

Alat *Fetal Simulator* dengan LCD *Nextion*

¹Achmad Labibabul Umam, ¹Imam Tri Harsoyo, ¹Anggiat, ¹Wahyu Arief Purnomo

¹Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang

¹labibulachmad@gmail.com, ²imamtriharsoyo@stikessemarang.ac.id,

³anggiatwinner@stikessemarang.ac.id, ⁴wahyuariefpurnomo@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 30-04-2025

Revised : 02-06-2025

Accepted : 07-06-2025

Online : 10-06-2025

Keywords:

Fetal Simulator; *Speaker*;
LCD *Nextion*; Minyak
Trafo; *Fetal Doppler*

ABSTRACT

Abstract: A *Fetal Simulator* is an instrument used to simulate calibrated heartbeats (BPM) to prepare a *Fetal Doppler* for operation. This study aims to design a fetal simulator prototype equipped with a more interactive *Nextion LCD*, which facilitates users in setting and monitoring the device's operating parameters in real-time, as well as to conduct functional and comparative testing of the developed device. The research employs an experimental method with a design and development approach, focusing on the construction and refinement of the fetal simulator device. Functional testing results showed error rates of 5.4% at TP1 (battery input), 1.6% at TP2 (*Nextion LCD* input), 0.2% at TP3 (charger output), and 1.4% at TP4 (step-up output). Meanwhile, comparative testing using the Bistos BT-250 fetal Doppler demonstrated that the prototype successfully generated signals that were well detected by the reference device, within a BPM range of 30–240 as configured.



Abstrak: *Fetal Simulator* adalah sebuah instrumen yang digunakan untuk mensimulasikan denyut jantung terkalibrasi (BPM) sehingga dapat mempersiapkan *Fetal Doppler* untuk beroperasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe *fetal simulator* yang dilengkapi dengan LCD *Nextion* yang lebih interaktif dan memudahkan pengguna dalam mengatur serta memantau parameter kerja alat secara real-time, serta melakukan uji fungsi dan uji banding terhadap alat yang dikembangkan. Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan rancang bangun, yang berfokus pada perancangan dan pengembangan alat *fetal simulator*. Hasil uji fungsi menunjukkan tingkat kesalahan masing-masing pada TP1 (input baterai) sebesar 5,4%, TP2 (input LCD *Nextion*) sebesar 1,6%, TP3 (output charger) sebesar 0,2%, dan TP4 (output step up) sebesar 1,4%. Sementara itu, hasil uji banding dengan alat *fetal doppler* Bistos BT-250 menunjukkan bahwa prototipe mampu menghasilkan sinyal yang terdeteksi dengan baik oleh alat pembanding, dengan rentang BPM antara 30–240 sesuai dengan pengaturan yang ditentukan.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license

A. LATAR BELAKANG

Pemantauan denyut jantung janin (DJJ) menggunakan *Fetal Doppler* merupakan aspek fundamental dalam asuhan antenatal untuk mengevaluasi kondisi dan mendeteksi potensi komplikasi janin (Arini & Nurasmi, 2024; Fajrin et al., 2021; Ningtias et al., 2021). *Fetal Doppler* bekerja berdasarkan prinsip Efek Doppler untuk mengukur laju denyut jantung janin dalam Beats Per Minute (BPM) (Kusnaldi et al., 2020; Ningtias et al., 2021). Akurasi pembacaan *Fetal Doppler* sangat krusial karena laju DJJ (normal 120-160 BPM, bradikardia <120 BPM, takikardia >160 BPM) merupakan indikator penting kondisi janin, dan kesalahan pengukuran dapat berakibat fatal (Arini & Nurasmi, 2024; Mohd Hanifa et

al., 2021; Nadhirotussolikah et al., 2020; Tarzamni et al., 2021; Kusumaningtyas et al., 2023).

Mengingat fungsinya yang kritis, akurasi dan keamanan *Fetal Doppler* harus terjamin melalui kalibrasi berkala (Fajrin et al., 2021; Kusnaldi et al., 2020; Meler et al., 2021). Regulasi pemerintah Indonesia mewajibkan pengujian dan kalibrasi alat kesehatan, termasuk *Fetal Doppler*, setidaknya satu kali per tahun untuk memastikan kinerja dan keamanan yang benar (Isnaeni et al., 2024; Nadhirotussolikah et al., 2020; Nurahmadan et al., 2021). Alat standar yang digunakan untuk kalibrasi *Fetal Doppler* adalah *Fetal Simulator*, yang menstimulasi sinyal denyut jantung janin pada laju yang diketahui untuk dibandingkan dengan pembacaan *Fetal Doppler* (Ghosh et al., 2020; Kurniawan, 2012; Nadhirotussolikah et al., 2020; Triwerdani et al., 2022).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan alat fetal simulator dengan pendekatan yang beragam. Nadhirotussolikah et al., (2020) merancang fetal simulator berbasis Arduino Uno dengan range BPM 30–180 menggunakan sinyal mekanik dari solenoid, namun pengaturan BPM kurang responsif karena keterbatasan program) Kusnaldi et al., (2020) menambahkan fitur *thermohygrometer* untuk memantau suhu dan kelembaban, tetapi penggunaan LCD 16x2 menyebabkan keterbatasan tampilan karena informasi ditampilkan bergantian. Sementara itu, Arif Fernanda (2023) menggunakan Arduino Uno dan speaker sebagai pemancar sinyal dengan rentang BPM 60–210, serta menunjukkan akurasi tinggi sebesar 99,1%, namun antarmuka yang digunakan masih sederhana dan kurang interaktif dan simulasi denyut jantung kurang halus.

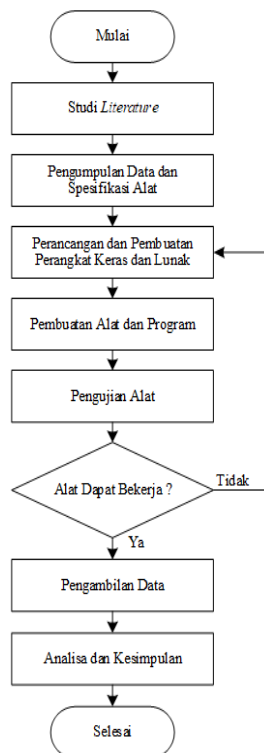
Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan fetal simulator berbasis LCD Nextion, yang tidak hanya berfungsi sebagai tampilan tetapi juga sebagai pengendali internal sistem. Hal ini memudahkan pengguna dalam mengatur serta memantau parameter secara real-time melalui antarmuka yang lebih informatif dan responsif. Selain itu, simulasi denyut jantung dilakukan pada rentang BPM yang lebih luas (30–240 BPM) menggunakan metode speaker yang direndam dalam minyak trafo, sehingga mampu menghasilkan sinyal yang lebih stabil dan melindungi komponen dari risiko kerusakan akibat getaran langsung. (Bustamante et al., 2019; Gaspar et al., 2019; Muhammad Nur & Gunadi, 2019; Tri Harsoyo et al., 2024; Yulianti et al., 2021). Rentang BPM 30-240 dipilih untuk mencakup seluruh rentang klinis DJJ.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimental dengan pendekatan rancang bangun. Fokus penelitian adalah pada perancangan dan pengembangan sebuah alat *Fetal Simulator* dengan LCD *Nextion*. Metode ini melibatkan uji coba dan pengembangan dari sistem yang ada, dengan menghasilkan sistem transduser yang dapat menghasilkan simulasi denyut jantung dan dilengkapi tampilan LCD yang memadai guna memudahkan prosedur kalibrasi pada alat *Fetal Doppler*. Selain itu, studi pustaka juga dilakukan untuk mendapatkan landasan teori sebagai acuan dalam proses penelitian dan penulisan laporan. Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu Februari hingga Juli 2024, berlokasi di laboratorium Elektronika Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang, Rumah Sakit RSUD RA. Kartini Jepara, serta di rumah dan kost penulis.

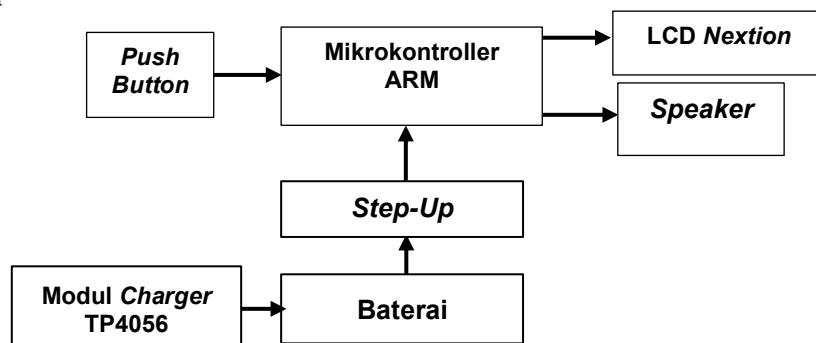
Alat dan bahan utama yang digunakan dalam penelitian rancang bangun ini meliputi: Laptop, solder, timah, multimeter, tool set, dan kabel charger USB Tipe C sebagai alat bantu. Bahan-bahan utama yang digunakan adalah LCD *Nextion*, *speaker*, push button, baterai Lithium, modul charger (TP4056), modul step-up (MT3608), minyak trafo, box yang dicetak 3D, serta komponen elektronika penunjang lainnya.

Proses penelitian ini direncanakan mengikuti diagram alir (Gambar 2.1) yang dimulai dengan pengumpulan data dan spesifikasi terkait alat *Fetal Simulator*. Langkah selanjutnya adalah perencanaan *hardware* dan *software* alat. Setelah pembuatan, dilakukan pengujian fungsi alat. Apabila alat belum bekerja sesuai harapan atau kurang sesuai dalam cara kerjanya, dilakukan perancangan ulang atau perubahan pada perangkat keras maupun perangkat lunak. Jika alat dinyatakan berfungsi, proses dilanjutkan dengan pengambilan data. Tahap akhir meliputi analisa hasil pengambilan data dan penyusunan kesimpulan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

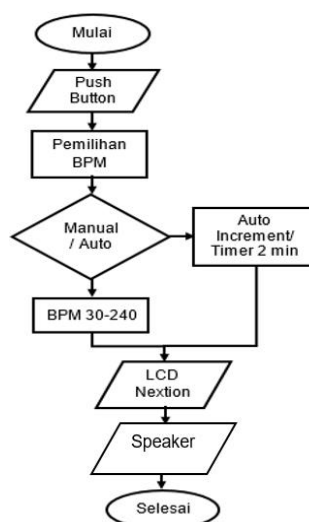
Perancangan perangkat keras alat digambarkan dalam bentuk blok diagram untuk memperjelas alur kerja sistem secara keseluruhan. Blok diagram alat *Fetal Simulator* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Alat

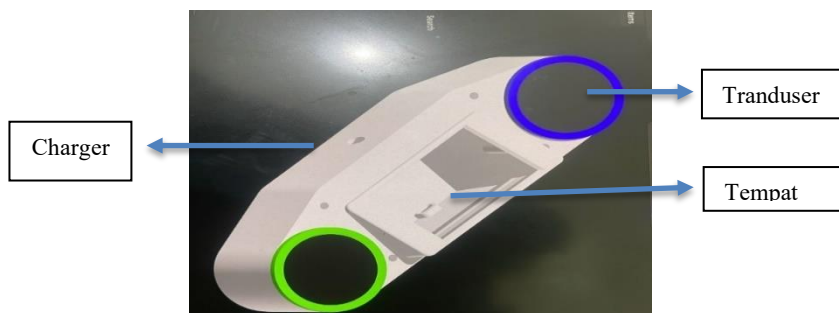
Berdasarkan blok diagram (Gambar 2), sistem alat dijelaskan sebagai berikut: Suplai daya utama didapatkan dari charger 5V yang masuk ke modul *charger* TP4056. Modul ini berfungsi untuk mengisi baterai Lithium dan *simultaneously* menyediakan daya untuk operasional alat. Baterai berfungsi sebagai penyedia energi portabel. Tegangan baterai (3.7V) ditingkatkan menggunakan modul *step-up* MT3608 untuk mencukupi kebutuhan tegangan komponen lain yang lebih tinggi, misalnya 5V. Alat diaktifkan dengan menekan *push button* yang terhubung sebagai tombol daya *On/Off*. LCD *Nextion* digunakan sebagai mikrokontroler internal utama dan antarmuka tampilan program. LCD *Nextion* mengontrol komponen utama seperti *speaker* untuk menghasilkan simulasi denyut jantung. Alat ini menghasilkan keluaran berupa tampilan nilai BPM pada LCD dan simulasi denyut jantung yang dideteksi oleh *Fetal Doppler*. Tampilan LCD *Nextion* dilengkapi menu pengaturan BPM (+/-), pemilihan mode (*Automatic/Manual*), tombol *start/stop*, dan grafik BPM.

Alur kerja sistem alat *Fetal Simulator* digambarkan secara rinci dalam bentuk *flowchart* pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* Alat

Saat alat dinyalakan melalui penekanan *push button*, seluruh komponen mendapatkan suplai daya dari baterai yang telah diatur tegangannya oleh modul *step-up*. LCD *Nextion* akan menyala dan menampilkan menu utama. Pengguna dapat memilih mode Manual untuk mengatur nilai BPM simulasi dari 30 hingga 240 BPM secara langsung menggunakan tombol tambah (+) atau kurang (-) pada layar sentuh. Pilihan mode Auto memungkinkan simulasi BPM secara berurutan dengan nilai-nilai tertentu (misalnya, kenaikan 10 BPM) selama jangka waktu tertentu per nilai (misalnya, 1 menit tiap nilai BPM). Pengaturan BPM pada LCD *Nextion* akan memerintahkan *speaker* untuk mensimulasikan denyut jantung. *Speaker* bekerja dengan menggerakkan membrannya akibat kumparan dialiri listrik sesuai sinyal dari mikrokontroler, menghasilkan suara/vibrasi yang dapat dideteksi oleh *Fetal Doppler*. Desain fisik alat rancang bangun *Fetal Simulator* ditunjukkan pada Gambar 4.



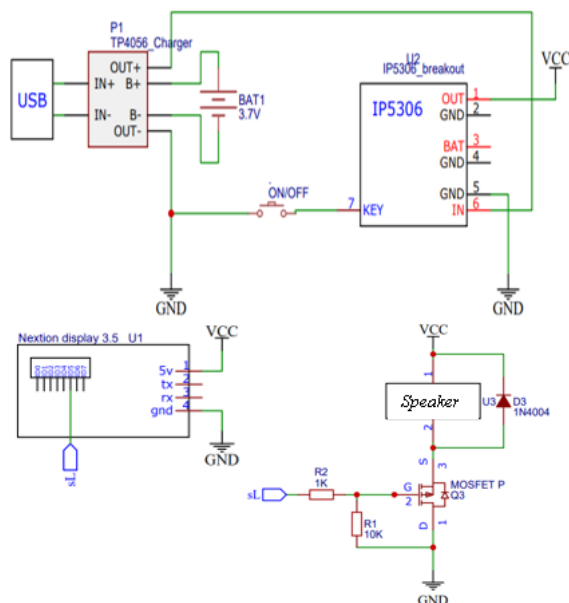
Gambar 4. Desain Fisik Alat Rancang Bangun *Fetal Simulator*

Tampilan antarmuka grafis pada LCD *Nextion* saat alat beroperasi disajikan pada Gambar 5, menunjukkan elemen-elemen seperti area tampilan BPM, tombol pengaturan BPM dan mode, tombol *start/stop*, serta area grafik BPM.



Gambar 5. Tampilan LCD *Nextion*

Rangkaian elektronik keseluruhan yang mencakup interkoneksi antara LCD *Nextion*, modul daya (*charger*, baterai, *step-up*), *push button*, dan *speaker* digambarkan secara skematik pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Alat Keseluruhan

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil pengukuran dan analisis data yang diperoleh dari pengujian prototipe *Fetal Simulator* dengan LCD *Nextion* yang telah dirancang. Pengujian alat ini bertujuan untuk memverifikasi kebenaran dan akurasi hasil perencanaan rangkaian, serta mengevaluasi kinerja alat secara keseluruhan. Pengukuran dan uji fungsi dilakukan menggunakan alat ukur Multimeter dan alat pembanding berupa *Fetal Doppler* merk BISTOS BT-250 yang telah terkalibrasi.

Metode pengukuran dan pendataan pada alat *Fetal Simulator* dilakukan di beberapa titik pengukuran (TP) untuk memantau besaran tegangan. Metode pengujian melibatkan pengambilan data pada titik-titik pengukuran (TP) yang telah ditentukan dalam metode penelitian untuk mengetahui apakah tegangan pada setiap titik dalam rangkaian telah sesuai dengan perencanaan dan komponen *datasheet*. Berikut Hasil Pengukuran : Hasil pengukuran tegangan pada titik pengukuran 1 (TP1), yaitu pada sumber tegangan input baterai, menunjukkan rata-rata tegangan terukur sebesar 3.9 V berdasarkan tiga kali pengukuran, sementara nilai *datasheet* baterai adalah 3.7 V. Perhitungan persentase kesalahan untuk TP1 menghasilkan nilai 5,4%; Pengukuran tegangan pada titik pengukuran 2 (TP2), yaitu pada sumber tegangan input LCD *Nextion*, menunjukkan rata-rata tegangan terukur sebesar 5.08 V berdasarkan tiga kali pengukuran. Nilai *datasheet* untuk tegangan kerja LCD *Nextion* adalah 5 V. Persentase kesalahan yang dihitung untuk TP2 adalah 1,6%; Pada titik pengukuran 3 (TP3), yang merupakan output dari modul *charger*, hasil pengukuran menunjukkan rata-rata tegangan sebesar 4.21 V dari tiga kali pengukuran. Nilai referensi (*data sheet*) untuk *output* modul *charger* TP4056 yang digunakan untuk mengisi baterai Li-ion adalah sekitar 4.2 V. Perhitungan persentase kesalahan untuk TP3 menghasilkan nilai 0.2%; Pengukuran tegangan pada titik pengukuran 4 (TP4), yaitu pada *output* modul *step-up*, menunjukkan rata-rata tegangan sebesar 5.08 V dari tiga kali pengukuran. Modul *step-up* disetel untuk menghasilkan tegangan *output* 5V guna mensuplai komponen seperti LCD *Nextion*. Perhitungan persentase kesalahan untuk TP4 menghasilkan nilai 1.6%.

Selanjutnya, dilakukan uji banding kinerja *Fetal Simulator* dengan *Fetal Doppler* BISTOS BT-250 yang telah terkalibrasi sebagai alat pembanding. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan nilai BPM yang disetel pada *Fetal Simulator* dengan nilai BPM yang dibaca oleh *Fetal Doppler*. Pengujian dilakukan pada rentang BPM 30 hingga 240 dengan kelipatan 10 BPM. Untuk setiap nilai BPM yang disetel pada simulator, pembacaan *Fetal Doppler* dicatat sebanyak 5 kali pengukuran selama satu menit per pengukuran. Hasil uji banding ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Pengukuran *Fetal Simulator* dan *Fetal Doppler*

NO	<i>FETAL SIMULATOR</i>		HASIL UKUR BPM			
1.	30	30	30	30	30	30
2.	40	40	39	39	40	41
3.	50	51	49	48	49	49
4.	60	58	58	59	59	59
5.	70	68	68	68	69	68
6.	80	80	80	80	80	80

7.	90	89	89	90	89	89
8.	100	99	99	99	99	99
9.	110	110	110	110	112	109
10.	120	119	119	118	119	119
11.	130	130	130	130	130	130
12.	140	141	139	138	138	139
13.	150	148	148	148	148	148
14.	160	157	158	158	158	158
15.	170	171	170	171	170	170
16.	180	181	180	180	181	181
17.	190	188	186	186	188	188
18.	200	200	200	200	200	200
19.	210	210	211	211	210	211
20.	220	220	220	220	220	220
21.	230	228	226	226	228	228
22.	240	240	240	240	240	240

Berdasarkan Tabel 1, secara umum terlihat bahwa *Fetal Simulator* mampu menghasilkan sinyal yang dapat dideteksi dan dibaca dengan baik oleh *Fetal Doppler* pembanding pada sebagian besar rentang BPM yang diuji.

Analisis kuantitatif tingkat kesesuaian dilakukan dengan menghitung persentase kesalahan antara nilai BPM yang disetel (nilai pembanding/teori) dengan nilai rata-rata pembacaan oleh *Fetal Doppler* (hasil ukur) untuk setiap titik BPM yang diuji. Persentase kesalahan bervariasi antara 0% (pada beberapa titik) hingga maksimum 2.5% (pada BPM 70).

Tabel 2. Rangkuman Persentase Kesalahan

BPM (Nilai Setel Simulator)	Persentase Kesalahan (%)
30	0%
40	0.5%
50	1.6%
60	2.3%
70	2.5%
80	0%
90	0.8%
100	1%
110	0.18%
120	1%
130	0%
140	0.7%
150	1.3%
160	1.37%
170	0.23%
180	0.33%
190	1.47%
200	0%
210	0.28%
220	0%
230	1.2%
240	0%

Rata-rata persentase kesalahan pembacaan *Fetal Doppler* terhadap nilai yang disetel pada simulator adalah sekitar 99,24% (berdasarkan nilai akurasi rata-rata 100% dikurangi rata-rata *error*). Angka ini mengindikasikan kesesuaian yang tinggi antara *output* simulator dengan pembacaan alat medis standar (*Fetal Doppler* terkalibrasi).

Variasi kecil pada persentase kesalahan di berbagai titik BPM (misalnya, kesalahan sedikit lebih tinggi pada BPM 60, 70, dan 190 dibandingkan titik lain) dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Ini terkait dengan karakteristik respons akustik *speaker* pada frekuensi detak tertentu, efektivitas peredaman oli pada laju vibrasi yang berbeda, sensitivitas transduser *Fetal Doppler* terhadap sinyal yang dihasilkan pada frekuensi yang bervariasi, atau faktor lingkungan minor selama pengukuran. Meskipun demikian, fakta bahwa alat pembanding (*Fetal Doppler* BISTOS BT-250) mampu mendeteksi dan memberikan pembacaan yang konsisten (5 kali pengukuran per titik) dan relatif dekat dengan nilai setel simulator.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa prototipe *fetal simulator* yang dirancang dengan integrasi LCD Nextion telah berhasil dikembangkan dan diuji secara fungsional maupun komparatif. Uji fungsi menunjukkan bahwa alat bekerja secara stabil dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah pada setiap titik pengujian, yaitu 5,4% pada TP1 (input baterai), 1,6% pada TP2 (input LCD Nextion), 0,2% pada TP3 (output charger), dan 1,4% pada TP4 (output step up). Hasil uji banding menggunakan fetal doppler Bistos BT-250 juga membuktikan bahwa alat mampu menghasilkan sinyal denyut jantung buatan yang dapat terdeteksi dengan baik dalam rentang BPM 30–240, sesuai dengan parameter yang ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa prototipe ini layak digunakan sebagai media simulasi dalam pengujian perangkat fetal doppler.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar penutup transduser dibuat dari bahan yang lebih tahan lama dan sesuai secara akustik, dilengkapi fitur pengukuran suhu dan kelembaban, serta ditambahkan indikator status baterai pada LCD Nextion untuk meningkatkan kenyamanan dan keandalan penggunaan alat secara portabel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tulus kepada Bapak Imam Tri Harsoyo, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Anggiat Winner, OS,SST selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan, arahan, saran, dan motivasi yang tak ternilai selama penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Patrisius Kusi Olla, ST, MT selaku Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang. Apresiasi juga ditujukan kepada seluruh keluarga, teman-teman dari Kost Batalyon dan Angkatan ke-25 Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Semarang atas doa, semangat, dan dukungannya.

REFERENSI

- Arif Fernanda. (2023). *Fetal Doppler Simulator Berbasis Arduino Uno* (pp. 14–97). <https://eprints.uwhs.ac.id/2047/>
- Arini, A., & Nurasmi, N. (2024). Pemantauan DJJ dengan Bantuan Doppler pada Ibu Hamil Ny. "H"

- umur 22 tahun G1P0A0 Sejak Usia Kehamilan 31 minggu 4 Hari Secara Komprehensif. *Indonesia Berdaya*.
- Bustamante, S., Manana, M., Arroyo, A., Castro, P., Laso, A., & Martinez, R. (2019). Dissolved gas analysis equipment for online monitoring of transformer oil: A review. *Sensors (Switzerland)*, 19(19), 4–12. <https://doi.org/10.3390/s19194057>
- Fajrin, H. R., Maharani, S., & Fitriyah, A. (2021). Simulator Fetal Doppler. *Medika Teknik : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 2(2). <https://doi.org/10.18196/mt.v2i2.11212>
- Gaspar, J., Fontul, M., Henriques, E., & Silva, A. (2019). Push button design requirements and relations to button architecture elements. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 70(February), 92–106. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.01.001>
- Ghosh, A. K., Burniston, S. F., Krentzel, D., Roy, A., Sheikh, A. S., Siddiq, T., Trinh, P. M. P., Velazquez, M. M., Vielle, H. T., Nowlan, N. C., & Vaidyanathan, R. (2020). A novel fetal movement simulator for the performance evaluation of vibration sensors for wearable fetal movement monitors. *Sensors (Switzerland)*, 20(21), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s20216020>
- Isnaeni, N., Amelia, S. K., Ichzan, M., Jumardin, Nurrahmi, S., Agus, J., Isradianti, D. F., & Bariah, K. (2024). Uji Kesesuaian Kinerja dan Analisis Reproduksiabilitas Akurasi Tegangan Tabung Pesawat Sinar-X di Balai Pengamanan Alat Fasilitas Kesehatan Makassar. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 11(1), 31–42. <https://doi.org/10.24252/jft.v11i1.47855>
- Kurniawan, P. (2012). *Rancang Bangun Fetal Doppler Dengan Tampilan LCD*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Kusnaldi, M., Yuliza, Y., & Ihsanto, E. (2020). Analisa Fetal Simulator yang Dilengkapi dengan Thermohygrometer. *Jurnal Teknologi Elektro*, 10(3), 176. <https://doi.org/10.22441/jte.v10i3.005>
- Meler, E., Martínez, J., Boada, D., Mazarico, E., & Figueras, F. (2021). Doppler studies of placental function. *Placenta*, 108(March), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2021.03.014>
- Mohd Hanifa, R., Isa, K., & Mohamad, S. (2021). A review on speaker recognition: Technology and challenges. *Computers and Electrical Engineering*, 90(April 2020), 107005. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107005>
- Muhammad Nur, I., & Gunadi, I. (2019). *Pemrograman Mesin Bor Otomatis Berbasis Atmega 328*. 22(4).
- Nadhirotussolikah, A., Pudji, A., & Mak'ruf, M. R. (2020). Fetal Doppler Simulator Based on Arduino. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 2(1), 28–32. <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v2i1.6>
- Ningtias, D. R., Harsoyo, I. T., & Aulia, A. (2021). Pengaruh Duty Cycle terhadap Nilai Heart Rate pada Pengujian Alat Fetal Simulator Berbasis Arduino. *Jurnal Fisika*, 11(1), 27–36. <https://doi.org/10.15294/jf.v11i1.29378>
- Nurahmadan, I. F., Agusta, A., Winarno, P. A., Sazali, B. H., Thurfah, Y., & Rosaliah, A. (2021). Perbandingan Algoritma Machine Learning Untuk Klasifikasi Denyut Jantung Janin. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, 02(1), 733–740.
- Tarzamni, H., Kolahian, P., & Sabahi, M. (2021). High Step-Up DC–DC Converter With Efficient Inductive Utilization. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(5), 3831–3839. <https://doi.org/10.1109/TIE.2020.2987253>
- Tri Harsoyo, I., Ulin Nuha ABA, M., Wahyudi, B., & Aji Firmansyach, D. (2024). Hotplate Magnetic Stirrer Dilengkapi Pengatur Waktu, Suhu dan Kecepatan Melalui LCD Nextion. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 12(01), 103–112. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v12i1.14197>
- Triwerdani, A., Syaifudin, S., Utomo, B., & Basit, A. (2022). Mechanical Fetal Simulator for Fetal Doppler Testing. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 4(2), 84–88. <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v4i2.5>
- Yulianti, T., Samsugi, S., Nugroho, P. A., & Anggono, H. (2021). Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Babi Menggunakan Arduino Dengan Sensor Gerak. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.33365/jtst.v2i1.1032>