



## Evaluasi Akurasi Purwarupa Kalibrator Fetal Doppler untuk Kesejahteraan Ibu dan Anak: Studi Observasional di Puskesmas Kartasura

### *Accuracy Evaluation of Fetal Doppler Calibrator Prototype for Maternal and Child Welfare: Observational Study at Kartasura*

Marissa Usie Shania Devi<sup>1\*</sup>, Noor Alis Setiyadi<sup>2</sup>, Salsabila Khoirun Nisa<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Universitas Muhammadiyah Surakarta Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah  
Korespondensi Email: [nas260@ums.ac.id](mailto:nas260@ums.ac.id) : [chamarissaaa@gmail.com](mailto:chamarissaaa@gmail.com)

#### ABSTRAK

**Pendahuluan:** *Fetal Doppler* digunakan untuk memantau denyut jantung janin (DJJ) dan mencegah keterlambatan diagnosis kondisi kritis seperti penyakit jantung bawaan (PJB). Ketidakakuratan alat yang tidak terkalibrasi bisa berdampak serius. Penelitian ini mengevaluasi akurasi purwarupa kalibrator *fetal doppler* dalam mengukur DJJ pada beberapa jenis perangkat fetal doppler: terkalibrasi, baru, dan belum terkalibrasi. **Metode:** Studi observasional dengan pendekatan analitik ini dilakukan di Puskesmas Kartasura pada Maret–Juni 2024. Enam perangkat *fetal doppler* diuji, termasuk satu alat terkalibrasi, dua alat baru, dan tiga alat tanpa kalibrasi. Hasil pengukuran dinyatakan dalam beats per minute (BPM) dan dianalisis menggunakan uji *T-independen* untuk menguji perbedaan antar perangkat. **Hasil:** Secara deskriptif, purwarupa kalibrator menunjukkan rerata  $169,44 \pm 50,23$  BPM yang sebanding dengan alat fetal doppler terkalibrasi ( $169,56 \pm 50,27$  BPM) dan alat baru ( $169,44 \pm 50,23$  BPM). Alat yang belum terkalibrasi menunjukkan variasi lebih besar dengan rerata 168,44–169,64 BPM. Secara analitik, tidak ditemukan perbedaan signifikan antara purwarupa kalibrator dan berbagai perangkat yang diuji ( $p > 0,05$ ). **Diskusi:** Purwarupa yang dikembangkan menyerupai DJJ dapat mengukur fetal doppler dengan hampir presisi.

**Kata Kunci:** Denyut Jantung Janin, *Fetal Doppler*, Kalibrasi, Deteksi Dini.

#### ABSTRACT

**Introduction:** *Fetal Doppler* is used to monitor fetal heart rate (FHR) and prevent delayed diagnosis of critical conditions: congenital heart disease (CHD). The inaccuracy of an uncalibrated device have serious consequences. This study was to measure the accuracy of a prototype *Fetal Doppler* calibrator on several types of devices: calibrated, new, and uncalibrated. **Methods:** This observational study was an analytic approach conducted at the Kartasura Health Center in March-June 2024. Six *Fetal Doppler* devices were a calibrated device, two new devices, and three uncalibrated devices. The Measurement obtained was beats per minute (BPM). Statistical analyze was the independent *t-test* to test for differences between devices. **Results:** Descriptive analysis showed that the prototype calibrator showed a mean of  $169.44 \pm 50.23$  BPM which was comparable to the calibrated fetal doppler ( $169.56 \pm 50.27$  BPM) and the new device ( $169.44 \pm 50.23$  BPM). The uncalibrated device showed greater variation with a mean of 168.44-169.64 BPM. Analytically, no significant differences were found between the prototype calibrator and the various devices tested ( $p > 0.05$ ). **Discussion:** prototypes developed to resemble FHR can measure Doppler fetals with near-precision.

**Keywords:** Fetal heart rate, *Fetal Doppler*, calibration, Early detection



## PENDAHULUAN

Denyut jantung janin (DJJ) adalah indikator penting dari kesejahteraan janin, biasanya dipantau mulai usia kehamilan 6,5 minggu. Penilaian awal ini sangat penting untuk mendeteksi potensi kelainan dan memastikan kesehatan janin selama kehamilan (Das 2020). Pemantauan denyut jantung janin (DJJ) memiliki peran penting dalam mengevaluasi kesejahteraan janin. Rentang normal DJJ berkisar antara 110 hingga 160 denyut per menit. Jika DJJ berada di luar rentang ini, maka akan terjadi bradikardia (<110 bpm) atau takikardia (>160 bpm), hal tersebut dapat menjadi tanda potensi gawat janin dan memerlukan evaluasi lanjutan (Veduta et al. 2021).

Pengukuran DJJ yang rutin dalam antenatal care tidak hanya membantu memantau kesehatan janin, tetapi juga berperan signifikan dalam menentukan tindakan medis yang tepat guna memastikan kesejahteraan janin. Studi Widyastuti et al. (2022) menunjukkan bahwa pengukuran DJJ memiliki korelasi yang kuat dengan luaran kehamilan yang baik, sehingga deteksi dini terhadap perubahan pola DJJ dapat menjadi indikator penting dalam pencegahan komplikasi serius selama kehamilan.

Pemantauan rutin denyut jantung janin (FHR) dan pengukuran lainnya sangat penting untuk mendeteksi masalah potensial seperti pertumbuhan janin terhambat dan berbagai kondisi kesehatan yang dapat membahayakan kesehatan janin. Pemantauan FHR, terutama melalui teknik seperti kardiokografi, memberikan wawasan penting tentang kesehatan janin, memungkinkan intervensi tepat waktu ketika kelainan terdeteksi (Vullings and van Laar 2020)

Salah satu yang penting adalah penyakit jantung bawaan (PJB), yaitu kelainan jantung yang sudah ada sejak lahir dan dapat beragam dalam manifestasinya, mulai dari asimtomatis hingga gejala gagal jantung yang jelas pada (Fajri Ismayanti and Nurul Munarti 2023). Kelainan jantung bawaan (PJB) didefinisikan sebagai malformasi anatomi jantung atau pembuluh darah besar yang

terjadi selama perkembangan intrauterin. PJB termasuk penyakit serius dan kronis yang dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama: sianotik, yang ditandai dengan adanya sianosis (kekurangan oksigen), dan non-sianotik, yang tidak menyebabkan sianosis. Contoh umum dari PJB meliputi lubang pada dinding bagian dalam jantung serta penyempitan atau kebocoran katup. (Chessa and Taha 2016).

Di Indonesia, angka prevalensi PJB diperkirakan sebesar 8 per 1000 kelahiran (Yani 2022). Jika jumlah penduduk Indonesia 200 juta, dan angka kelahiran 2%, maka jumlah penderita PJB bertambah 32.000 bayi setiap tahun (Nuralim et al. 2023).

Salah satu alat untuk menilai kesejahteraan janin pada kehamilan berisiko tinggi adalah *USG Doppler*, dimana dapat membantu identifikasi janin berisiko hipoksia dan asemia yang berpotensi dalam mengurangi tingkat kematian (Labib, El Shibiny, and Keriakos 2023). *USG doppler* dalam bahasa Inggris disebut *ultrasound doppler* atau dikalangan industri disebut *fetal doppler* sebutannya.

Kurangnya deteksi dini menggunakan *fetal doppler* dapat menyebabkan kasus PJB tidak terdiagnosis dengan tepat, sehingga intervensi medis yang diperlukan menjadi terhambat. *fetal doppler* adalah salah satu alat yang digunakan untuk mendeteksi DJJ. Alat ini dapat mengecek apakah pertumbuhan janin sesuai dengan standar dengan melihat adanya DJJ (Faradisa, Sardjono, and Purnomo 2017). *Fetal doppler* mengukur denyut jantung janin dalam satuan Beat per Minute (BPM) (Triwerdani et al. 2022). *Fetal Doppler* digunakan untuk pemantauan DJJ secara terus menerus sebelum dan selama persalinan dengan menggunakan probe *USG Doppler* yang ditempatkan di perut ibu (Hamelmann et al. 2020). Teknik pengukuran yang konsisten pada letak fundal sangat penting untuk penilaian yang akurat, karena variasi dapat menyebabkan salah dalam menafsirkan kondisi kesejahteraan janin (Turan and Kaya 2023).

Nilai normal DJJ adalah 120-160

BPM. Namun, frekuensi detak jantung bisa melebihi 160 BPM atau kurang dari 120 BPM karena berbagai faktor. Alat pendeteksi DJJ, *fetal doppler*, harus menampilkan BPM yang akurat agar tidak terjadi kesalahan dalam pemeriksaan janin. Kesalahan dalam pemeriksaan dapat berakibat pada kesalahan pembacaan DJJ, membuat janin berisiko mengalami hipoksia, anemia, dan kondisi lainnya. Kalibrasi diperlukan untuk memastikan alat tersebut masih berfungsi dengan baik dan akurat, serta untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan dari alat ukur tersebut (Menteri Kesehatan Republik Indonesia 2015).

Kalibrasi berfungsi untuk memastikan dan memantau akurasi dari suatu alat termasuk bacaan yang dihasilkan dalam deteksi PJB pada janin. Proses kalibrasi melibatkan penyesuaian atau perbaikan terhadap deviasi atau ketidakakuratan yang mungkin terjadi pada alat tersebut. Dalam konteks deteksi PJB, akurasi bacaan *fetal doppler* sangat penting karena kondisi ini memerlukan identifikasi dini untuk intervensi medis tepat waktu. Dengan kalibrasi berkala, alat ini bisa memberikan bacaan yang konsisten dan akurat, mencegah keterlambatan dalam deteksi PJB pada janin. Kesalahan dalam pengukuran dapat menyebabkan ketidakakuratan diagnosis atau kegagalan mendeteksi kondisi serius pada janin, yang berdampak signifikan terhadap perawatan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kalibrasi terhadap *fetal doppler* agar menghasilkan data yang akurat untuk deteksi dini PJB (Fajrin, Maharani, and Fitriyah 2021).

Purwarupa alat kalibrator *fetal doppler* yang telah didaftarkan di pangkalan data kekayaan intelektual dengan nomer S00202315103 memiliki inovasi dimana mampu mengukur detak jantung per menit (BPM) berbasis satuan dengan akurasi tinggi. Namun purwarupa memerlukan pengujian terhadap *fetal doppler* yang ada.

Dari uraian diatas, peneliti ingin menganalisis sejauh mana keakuratan purwarupa tersebut dalam mengukur BPM *fetal doppler* berjenis: baru, sudah

terkalibrasi, dan belum terkalibrasi. Penelitian ini dilakukan di wilayah kerja Puskesmas Kartasura

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan studi observasional dengan pendekatan analitik untuk menjelaskan pengukuran purwarupa kalibrator *fetal doppler* yang dilakukan di Wilayah kerja Puskesmas Kartasura. Penelitian dilaksanakan 10 Maret hingga 30 Juni 2024 di wilayah kerja Puskesmas Kartasura yang memiliki alat *fetal doppler*.

Subjek penelitian adalah 6 alat *fetal doppler* dengan variasi: 1 *fetal doppler* telah terkalibrasi, 2 alat baru, dan 3 belum terkalibrasi. Populasi penelitian terdiri dari alat *fetal doppler* yang tersedia di wilayah kerja Puskesmas Kartasura, sedangkan sampel yang digunakan adalah enam (6) alat *fetal doppler* yang terdapat di fasilitas kesehatan tersebut. Teknik pengambilan sampel dilakukan melalui uji berulang menggunakan purwarupa kalibrator *fetal doppler* dan alat *fetal doppler* yang tersedia, di mana pengukuran *beats per minute* (BPM) dari alat-alat tersebut dibandingkan secara rinci.

Instrumen penelitian yang digunakan mencakup purwarupa alat kalibrator *fetal doppler*, alat *fetal doppler*, dan alat tulis untuk pencatatan hasil pengukuran. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses kalibrasi *fetal doppler* menggunakan purwarupa kalibrator *fetal doppler* di fasilitas kesehatan. Selanjutnya, data diolah dengan melakukan pencatatan, perhitungan, dan perbandingan hasil pengukuran yang diperoleh.



Gambar 1 Alat kalibrator dan *fetal doppler*



Analisis data yang digunakan adalah uji statistik yang digunakan adalah uji *T independent* untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan signifikan antara hasil pengukuran dari purwarupa kalibrator *fetal doppler* dengan alat *fetal doppler* yang

sudah terkalibrasi maupun belum terkalibrasi. Analisis ini melibatkan perhitungan rerata dan nilai signifikan guna memberikan kesimpulan yang valid terkait efektivitas kalibrator.

### HASIL

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi akurasi dan konsistensi kalibrator fetal doppler dalam melakukan pengukuran berbagai jenis perangkat fetal doppler dengan menggunakan purwarupa kalibrator sebagai standar referensi. Sebanyak enam perangkat fetal doppler diuji, terdiri dari satu perangkat terkalibrasi, dua perangkat baru, dan tiga perangkat yang belum terkalibrasi. Pengujian dilakukan dengan metode berulang, di mana setiap perangkat dibandingkan hasil pengukurannya dengan purwarupa kalibrator.

Hasil pengukuran DJJ dinyatakan dalam satuan beats per minute (BPM). Data tersebut dianalisis untuk mengevaluasi perbedaan rerata BPM antara perangkat terkalibrasi, perangkat baru, dan perangkat belum terkalibrasi. Selain itu, dilakukan uji statistik untuk mengidentifikasi adanya perbedaan signifikan antar perangkat. Berikut adalah hasil pengukuran berdasarkan kelompok perangkat fetal doppler.

Tabel 1. Karakteristik Dasar Kelompok Kalibrasi *Fetal Doppler*

| <i>Characteristics</i>   | <i>Beat Per Minute (BPM)</i> |
|--|------------------------------|
| <i>Kalibrator Fetal Doppler</i><br>Rerata ( $\pm$ SD)              | 169.44 ( $\pm$ 50.232)       |
| 1. <i>Fetal Doppler</i> Terkalibrasi<br>Rerata ( $\pm$ SD)         | 169.56 ( $\pm$ 50.269)       |
| 2. <i>Fetal Doppler</i> Baru 1<br>Rerata ( $\pm$ SD)               | 169.44 ( $\pm$ 50.232)       |
| 3. <i>Fetal Doppler</i> Baru 2<br>Rerata ( $\pm$ SD)               | 169.44 ( $\pm$ 50.232)       |
| 4. <i>Fetal Doppler</i> Belum Terkalibrasi 1<br>Rerata ( $\pm$ SD) | 169.64 ( $\pm$ 51.119)       |
| 5. <i>Fetal Doppler</i> Belum Terkalibrasi 2<br>Rerata ( $\pm$ SD) | 168.44 ( $\pm$ 50.232)       |
| 6. <i>Fetal Doppler</i> Belum Terkalibrasi 3<br>Rerata ( $\pm$ SD) | 168.84 ( $\pm$ 50.115)       |

Tabel 1 menggambarkan bahwa BPM pada kalibrator fetal doppler dengan nilai 169.44 ( $\pm$ 50.232) saat dibandingkan dengan 6 sampel fetal doppler diatas menunjukkan angka yang senilai (rentang antara 0,1-0.1). *Fetal doppler* terkalibrasi memiliki hasil yang hampir sama dengan kalibrator, menunjukkan bahwa kalibrasi membantu menjaga akurasi alat. Alat *fetal doppler* baru 1 dan 2 memberikan hasil serupa, menandakan konsistensi kinerja di antara perangkat baru. Sementara itu, alat yang belum dikalibrasi menunjukkan variasi hasil dengan simpangan baku yang lebih besar, yang menandakan potensi ketidakakuratan dalam pengukuran. Temuan ini menunjukkan bahwa kalibrasi rutin sangat penting untuk memastikan alat berfungsi dengan baik dan mendukung pemantauan denyut jantung janin secara akurat di fasilitas kesehatan.

Uraian deskriptif menunjukkan bahwa nilai rerata dan simpangan baku untuk purwarupa kalibrator serupa dengan perangkat fetal doppler terkalibrasi dan baru, dengan variasi yang lebih besar pada perangkat yang belum terkalibrasi. Penilaian statistik lebih lanjut ditampilkan pada tabel 2 untuk mengidentifikasi signifikansi perbedaan antar perangkat.





Tabel 2. Hasil uji bivariat

| Jenis                                     | Number Frekuensi Pengujian | Perbedaan Rerata | 95%CI             | p-value |
|---|----------------------------|------------------|-------------------|---------|
| <i>Fetal Doppler</i> Terkalibrasi         | 25                         | - 0.12           | -28.697 to 28.457 | 0.993   |
| <i>Fetal Doppler</i> Baru 1               | 25                         | 0                | -28.567 to 28.567 | >0.05   |
| <i>Fetal Doppler</i> Baru 2               | 25                         | 0                | -28.567 to 28.567 | >0.05   |
| <i>Fetal Doppler</i> Belum Terkalibrasi 1 | 25                         | 2.8              | -26.020 to 31.620 | 0.846   |
| <i>Fetal Doppler</i> Belum Terkalibrasi 2 | 25                         | 1                | -27.567 to 29.567 | 0.944   |
| <i>Fetal Doppler</i> Belum Terkalibrasi 3 | 25                         | 0.6              | -27.933 to 29.133 | 0.966   |

Tabel 2 menggambarkan perbandingan perbedaan rata-rata antara berbagai kategori tipe *fetal doppler* berdasarkan uji *T-independent*. Pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kalibrator dan enam alat fetal doppler ( $p > 0,05$ ). Alat baru dan terkalibrasi memberikan hasil yang konsisten dengan kalibrator, sementara alat yang belum terkalibrasi menunjukkan sedikit variasi tetapi tetap dalam batas akurasi yang dapat diterima. Temuan ini mengonfirmasi bahwa semua alat yang diuji berfungsi dengan baik, dengan kalibrasi rutin tetap direkomendasikan untuk menjaga konsistensi.

## PEMBAHASAN

Tabel 1 menyajikan evaluasi akurasi enam jenis fetal doppler menggunakan kalibrator sebagai acuan, dengan fokus pada perbandingan nilai rerata dan standar deviasi (SD). Rerata kalibrator tercatat 169,44 BPM  $\pm$  50,232, yang berfungsi sebagai patokan untuk mengevaluasi akurasi alat. *Fetal doppler* terkalibrasi mencatat nilai rerata mendekati kalibrator, yakni 169,56 BPM  $\pm$  50,269, menunjukkan bahwa kalibrasi menjaga akurasi alat. Sementara itu, dua alat *fetal doppler* baru memberikan hasil identik dengan kalibrator, memperlihatkan konsistensi performa perangkat baru.

Namun, alat yang belum terkalibrasi menunjukkan sedikit variasi dalam hasil yaitu 169,64 BPM  $\pm$  51,119, 168,44 BPM  $\pm$  50,232, dan 168,84 BPM  $\pm$  50,115, adanya perbedaan kecil ini mengindikasikan pentingnya kalibrasi rutin untuk menjaga performa.

Perbedaan nilai rerata ini penting untuk diperhatikan karena menunjukkan potensi pengaruh kalibrasi terhadap performa alat dalam mengukur BPM (beats per minute). Tingginya nilai rata-rata pada kelompok yang belum terkalibrasi bisa disebabkan oleh ketidakakuratan

pengukuran, yang sering terjadi pada perangkat yang tidak mendapatkan pemeliharaan atau kalibrasi yang rutin. Selain itu, standar deviasi yang lebih besar pada alat yang belum terkalibrasi menunjukkan tingkat variabilitas yang lebih tinggi, yang dapat mengindikasikan ketidakpastian hasil pengukuran dibandingkan dengan perangkat yang telah terkalibrasi.

Temuan ini sejalan dengan literatur sebelumnya yang menunjukkan pentingnya kalibrasi alat medis untuk memastikan hasil pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan. Perangkat medis yang tidak terkalibrasi cenderung menunjukkan hasil yang lebih tidak konsisten, yang dapat mengarah pada variasi hasil pengukuran seperti yang terlihat pada kelompok yang belum terkalibrasi dalam penelitian ini (Kording et al. 2018).

Terkait khusus alat pendeteksi janin bayi, kalibrator yang divalidasi cenderung menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan dibandingkan dengan perangkat *fetal doppler* klinis lainnya, sebuah standar yang tidak dipenuhi oleh alat yang belum terkalibrasi dalam studi ini (Porter et al. 2021).

Akurasi alat diagnostik sangat



penting, terutama dalam mendeteksi kondisi kesehatan yang kritis seperti kelainan jantung bawaan pada janin. Dalam penelitian ini, alat yang belum terkalibrasi menunjukkan potensi ketidakakuratan yang lebih besar, yang dapat berdampak pada kualitas diagnosis dan perawatan (Pierpont et al. 2018). Riset lain juga menekankan pentingnya akurasi dan konsistensi dalam perangkat *fetal doppler*, terutama dalam konteks kehamilan dengan komplikasi seperti diabetes. Mereka menemukan bahwa perangkat yang kurang akurat dapat mempengaruhi prediksi hasil perinatal (Rane et al. 2023). Dalam konteks ini, alat yang belum terkalibrasi dalam penelitian saya menunjukkan variabilitas yang lebih tinggi, yang bisa menjadi tanda kurangnya keandalan dalam pengukuran yang mungkin berdampak pada hasil klinis yang kritis.

Hasil analisis pada Tabel 2 menggunakan uji *T-independent* menunjukkan bahwa secara keseluruhan tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara berbagai kelompok *fetal doppler* dalam hal performa pengukuran BPM. Kelompok *fetal doppler* yang terkalibrasi menunjukkan rerata *difference* sebesar -0,12 dengan interval kepercayaan 95% yang mencakup nol (-28,597 hingga 28,457) dan nilai *p* sebesar 0,993, mengindikasikan bahwa performa alat dalam kelompok ini tidak berbeda secara signifikan dari kalibrator *fetal doppler*. Demikian juga dengan *fetal doppler* baru (baik 1 maupun 2), yang menunjukkan perbedaan rerata 0 dengan nilai  $p > 0,05$ , mengindikasikan tidak ada perbedaan yang signifikan dalam pengukuran antara kedua alat baru tersebut. Diketahui bahwa setiap alat baru telah melewati uji kelayakan terlebih dahulu sebelum diedarkan.

Sesuai dengan peraturan yang berlaku, setiap alat kesehatan, termasuk *fetal doppler* wajib melalui proses *quality control* sebelum diedarkan untuk memastikan kualitas, keamanan, dan keandalannya. Proses pengujian atau *quality control* (QC), bertujuan untuk memverifikasi bahwa produk telah memenuhi standar teknis dan fungsional yang diperlukan sebelum mendapatkan

izin edar. Dengan demikian, seluruh alat kesehatan yang baru diproduksi, termasuk *fetal doppler* yang baru harus melewati proses QC yang ketat agar dapat memastikan bahwa alat tersebut aman, efektif dan akurat saat digunakan oleh tenaga medis maupun pasien. Tanpa melewati pengujian ini, kualitas dan performa alat tidak dapat dijamin, sehingga berpotensi bias dan membahayakan keselamatan pengguna (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2019).

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa jika hasil perbedaan rerata antara kalibrator *fetal doppler* dengan alat *fetal doppler* yang baru adalah sama, maka dapat dipastikan bahwa alat kalibrator *fetal doppler* tersebut memiliki akurasi yang sesuai dengan standar dan memiliki performa yang baik dalam proses pengkalibrasian alat *fetal doppler*. Hasil pada *fetal Doppler* yang belum terkalibrasi (1, 2, dan 3) dengan nilai *p* masing-masing sebesar 0.846, 0.944, dan 0.966, yang mengindikasikan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik ( $p > 0,05$ ). Meskipun demikian, terdapat sedikit variasi dalam perbedaan rerata, dengan nilai masing-masing sebesar 2.8, 1, dan 0.6.

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Kording et al., (2018), yang menunjukkan bahwa perangkat medis yang tidak terkalibrasi secara rutin dapat menunjukkan penurunan akurasi dan konsistensi dalam pengukuran. Ketidakakuratan ini dapat muncul sebagai variasi yang lebih besar dalam hasil pengukuran, yang diindikasikan oleh tren penurunan nilai *p* pada kelompok *fetal doppler* yang belum terkalibrasi. Dalam konteks klinis, seperti yang ditunjukkan oleh Pierpont et al., (2018), akurasi alat diagnostik sangat penting untuk diagnosis yang tepat dan perawatan yang efektif. Oleh karena itu, meskipun hasil penelitian ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, tren yang muncul dari nilai *p* yang lebih rendah pada kelompok yang belum terkalibrasi menegaskan pentingnya kalibrasi rutin untuk menjaga keandalan alat dalam jangka panjang.

Selain itu, penurunan nilai *p* pada alat yang belum terkalibrasi mungkin juga



disebabkan oleh homogenitas sampel atau pengaruh variabel lain yang tidak diukur dalam penelitian ini. Seperti yang disarankan oleh Porter et al., (2021), alat *fetal doppler* yang terkalibrasi dengan baik harus memberikan hasil yang konsisten dan mirip dengan perangkat standar lainnya. Nilai  $p$  yang tinggi pada kelompok *fetal doppler* yang terkalibrasi atau baru menunjukkan bahwa alat-alat ini cenderung memberikan hasil yang lebih stabil dan konsisten, mendekati kinerja kalibrator.

Secara keseluruhan, meskipun tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik dalam analisis uji *T-Independent*, tren yang terlihat pada nilai  $p$  menunjukkan adanya potensi variabilitas dalam performa alat yang belum terkalibrasi. Untuk memastikan dampak kalibrasi terhadap performa *fetal doppler*, analisis lebih lanjut mungkin diperlukan dengan mempertimbangkan variabel lain yang belum diukur, seperti durasi penggunaan alat atau kondisi lingkungan saat pengukuran dilakukan. Temuan ini menegaskan pentingnya kalibrasi rutin dalam memastikan bahwa alat medis memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan, mendukung kesimpulan yang diangkat dalam berbagai penelitian sebelumnya.

Pemantauan menggunakan teknologi yang tepat, seperti *fetal doppler* yang terkalibrasi, sangat penting untuk mendeteksi secara dini kelainan jantung bawaan pada janin, yang dapat meningkatkan risiko Penyakit Jantung Bawaan (PJB). Ketepatan pengukuran denyut jantung dengan *fetal doppler* yang sesuai standar berperan besar dalam mencegah keterlambatan diagnosis dan intervensi medis pada bayi dengan PJB. Dalam konteks kesehatan ibu dan anak, peningkatan kualitas layanan melalui pemantauan yang lebih akurat menjadi strategi penting untuk menekan angka kematian akibat PJB.

Sebaliknya, jika *fetal doppler* tidak terkalibrasi dengan baik, pengukuran denyut jantung janin bisa menjadi tidak akurat. Kondisi ini berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi masalah dan mengambil tindakan yang diperlukan (Zhang and

Zhong 2024).

Penelitian Kamala et al. (2018) juga menekankan bahwa akurasi dalam pemantauan denyut jantung janin sangat penting untuk mendeteksi masalah sejak dini dan memberikan intervensi tepat waktu. Upaya ini selaras dengan tujuan peningkatan kualitas pelayanan kesehatan ibu dan anak, yang bertujuan menekan angka kematian akibat Penyakit Jantung Bawaan (PJB). Penggunaan alat yang terkalibrasi dengan baik memungkinkan tenaga medis memberikan diagnosis lebih akurat dan intervensi lebih cepat, sehingga meningkatkan keselamatan ibu dan anak.

Sejalan dengan temuan tersebut, Plotkin et al. (2020) mengungkap bahwa kurangnya pemantauan denyut jantung janin *Fetal Heart Rate (FHR)* intrapartum di negara berpenghasilan rendah dan menengah, serta tidak rutinnya penilaian kondisi janin selama kehamilan, berkaitan erat dengan tingginya angka kematian perinatal dan neonatal. Ketidakcukupan pemantauan ini menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi masalah, sehingga intervensi yang seharusnya dapat segera dilakukan sering kali tertunda, memperbesar risiko komplikasi dan kematian.

Temuan ini diperkuat oleh studi audit kematian perinatal di Tanzania, yang menunjukkan bahwa pemantauan FHR yang buruk berkontribusi pada lebih dari 40% kasus kematian perinatal (World Health Organization 2016). Di Zanzibar, kualitas perawatan intrapartum yang rendah menjadi faktor penentu dalam hampir semua kasus kelahiran mati di rumah sakit, dengan waktu rata-rata 210 menit antara penilaian jantung janin terakhir dan kematian atau persalinan (Maaløe et al. 2016). Kedua temuan ini menekankan pentingnya pemantauan janin yang konsisten dan berkualitas untuk memungkinkan deteksi dini masalah dan intervensi tepat waktu, guna menekan risiko komplikasi dan menurunkan angka kematian perinatal.

Penelitian ini menunjukkan bahwa purwarupa kalibrator fetal doppler mampu memberikan hasil akurat dalam membaca kondisi berbagai jenis perangkat. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan utama, yaitu jumlah sampel yang diuji hanya enam



perangkat, sehingga belum mencerminkan seluruh variasi kondisi perangkat di lapangan. Selain itu, penelitian ini tidak mencakup perangkat dengan durasi penggunaan lebih panjang yang mungkin memengaruhi akurasi pengukuran.

Kelemahan ini menunjukkan perlunya penelitian lanjutan dengan jumlah sampel lebih besar dan lebih beragam untuk memperkuat generalisasi hasil.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa Purwarupa kalibrator fetal doppler memiliki rerata  $169,44 \pm 50,23$  BPM serta mampu menghitung BPM dengan akurasi yang baik pada alat fetal doppler yang telah terkalibrasi ( $169,56 \pm 50,27$  BPM) dan alat baru ( $169,44 \pm 50,23$  BPM). Di sisi lain, alat yang belum terkalibrasi menunjukkan variasi hasil yang lebih besar dengan rerata  $168,44-169,64$  BPM. Hasil signifikansi tidak ada perbedaan secara statistik di antara hasil pengukuran berbagai tipe fetal doppler, variasi yang lebih tinggi pada alat yang belum terkalibrasi menegaskan pentingnya kalibrasi rutin untuk menjaga akurasi pengukuran dalam jangka Panjang.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah perlunya penelitian lanjutan yang melibatkan lebih banyak sampel fetal doppler dengan kondisi dan usia penggunaan yang berbeda. Oleh karena itu, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar dan lebih beragam, termasuk perangkat dengan durasi penggunaan yang berbeda, untuk mengevaluasi lebih lanjut akurasi alat serta faktor-faktor yang memengaruhinya.

## FUNDING

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2023 dengan Nomor SP DIPA-023.17.1.690523/2023

## KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur terpanjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas rahmat dan bimbingan-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Dukungan pendanaan yang telah diberikan oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) juga sangat berarti, karena peranannya yang penting dalam memungkinkan pelaksanaan penelitian ini serta pengembangan inovasi di bidang kesehatan masyarakat.

Penghargaan mendalam juga disampaikan kepada kedua orang tua atas dukungan moral, spiritual dan material yang terus diberikan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan peneliti dan dosen pembimbing yang telah memberikan kontribusi berarti, serta kepada seluruh pihak yang telah berperan aktif dalam setiap tahap penelitian ini. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi ilmu pengetahuan dan kesehatan masyarakat di Indonesia, serta menjadi landasan untuk penelitian lebih lanjut di masa yang akan datang.

## KEPUSTAKAAN

- Chessa, Massimo, and Fatma Aboalsoud Taha. 2016. "Congenital Heart Diseases." Pp. 407–37 in *Handbook of Psychocardiology*. Singapore: Springer Singapore.
- Das, Soumitra. 2020. "Wearable Fetus Monitoring: An IoMT Approach." *Journal of Scientific Research* 64(02):389–93. doi: 10.37398/jsr.2020.640253.
- Fajri Ismayanti, and Nurul Munarti. 2023. "Gambaran X-Ray Penyakit Jantung Bawaan." *Jurnal Kesehatan Amanah* 7(1):19–39. doi: 10.57214/jka.v7i1.261.
- Fajrin, Hanifah Rahmi, Sari Maharani, and Aidatul Fitriyah. 2021. "Simulator Fetal Doppler." *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*





- 2(2). doi: 10.18196/mt.v2i2.11212.
- Faradisa, Irmalia Suryani, Tri Arief Sardjono, and Mauridhi Hery Purnomo. 2017. "Teknologi Pemantauan Kesejahteraan Janin." B32.5.
- Hamelmann, Paul, Rik Vullings, Alexander F. Kolen, Jan W. M. Bergmans, Judith O. E. H. Van Laar, Piero Tortoli, and Massimo Mischi. 2020. "Doppler Ultrasound Technology for Fetal Heart Rate Monitoring: A Review." *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control* 67(2):226–38. doi: 10.1109/TUFFC.2019.2943626.
- Kamala, Benjamin A., Hege L. Ersdal, Ingvild Dalen, Muzdalifat S. Abeid, Matilda M. Ngarina, Jeffrey M. Perlman, and Hussein L. Kidanto. 2018. "Implementation of a Novel Continuous Fetal Doppler (Moyo) Improves Quality of Intrapartum Fetal Heart Rate Monitoring in a Resource-Limited Tertiary Hospital in Tanzania: An Observational Study" edited by A. Georgieva. *PLOS ONE* 13(10):e0205698. doi: 10.1371/journal.pone.0205698.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. "Pedoman Penilaian Alat Kesehatan Sesuai Dengan Permenkes Nomor 62 Tahun 2017." *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia*.
- Kording, Fabian, Bjoern P. Schoennagel, Manuela Tavares de Sousa, Kai Fehrs, Gerhard Adam, Jin Yamamura, and Christian Ruprecht. 2018. "Evaluation of a Portable Doppler Ultrasound Gating Device for Fetal Cardiac MR Imaging: Initial Results at 1.5T and 3T." *Magnetic Resonance in Medical Sciences* 17(4):308–17. doi: 10.2463/mrms.mp.2017-0100.
- Labib, Sally Makarios, Aida Mohamed El Shibiny, and Nermeen Nasry Keriakos. 2023. "Doppler Ultrasound for Fetal Assessment in High Risk Pregnancies." *QJM: An International Journal of Medicine* 116(Supplement\_1). doi: 10.1093/qjmed/hcad069.740.
- Maaløe, Nanna, Natasha Housseine, Ib Christian Bygbjerg, Tarek Meguid, Rashid Saleh Khamis, Ali Gharib Mohamed, Birgitte Bruun Nielsen, and Jos van Roosmalen. 2016. "Stillbirths and Quality of Care during Labour at the Low Resource Referral Hospital of Zanzibar: A Case-Control Study." *BMC Pregnancy and Childbirth* 16(1):1–12. doi: 10.1186/s12884-016-1142-2.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2015. "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 54 TAHUN 2015."
- Nuralim, Muhammad Zufadli, Heroe Soebroto, Irwanto, and Ito Puruhito. 2023. "Relationship between Age at Repair Surgery and Growth and Development of Children with Acyanotic Congenital Heart Disease: A Cross-Sectional Study." *Bali Medical Journal* 12(1):940–45. doi: 10.15562/bmj.v12i1.4205.
- Pierpont, Mary Ella, Martina Brueckner, Wendy K. Chung, Vidu Garg, Ronald V Lacro, Amy L. Mcguire, Seema Mital, James R. Priest, William T. Pu, Amy Roberts, Stephanie M. Ware, Bruce D. Gelb, Vice Chair, and Mark W. Russell. 2018. *Genetic Basis for Congenital Heart Disease: Revisited*. Vol. 138.
- Plotkin, Marya, Benjamin Kamala, Jim Ricca, Linda Fogarty, Sheena Currie, Hussein Kidanto, and Stephanie B. Wheeler. 2020. "Systematic Review of Doppler for Detecting Intrapartum Fetal Heart Abnormalities and Measuring Perinatal Mortality in Low- and Middle-income Countries." *International Journal of Gynecology & Obstetrics* 148(2):145–56. doi: 10.1002/ijgo.13014.
- Porter, Paul, Fleur Muirhead, Joanna Brisbane, Brooke Schneider, Jennifer Choveaux, Natasha Bear, Jennie Carson, Kym Jones, Desiree Silva, and Cliff Neppe. 2021. "Accuracy, Clinical Utility, and Usability of a Wireless Self-Guided Fetal Heart Rate Monitor." *Obstetrics and Gynecology* 137(4):673–81. doi: 10.1097/AOG.0000000000004322.
- Rane, Ben M., Bunmi S. Malau-Aduli, Faith Alele, and Cecelia O'Brien. 2023.



- “Prognostic Accuracy of Antenatal Doppler Ultrasound Measures in Predicting Adverse Perinatal Outcomes for Pregnancies Complicated by Diabetes: A Systematic Review.” *AJOG Global Reports* 3(3):100241. doi: 10.1016/j.xagr.2023.100241.
- Triwerdani, Arum, Syaifudin Syaifudin, Bedjo Utomo, and Abdul Basit. 2022. “Mechanical Fetal Simulator for Fetal Doppler Testing.” *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics* 4(2):84–88. doi: 10.35882/jeeemi.v4i2.5.
- Turan, Ayşenur, and Cihan Kaya. 2023. “Effect of Maternal Cortisol Levels on Fetal Heart Rate Patterns in Primiparous Pregnant Women in the Third Trimester.” *Revista Da Associação Médica Brasileira* 69(5). doi: 10.1590/1806-9282.20221610.
- Veduta, Alina, Anca Maria Panaitescu, Anca Marina Ciobanu, Diana Neculcea, Mihaela Roxana Popescu, Gheorghe Peltecu, and Paolo Cavoretto. 2021. “Treatment of Fetal Arrhythmias.” *Journal of Clinical Medicine* 10(11):2510. doi: 10.3390/jcm10112510.
- Vullings, Rik, and Judith O. E. H. van Laar. 2020. “Non-Invasive Fetal Electrocardiography for Intrapartum Cardiotocography.” *Frontiers in Pediatrics* 8(December). doi: 10.3389/fped.2020.599049.
- Widyastuti, Ririn, Diyan Maria Kristin, Grasiana Florida Boa, Yuliana Dafroyati, and Uly Agustine. 2022. “Determinants Of Mothers And Components Of Antenatal Care Services With Fetal Outcome In Indonesia (Analysis Of Secondary Data Of Riskesdas 2018).” *Jurnal Kebidanan Malahayati* 8(4):717–26. doi: 10.33024/jkm.v8i4.7715.
- World Health Organization. 2016. “Standards for Improving Quality of Maternal and Newborn Care in Health Facilities.” *Who* 73. doi: 978 92 4 151121 6.
- Yani, Muthia Syarifa. 2022. “Deteksi Dini Penyakit Jantung Bawaan.” *Kemendes*. Retrieved ([https://yankes.kemkes.go.id/view\\_artikel/19/deteksi-dini-penyakit-jantung-bawaan](https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/19/deteksi-dini-penyakit-jantung-bawaan)).
- Zhang, Kang, and Jing Zhong. 2024. “Bio Inspired Technological Performance in Color Doppler Ultrasonography and Echocardiography for Enhanced Diagnostic Precision in Fetal Congenital Heart Disease.” *SLAS Technology* 100207. doi: 10.1016/j.slast.2024.100207.