengan *smartphone* dengan tujuan untuk meminimalkan komponen elektronik,

menghilangkan pengaturan dengan tombol dan menggantinya dengan kontrol suara pada *smartphone*

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini mengusulkan pengembangan inovasi pada fetal simulator melalui integrasi teknologi *smartphone* sebagai pusat pengendalian sistem. Pendekatan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi ketergantungan pada komponen elektronik tambahan, sehingga struktur perangkat keras menjadi lebih sederhana, efisien, dan mudah dalam proses perawatan maupun pengembangan lebih lanjut. Dengan memanfaatkan kemampuan komputasi dan antarmuka yang dimiliki *smartphone*, fungsi pengaturan yang sebelumnya dilakukan melalui tombol fisik pada perangkat simulator dapat dieliminasi dan digantikan dengan sistem pengendalian berbasis perangkat lunak. Selain itu, penelitian ini menerapkan mekanisme kontrol suara sebagai metode interaksi utama antara pengguna dan sistem, sehingga memungkinkan pengaturan parameter simulasi dilakukan secara lebih intuitif dan ergonomis tanpa kontak langsung dengan perangkat.

Implementasi kontrol suara ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas penggunaan alat, meminimalkan kesalahan pengaturan akibat keterbatasan antarmuka konvensional, serta memberikan pengalaman penggunaan yang lebih realistis dan modern. Secara keseluruhan, inovasi yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan fungsionalitas fetal simulator sebagai media pembelajaran dan pelatihan, khususnya dalam mendukung proses pendidikan di bidang kesehatan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi digital terkini.

II. METODE PENELITIAN

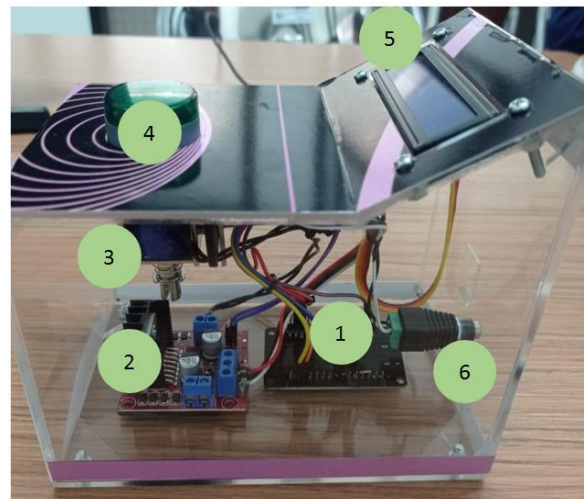
Penelitian ini terdiri dari dua perancangan, diantaranya perancangan perangkat keras dan juga perancangan perangkat lunak (*hardware* dan *software*)

A. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini, sistem fetal simulator dirancang dengan menggunakan modul NodeMCU ESP8266 sebagai unit pengendali utama. Modul ini dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan data sekaligus konektivitas jaringan nirkabel yang memungkinkan integrasi langsung dengan perangkat *smartphone*. Melalui koneksi internet, NodeMCU ESP8266 menerima perintah suara yang diinputkan pengguna pada *smartphone*, kemudian melakukan proses interpretasi dan konversi perintah tersebut menjadi sinyal kendali digital sesuai dengan parameter simulasi yang

telah ditetapkan. Selanjutnya, sinyal kendali tersebut digunakan untuk mengatur kerja komponen keluaran pada sistem.

Sebagai komponen keluaran, penelitian ini memanfaatkan solenoid yang berfungsi sebagai aktuator penghasil suara untuk mensimulasikan denyut jantung janin. Solenoid dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266 dengan pengaturan waktu aktif dan tidak aktif (on-off) yang telah diprogram, sehingga frekuensi dan ritme bunyi yang dihasilkan dapat menyerupai karakteristik denyut jantung janin. Integrasi antara mikrokontroler, sistem komunikasi nirkabel, dan aktuator solenoid membentuk satu kesatuan sistem fetal simulator yang dapat dioperasikan secara jarak jauh melalui *smartphone*. Rancangan arsitektur sistem serta hubungan antar komponen utama pada penelitian ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar 1.



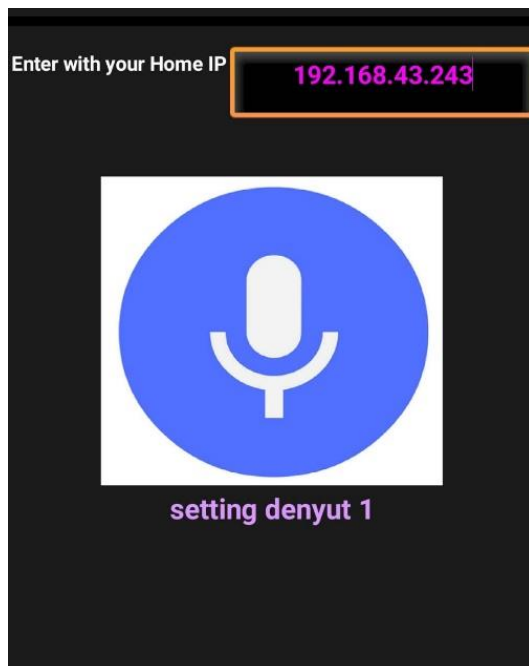
Gambar 1. Desain Simulator Fetal Doppler

Desain sistem simulator fetal doppler pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem tersebut terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi dan memiliki fungsi masing-masing:

1) NodeMCU ESP8266

Digunakan sebagai unit mikrokontroler yang dilengkapi dengan fasilitas konektivitas internet, sehingga memungkinkan proses pengaturan dan pengendalian simulator fetal doppler dilakukan secara nirkabel melalui perangkat *smartphone*. Mekanisme pengaturan ini diimplementasikan melalui aplikasi pada *smartphone*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2, yang berfungsi untuk mengirimkan perintah kendali ke mikrokontroler secara daring. Pengaturan nilai denyut jantung janin pada simulator dilakukan melalui aplikasi berbasis perintah suara yang terpasang pada *smartphone*. Setiap perintah suara yang diberikan pengguna diterjemahkan oleh sistem sebagai

instruksi untuk menetapkan nilai BPM tertentu. Dalam implementasinya, perintah “setting denyut 1” digunakan untuk mengatur simulasi denyut jantung pada nilai 60 BPM. Selanjutnya, perintah “setting denyut 2”, “setting denyut 3”, “setting denyut 4”, “setting denyut 5”, dan “setting denyut 6” masing-masing digunakan secara berurutan untuk mengatur nilai denyut jantung sebesar 90 BPM, 120 BPM, 150 BPM, 180 BPM, dan 240 BPM. Mekanisme pengaturan ini memungkinkan pengguna melakukan pemilihan variasi denyut jantung janin secara mudah dan cepat tanpa menggunakan tombol fisik, sehingga mendukung pengoperasian sistem yang lebih ergonomis dan efisien.



Gambar 2. Pengaturan simulator denyut janin dengan *smartphone*

2) Driver solenoid L293N

Berperan sebagai rangkaian penguat dan pengendali untuk solenoid bertegangan 12 VDC. *Driver* ini memungkinkan mikrokontroler mengendalikan kerja solenoid secara aman dan stabil, baik dalam pengaturan waktu aktif maupun pola kerja yang diperlukan untuk mensimulasikan denyut jantung janin

3) Solenoid 12 VDC

Digunakan sebagai aktuator utama yang berfungsi untuk mensimulasikan denyut jantung janin. Solenoid ini dikendalikan langsung oleh mikrokontroler dengan pola pengaktifan yang telah diprogram, sehingga frekuensi denyut yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan nilai denyut jantung janin yang ditetapkan. Frekuensi denyut tersebut dibangkitkan oleh mikrokontroler dalam bentuk sinyal kendali periodik yang selanjutnya diteruskan ke rangkaian penggerak solenoid.

4) Vibration membrane

Meningkatkan efektivitas transmisi getaran, sistem dilengkapi dengan vibration membrane, yang berperan sebagai media keluaran dalam menyalurkan getaran mekanis hasil kerja solenoid, sehingga simulasi denyut jantung janin dapat dirasakan secara lebih realistis.

5) LCD

Berfungsi untuk menampilkan nilai denyut jantung janin dalam satuan beat per minute (BPM). Informasi yang ditampilkan pada LCD diperbarui secara *real-time* sesuai dengan pengaturan yang dilakukan melalui mikrokontroler.

6) Catu daya

Sistem menggunakan konektor power supply 12 VDC dengan kapasitas arus 3 A yang berfungsi untuk menyuplai kebutuhan daya seluruh rangkaian, baik pada mikrokontroler, driver, maupun aktuator, sehingga sistem dapat beroperasi secara stabil dan andal.

B. Desain perangkat lunak

Pembuatan program fetal simulator berbasis kontrol suara bisa kita lakukan dengan arduino IDE dan aplikasi *Voice* apk pada *smartphone*. Kode Arduino bertujuan untuk membaca sebuah perintah (*command*) dari *smartphone* dan menerjemahkan kedalam simulasi denyut jantung janin.

Listing program arduino untuk *command* dari *smartphone*

```
if(command.startsWith("Setting%20denyut%20")) {
    int denyut = command.substring(18).toInt(); //
    Ambil nilai setelah "Setting%20denyut%20"
    switch (denyut) {
        case 1: BPM = 60; break;
        case 2: BPM = 90; break;
        case 3: BPM = 120; break;
        case 4: BPM = 150; break;
        case 5: BPM = 180; break;
        case 6: BPM = 240; break;
    }
}
```

Kemudian perintah dari *smartphone* dalam bentuk suara sebagai kode perintah, selanjutnya diteruskan oleh mikrokontroler NodeMCU untuk mengendalikan solenoid sebagai sumber suara.

Listing program arduino untuk mengendalikan solenoid sebagai simulasi denyut janin sesuai dengan perintah dari *smartphone*.

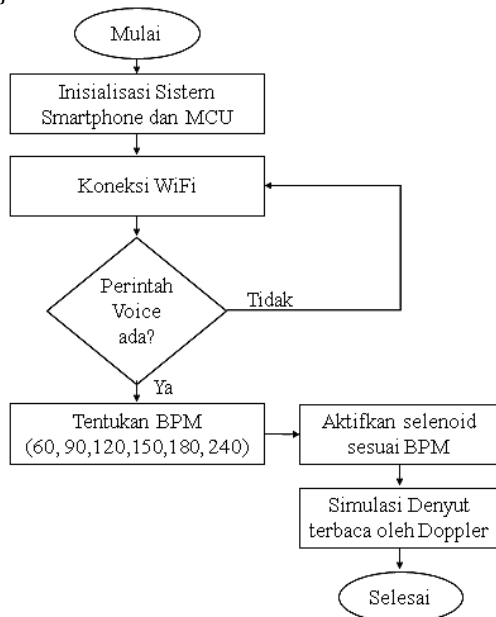
```
int delayTime = 0;
switch (BPM) {
    case 60: delayTime = 990; break;
    case 90: delayTime = 650; break;
    case 120: delayTime = 490; break;
```

```

    case 150: delayTime = 390; break;
    case 180: delayTime = 330; break;
    case 240: delayTime = 248; break;
}

if (delayTime > 0) { // Hanya eksekusi jika
delayTime diatur
    for (int i = 0; i < 2; i++) { // Ulangi nyala-mati
    dua kali
        digitalWrite(D5, i == 0 ? LOW : HIGH);
        digitalWrite(D6, HIGH);
        delay(delayTime);
    }
}

```



Gambar 3. Flowchart simulator

Gambar 3 menunjukkan diagram alir sistem simulasi denyut jantung berbasis perintah suara yang terintegrasi antara smartphone, mikrokontroler, dan koneksi WiFi. Proses dimulai dari inisialisasi sistem, dilanjutkan dengan pengecekan perintah suara, jika perintah belum diterima sistem akan menunggu hingga perintah tersedia. Setelah perintah diterima, sistem menentukan nilai BPM yang telah ditetapkan dan mengaktifkan solenoid sesuai BPM tersebut untuk menghasilkan simulasi denyut, yang selanjutnya dibaca oleh fetal Doppler hingga proses selesai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kinerja simulator fetal doppler dilakukan menggunakan alat Fetal Doppler merek Bistos Hi-bebe BT200 yang telah terkalibrasi sebagai perangkat pembanding. Pengujian dilaksanakan dengan mengatur nilai denyut jantung pada simulator secara bertahap, mulai dari 60 BPM hingga 240 BPM. Setiap pengaturan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan simulator dalam menghasilkan simulasi denyut jantung yang dapat terdeteksi dengan baik oleh

alat fetal doppler. Hasil pengujian pada pengaturan denyut jantung sebesar 60 BPM ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan hasil pengujian pada pengaturan denyut jantung sebesar 90 BPM ditampilkan pada Gambar 5. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara nilai BPM yang diatur pada simulator dengan nilai denyut jantung yang terbaca pada alat fetal doppler.



Gambar 4. Pengujian simulator dengan setting 60 BPM

Pada pengujian pertama, simulator diatur untuk menghasilkan simulasi denyut jantung sebesar 60 BPM. Hasil pengukuran menggunakan fetal doppler menunjukkan nilai denyut jantung sebesar 59 BPM. Terdapat selisih sebesar 1 BPM antara nilai yang ditetapkan pada simulator dengan nilai yang terbaca pada alat fetal doppler. Selisih ini menunjukkan adanya perbedaan kecil antara nilai referensi yang dihasilkan oleh simulator dan hasil pembacaan alat ukur, namun masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk tujuan simulasi.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, pada pengujian dengan pengaturan simulasi denyut jantung sebesar 90 BPM melalui perintah suara “setting denyut 2”, hasil pembacaan pada fetal doppler menunjukkan nilai denyut jantung sebesar 90 BPM. Dengan demikian, tidak ditemukan adanya selisih antara nilai yang diatur pada simulator dan nilai yang terbaca pada alat fetal doppler pada pengujian ini. Sementara itu, hasil pengujian pada variasi pengaturan denyut jantung lainnya secara keseluruhan dirangkum dan disajikan pada Tabel 1.

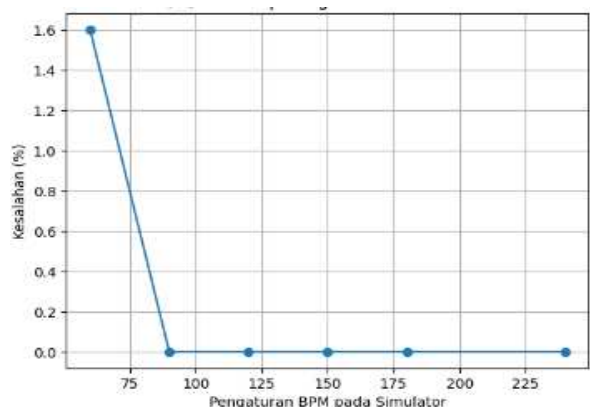


Gambar 5. Pengujian simulator dengan setting 90 BPM

Tabel.1. Pengujian Simulator pada pengaturan 60-240 BPM.

No	Pengaturan pada simulator (nilai BPM)	Pembacaan pada fetal doppler	Kesalahan (%)
1	60	59	1,6
2	90	90	0
3	120	120	0
4	150	150	0
5	180	180	0
6	240	240	0
Rata-rata Error			0,27

Grafik kesalahan (%) terhadap pengaturan BPM menunjukkan bahwa simulator fetal doppler memiliki tingkat akurasi yang tinggi pada seluruh rentang pengujian. Kesalahan pengukuran hanya terjadi pada pengaturan 60 BPM dengan nilai sebesar 1,6%, sedangkan pada pengaturan 90 BPM hingga 240 BPM tidak ditemukan kesalahan yang diperlihatkan pada gambar 7 mengindikasikan bahwa sistem mampu menghasilkan simulasi denyut jantung janin yang stabil dan konsisten, khususnya pada rentang denyut jantung menengah hingga tinggi. Secara keseluruhan, nilai rata-rata kesalahan sebesar 0,27% menunjukkan bahwa kinerja simulator berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk keperluan simulasi dan pembelajaran. kesalahan, seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 6. Grafik kesalahan (%) terhadap pengaturan BPM

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, simulator fetal doppler berbasis kontrol suara yang dikembangkan menunjukkan kinerja yang sangat akurat dan stabil dalam mensimulasikan denyut jantung janin, dengan nilai rata-rata kesalahan yang sangat kecil, yaitu 0,27%, serta kesesuaian penuh pada pengaturan denyut di atas 60 BPM. Meskipun tidak dirancang sebagai alat kalibrasi resmi karena adanya ketentuan kalibrasi pada peralatan kesehatan, simulator ini tetap memiliki potensi besar sebagai alat uji fungsi dan pendukung pemeliharaan rutin fetal doppler, khususnya bagi elektromedis dan teknisi peralatan kesehatan, sementara penerapan kontrol suara melalui smartphone turut meningkatkan kemudahan penggunaan dan efisiensi operasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 54 Tahun 2015 tentang Pengawasan Alat Kesehatan dan Perbekalan Kesehatan Rumah Tangga*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI, 2015.
- [2] A. Nadhirotussolikah, A. Pudji, dan M. R Mak'ruf, "Fetal Doppler Simulator Based on Arduino," *Journal of Electronics, Electromedical, and Medical Informatics (JEEEMI)*, 2020.
- [3] H. R. Fajrin, S. Maharani, dan A. Fitriyah, "Simulator Fetal Doppler," *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 2021.
- [4] M. Kusnadi, Y. Yuliza, dan E. Ihsanto, "Analisa Fetal Simulator yang Dilengkapi dengan Thermohyrometer," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, 2020.
- [5] A. T. Werdan, Syaifudin, B. Utomo, dan Abdul Basit, "Mechanical Fetal Simulator for Fetal Doppler Testing," *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 2022.
- [6] R. Khaerudin dan I. H. Kurniawan, "Implementasi Internet Of Things Untuk Monitoring Kualitas Air Secara Realtime Pada Utilities PT.Kilang Pertamina Internasional Cilacap Berbasis Mikrokontroler Nodemcu ESP 32," *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*. 2021

- [7] V. H. P. Mustamu dan Z. A. I. Supardi, "Rancang bangun DIY elektrokardiograf 3 - leads berbasis mikro kontroler sebagai real time non - internet monitoring". *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 2022.
- [8] D. Salsabila, A. T. Hanuranto, dan A. Irawan, "Sistem monitoring denyut jantung berbasis IoT menggunakan protokol XMPP: IoT-based heart rate monitoring system using the XMPP protocol," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 2022.
- [9] R. Hariri, L. Hakim, dan R. F. Lestari, "Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor AD8232 Berbasis Internet of Things," *IncomTech, Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, 2019.
- [10] A. A. Maggang, B. H. A. Manafe, S. O. Manu, dan J. F. M. Bowakh, "Sistem monitoring sinyal elektrokardiogram (ekg) menggunakan thingspeak cloud computing," *Jurnal Media Elektro*. 2021.
- [11] M. I. Reza, S. R. Akbar, dan H. Fitriyah, "Kontrol Lampu Berbasis Voice Command Pada Raspberry PI". *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2018.
- [12] I. W. Haris dan Y. M. Djaksana, "Lampu Dengan Kontrol Suara Berbasis Android," *Scientia Sacra*, 2021.
- [13] T. M. Kereh, S. Sawidin, Y. S. Rompon, dan D. S. Pongoh, "Prototype Sistem Kontrol Peralatan Listrik Dengan Aplikasi Android Voice Controller". *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2022.
- [14] A. Devitra, "Prototype smart home system menggunakan voice control pada perangkat IOT," *Just IT : Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, 2022.
- [15] B. A. Pramono dan R. N. Kundono, "Rancang bangun automasi lampu rumah dengan perintah suara berbasis mikrokontroler nodemcu," *Prosiding SNATIF Ke -5*, 2018.