

## PENGGUNAAN STETOSKOP ELEKTRONIK PADA KELAINAN KATUP JANTUNG

Josua Edison Mangole<sup>1</sup>, Elly Nurachmah<sup>2</sup>, Agung Waluyo<sup>2</sup>, Muhamad Adam<sup>3</sup>  
Universitas Indonesia<sup>1,2,3</sup>  
[josuedison28@gmail.com](mailto:josuedison28@gmail.com)<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektifitas dari penggunaan stetoskop elektronik dibanding konvensional pada pasien kelainan katup jantung. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah *systematic review* melalui beberapa *database* yaitu Pubmed, ClinicalKey, Proquest, Science Direct dan Scopus. Proses analisis artikel menggunakan metode PRISMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa harga elektronik stetoskop lebih mahal karena banyak bagian dan aplikasi/perangkat lunak yang ditambahkan tapi sangat efisien dalam fungsinya untuk ketepatan diagnosis kelainan bunyi jantung secara spesifik, dan keuntungannya lebih banyak dibandingkan dengan stetoskop konvensional. Simpulan, stetoskop elektronik sangat efektif dan efisien meningkatkan kecepatan serta ketepatan diagnosis kelainan bunyi jantung secara spesifik, sehingga memiliki keuntungan yang lebih banyak.

Kata Kunci: Katup Jantung, Stetoskop Elektronik

### ABSTRACT

*This study aims to see the effectiveness of using an electronic stethoscope compared to a conventional one in patients with heart valve disorders. The method used in this writing is a systematic review through several databases, namely Pubmed, ClinicalKey, Proquest, Science Direct, and Scopus. The article analysis process uses the PRISMA method. The research results show that electronic stethoscopes are more expensive because many parts and applications/software are added. Still, they are very efficient in accurately diagnosing specific heart sound abnormalities and have more advantages than conventional stethoscopes. In conclusion, electronic stethoscopes are very effective and efficient in increasing the speed and accuracy of diagnosing specific heart sound abnormalities, so they have more benefits.*

*Keywords: Heart Valves, Electronic Stethoscope*

### PENDAHULUAN

VHD (*Valvular Heart Disease*) merupakan penyakit katup jantung yang ditandai dengan rusaknya salah satu katup jantung atau lebih sehingga mengakibatkan aliran darah di ruang jantung menjadi terganggu yang disebabkan oleh beragam penyerta (Barua et al., 2022). Pemeriksaan katup jantung dapat melalui pemeriksaan echocardiografi namun belum dapat dengan mudah di akses oleh semua petugas kesehatan sehingga salah satu alat yang direkomendasikan sebagai pemeriksaan dan diagnosis awal kelainan katup jantung serta mudah diakses yaitu stetoskop. Sehingga stetoskop elektronik merupakan tindakan *non invasive* yang efektif untuk mendeteksi dini kelainan katup jantung (Suzuki et al., 2022).

Stetoskop sudah digunakan untuk mendiagnosa kelainan katup jantung sejak 200 tahun yang lalu oleh dokter berkebangsaan perancis pada tahun 1816 (Ghanayim et al., 2022).

Bunyi jantung merupakan sinyal fisiologis intuitif yang dihasilkan oleh pergerakan katup jantung, miokardium, darah, dan penyakit jantung lainnya dengan cara memberikan sejumlah tanda normal atau gangguan jantung (Lee et al., 2021). Oleh karena itu, auskultasi jantung dianggap sebagai salah satu metode paling efektif untuk mendiagnosis CVD (Luo et al., 2023). Bunyi jantung merupakan salah satu bunyi organ tubuh yang sulit dibedakan ataupun dikenali karena dekat dengan organ tubuh lainnya seperti paru dan epiglottis (Kambhampati et al., 2021). Gangguan bunyi jantung abnormal merupakan salah satu tanda awal adanya gangguan sistem sirkulasi darah dari jantung mengalir ke seluruh tubuh. Di negara maju Eropa maupun Amerika terjadi peningkatan prevalensi kejadian gangguan katup jantung (Ghanayim et al., 2022).

Pemeriksaan fisik jantung sangat mempengaruhi perawatan yang dilakukan pada pasien tersebut. Pemeriksaan fisik pada jantung dapat berupa pemeriksaan inspeksi, perkusi, palpasi, auskultasi. Auskultasi merupakan pemeriksaan fisik yang digunakan untuk menentukan diagnosa kelainan katup jantung. Perawat sangat diharapkan mampu untuk mendengarkan bunyi jantung sehingga dapat mendeteksi dini kelainan bunyi jantung. Alat yang digunakan dalam pemeriksaan fisik auskultasi bunyi jantung yaitu stetoskop akustik. Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) stetoskop merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendengarkan bunyi organ dalam tubuh manusia yang bekerja di dalam rongga dada (terutama bunyi paru-paru dan jantung). Penggunaan stetoskop bukan merupakan hal yang asing bagi petugas kesehatan bukan hanya dokter tapi perawat dan bidan juga menggunakan alat ini. Kualitas dari suatu stetoskop dan juga kualitas bunyi suara jantung juga mempengaruhi hasil pendengaran bunyi jantung pada pasien baik bunyi yang normal maupun tidak normal (Ghanayim et al., 2022). Pada stetoskop tidak terlepas dari bagian yang menyentuh permukaan tubuh pasien yaitu Bell dan diafragma. Kedua bagian stetoskop ini memiliki tingkat kepekaan yang berbeda, biasanya untuk pemeriksaan bunyi jantung abnormal lebih efektif menggunakan bagian Bell dari stetoskop tersebut dibandingkan dengan diafragma.

Seiring dengan perkembangan jaman terjadi perubahan sistem dari yang manual ke elektronik dan hal itu juga terjadi pada stetoskop. Munculnya kebutuhan petugas kesehatan terhadap keakuratan pendengaran dan pemeriksaan auskultasi jantung menghasilkan inovasi baru dalam bidang stetoskop elektronik (Li et al., 2021). Hal ini dilakukan untuk menutupi kekurangan stetoskop konvensional yaitu berkurangnya kualitas amplifikasi selama auskultasi yang disebabkan karena berbagai hal misalnya kebisingan dan juga keberhasilan mendeteksi bunyi jantung yang bergantung oleh pengalaman praktisi (Ogawa et al., 2023). Stetoskop elektronik memiliki beberapa keunggulan lain dibandingkan stetoskop akustik, termasuk penyesuaian volume, peredam bising, diagnosis otomatis, auskultasi jarak jauh, gerakan tidak terbebani, dan lebih sedikit ketergantungan pada monitor telinga (Rennoll et al., 2021).

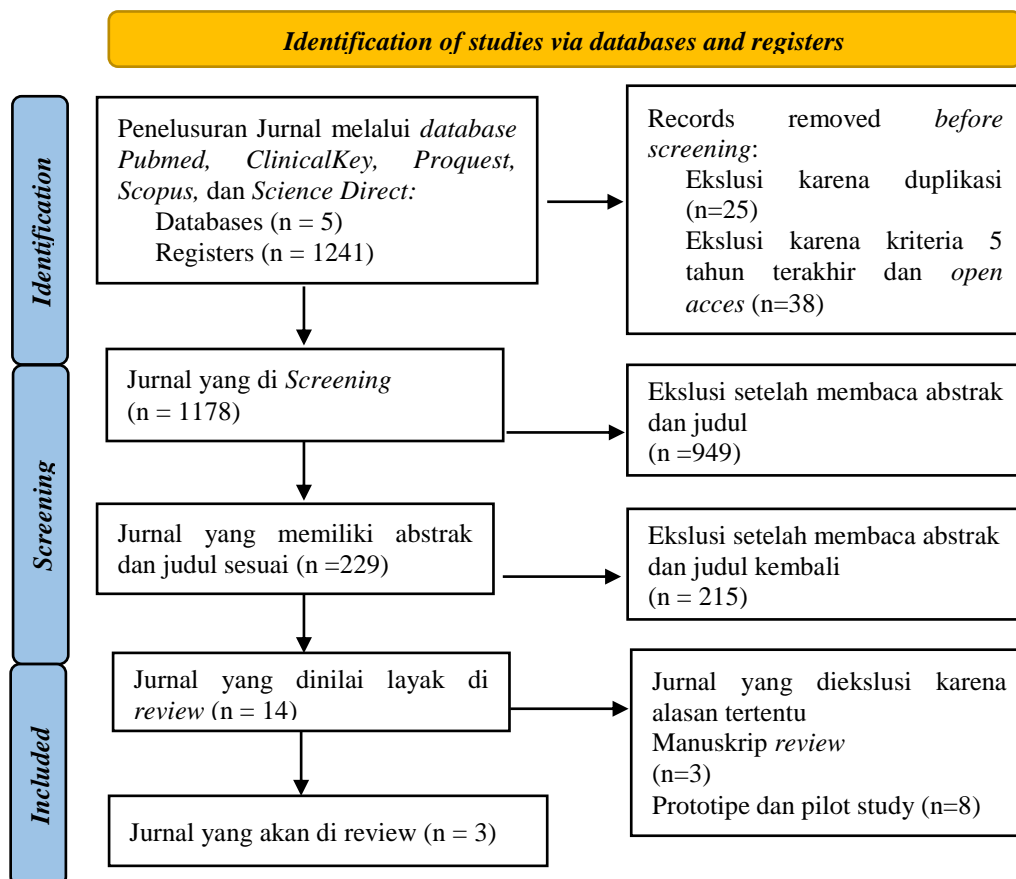
Stetoskop elektronik memiliki banyak manfaat antara lain yaitu selain mampu membedakan suara jantung normal dan suara jantung tambahan, mampu menganalisa irama jantung dan detak jantung per menit, juga dapat merekam bunyi jantung yang didengarkan dan bisa digunakan berulang-ulang dalam metode pembelajaran bunyi jantung. Semakin banyak penelitian mengenai stetoskop elektronik untuk membuktikan bahwa pentingnya kebutuhan praktisi terhadap stetoskop elektronik. Namun, belum ada *systematic review* yang membahas mengenai stetoskop elektronik dan konvensional. Hal ini mendorong peneliti untuk melakukan suatu *systematic review* mengenai efektifitas penggunaan elektronik stetoskop dan konvensional pada pemeriksaan jantung dengan pasien kelainan katup jantung.

diharapkan dengan systematic review ini dapat menjadikan sumber ilmu baru yang dapat mengembangkan ketepatan diagnostik serta kecepatan mengidentifikasi bunyi jantung yang berbahaya.

## METODE PENELITIAN

Metode yang peneliti pakai untuk melakukan penulisan ini ialah *systematic review* yaitu dengan mensintesis penggunaan stetoskop elektronik pada kelainan katup jantung. Sehingga pertanyaan penelitian yang menjadi dasar penulis adalah “Apakah stetoskop elektronik lebih efektif daripada stetoskop konvensional pada pemeriksaan kelainan katup jantung?” Pada kajian sistematis ini, keefektifan stetoskop elektronik, kelemahan stetoskop elektronik dan stetoskop konvensional, dan perkembangan stetoskop elektronik serta penggunaannya pada pemeriksaan bunyi jantung pada pasien kelainan katup jantung menjadi fokus utama *systematic review* ini. Penelusuran dilakukan pada 5 database yaitu Pubmed, ClinicalKey, Proquest, Science Direct dan Scopus untuk mencari jurnal yang berisi efektivitas penggunaan stetoskop elektronik dibandingkan dengan stetoskop konvensional pada pasien dengan kelainan katup jantung. Kata kunci yang digunakan pada penelusuran ini adalah Stetoscope Electronics “OR” Stetoscope “AND” Heart Sound “AND” Valvular Heart Disease

Pendekatan yang dilakukan pada kajian sistematis ini adalah menggunakan pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA)*.



Gambar 1  
Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020

Kriteria inklusi menggunakan kerangka PICO (Population, Interventions, Comparisons, Outcomes) P: Petugas kesehatan, I: Stetoskop Elektronik, C: Stetoskop konvensional O: Mengidentifikasi kelainan katup jantung. Kriteria eksklusi yaitu tahun artikel yang kurang dari 2020, menggunakan Bahasa selain bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia.

Proses pemilihan studi dilakukan melalui 2 tahap yaitu : tahap pertama penulis melakukan screening secara mandiri sambil melihat abstrak, isi artikel kemudian pada tahap kedua penulis melakukan review secara lengkap. Kemudian dilakukan diskusi dengan para penulis lainnya untuk menyelesaikan perbedaan pendapat. Setelah memenuhi semua kriteria yang dimaksud, maka penulis melakukan penilaian kualitas data.

## HASIL PENELITIAN

Review dilakukan pada 3 artikel terkait stetoskop elektronik pada bunyi kelainan katup jantung. Hasil review dapat terlihat pada tabel dibawah ini

Tabel. 1  
Tabel Literatur

Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Roy, T. S., Roy, J. K., & Mandal, N. (2023). Design of Ear-Contactless Stethoscope and Improvement in the Performance of Deep Learning Based on CNN to Classify the Heart Sound	Kuantitatif-Eksperimental	Model CNN-RNN hybrid yang diusulkan mencapai akurasi yang lebih baik setelah pengaturan hyperparameter daripada model RNN
Chorba, J. S., Shapiro, A. M., Le, L., Maidens, J., Prince, J., Pham, S., Kanzawa M. M., Barbosa, D. N., Currie, C., Brooks, C., White, B. E., HUskin, A., Paek, J., Geocariss, J., Elnathan, D., Ronquillo, R., Kim, R., Alam, Z. H., Mahadevan, V. S., Fuller, S. G., Mihos, C. G., Forman, S. T., Venkatraman, S., McCarthy, P. M & Thomas, J. D. (2022). Deep Learning Algorithm for Automated Cardiac Murmur Detection via a Digital Stethoscope Platform	Kuantitatif-Eksperimental	algoritme akan bermanfaat sebagai alat pendukung klinis untuk membantu dokter dalam skrining bising jantung yang disebabkan oleh penyakit katup jantung
Alanazi, A. A., Atcherson, S. R., Franklin, C. A & Bryan, M. F.(2020). Frequency Responses of Conventional and Amplified Stethoscopes for Measuring Heart Sounds	Kuantitatif-Eksperimental	Stetoskop yang diamplifikasi memberikan amplifikasi suara jantung normal dan abnormal paling banyak di kelima frekuensi dibandingkan dengan stetoskop konvensional

Hasil analisis pada tabel diatas menunjukkan bahwa stetoskop elektronik memiliki jenis dan model yang berbeda sesuai kebutuhan. Secara umum hasil studi menunjukkan bahwa stetoskop elektronik memiliki berbagai keuntungan dalam penggunaannya meskipun masih ada sedikit kekurangan yang masih bisa ditoleransi.

## PEMBAHASAN

Stetoskop merupakan alat pemeriksaan auskultasi bunyi organ tubuh manusia. Suara yang didengar oleh stetoskop pada umumnya merupakan suara yang bersumber dari abdomen, paru dan jantung manusia (Lee et al., 2022). Suara inilah yang dapat dibuat kesimpulan oleh petugas kesehatan untuk menentukan suatu diagnosa tertentu. Hal yang

harus diperhatikan para petugas kesehatan adalah keakuratan dan keahlian dalam mendengar suara, kebisingan suatu tempat atau ruang serta frekuensi suara yang rendah dapat menyebabkan petugas kesehatan sulit membedakan bunyi tertentu, sehingga dapat berpengaruh pada hasil yang diberikan.

Stetoskop elektronik merupakan stetoskop konvensional manual yang diperbaharui dengan teknologi dan hanya dapat digunakan dengan bantuan alat elektronik, listrik atau baterai. Stetoskop elektronik dapat mengurangi biaya pemeriksaan yang awalnya hanya menggunakan perangkat standar dapat digabungkan dengan teknologi sistem kesehatan lainnya (Jusak et al., 2020). Beberapa contoh alat bantu dan modifikasi stetoskop elektronik yaitu: *Artificial Intelligent* (AI) yang meliputi penggunaan *Mobile Phone*, *Wireless*, *Bluetooth*, portable elektrik, dan ada juga yang disambungkan ke *Personal Computer* (PC). Ada juga peningkatan fungsi stetoskop yang meliputi pembacaan EKG, irama dan denyut jantung, peredam kebisingan, pendeteksi bunyi jantung tambahan, dan beberapa fungsi lain yang selalu berkembang sesuai kebutuhan (Ramesha et al., 2020). Stetoskop yang digunakan oleh seluruh petugas kesehatan merupakan teknologi terbaru, lengkap, digital dan diperbaharui dari pengalaman kerja petugas kesehatan.

Pemeriksaan fisik jantung sudah dipelajari sejak seseorang menjadi mahasiswa keperawatan dan merupakan kemampuan untuk dapat menentukan kelainan bunyi jantung. Tujuannya agar setelah lulus, perawat mampu menjalankan fungsi advokasinya bagi pasien sesuai dengan kewenangan yang dimilikinya melalui temuan hasil auskultasi yang diperoleh. Bunyi jantung sangat beragam dan bervariasi mulai dari normal hingga abnormal sehingga ketepatan mendengar bunyi jantung menjadi kunci dalam menentukan suatu kelainan (Zeinali et al., 2022).

Penggunaan stetoskop elektronik sangat membantu tenaga kesehatan termasuk perawat untuk menentukan masalah yang dihadapi pasien. Ini karena stetoskop elektronik mampu menangkap suara jantung yang halus sekalipun atau berada diantara kebisingan suara-suara lainnya dalam jantung. Pada umumnya stetoskop elektronik dibagi menjadi dua jenis yaitu stetoskop elektronik konduksi udara dan stetoskop elektronik konduksi kontak yang memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing (Shi et al., 2022).

Hasil analisis beberapa jurnal tentang stetoskop elektronik menjelaskan bahwa keuntungan menggunakan stetoskop elektronik adalah dapat menjadi alat bantu pembelajaran mahasiswa mendapatkan suara yang sesuai dengan standar suara jantung pasien normal dan abnormal didampingi oleh pembimbing selama di bangsal perawatan (Takeda et al., 2023). Sesuai dengan penelitian (Quinn et al., 2021) yang menggunakan metode pembelajaran virtual pada siswa menggunakan Zoom, dan pemeriksaan fisik ditampilkan menggunakan iPhone yang terhubung ke stetoskop elektronik yang memungkinkan suara jantung dibagikan kepada siswa melalui platform Zoom. Selain itu peningkatan modifikasi dalam satu alat portable stetoskop memudahkan seseorang untuk membawa stetoskop kemana saja karena hanya membutuhkan ruang penyimpanan yang lebih kecil.

Stetoskop elektronik juga dapat menentukan beberapa diagnosis dan kelainan bunyi jantung yang sulit ditentukan tanpa keahlian dan pengalaman yang lama dari penggunanya. Stetoskop elektronik juga bisa mendengarkan bunyi jantung anak dan dewasa yang abnormal, dan dapat di simpan langsung di PC atau mobile phone yang terhubung dengan stetoskop elektronik tersebut dan hasilnya dapat diputar berulang-ulang. Selain itu kualitas suara akan lebih terdengar jelas karena memiliki fitur yang meredam suara disekitar saat direkam sehingga sangat memudahkan petugas Kesehatan dalam menggunakannya (Ghanayim et al., 2022). Pada penelitian lain mengatakan bahwa stetoskop yang diamplifikasi dapat memberikan amplifikasi suara jantung normal dan abnormal paling banyak di kelima

frekuensi yang berbeda dibandingkan dengan stetoskop konvensional (Alanazi et al., 2020). Kemampuan algoritme mendalam dari stetoskop elektronik untuk mendeteksi murmur dan stenosis aorta serta regurgitasi mitral yang signifikan secara klinis sebanding dengan ahli jantung sehingga dapat berguna sebagai alat pendukung klinis untuk membantu klinisi dalam membedakan murmur jantung yang disebabkan oleh penyakit katup jantung (Chorba et al., 2021).

Stetoskop elektronik memiliki banyak manfaat, kelebihan dan keistimewaan tapi ada beberapa faktor yang semestinya dikuasai penggunaannya. Kendala biaya yang besar untuk mendapatkan stetoskop elektronik ini dibanding dengan harga stetoskop konvensional yang ada dan sangat sulit didapat menjadi kendala umum dan kelemahan utama stetoskop elektronik. Kebutuhan akan baterai membuat stetoskop elektronik tidak dapat dibawa lama di daerah yang tidak memiliki akses listrik yang baik ataupun pengguna harus menyiapkan beberapa baterai cadangan. Pengklasifikasian model jaringan awal berbasis *Conventional Neural Network* (CNN) dapat dipilih untuk mengklasifikasi pembelajaran mendalam yang paling efektif. Namun, memiliki beberapa kompleksitas pada bagian komputerisasi. *Recurrent Neural Network* (RNN) cocok untuk mengklasifikasi suara jantung *Artificial Intelligence* (AI) meskipun membutuhkan banyak waktu dalam mempelajarinya. Namun, setelah dikuasai, hal ini memberikan hasil yang cepat (Roy et al., 2023).

Stetoskop elektronik yang berkembang di dunia sudah semakin maju dan pesat seiring dengan kemajuan digital. Penggunaan sensor magnetic juga menjadi suatu perkembangan yang dapat membantu meningkatkan kepekaan saat melakukan auskultasi bunyi jantung dan dapat dikombinasikan dengan tampilan sehingga pengguna stetoskop memperoleh sensasi audiovisual yang sempurna untuk menentukan kelainan bunyi jantung (Li et al., 2021). Beberapa metode stetoskop elektronik menggunakan ausculband. *AusculBand* adalah stetoskop elektronik yang hemat biaya dan dapat digunakan oleh pasien dengan standar rasio *signal-to-noise* dan mudah beradaptasi dengan platform telemedis populer (Akella et al., 2022).

Stetoskop elektronik dapat juga menggunakan algoritma yang dapat mendeteksi bunyi murmur dan penyakit katup jantung lainnya dengan cara diletakkan di posisi auskultasi bunyi jantung selama 15 detik kemudian stetoskop akan merekam bunyi jantung tersebut dan menentukan bunyi akhir katup tersebut secara otomatis (Chorba et al., 2021). Dalam beberapa penelitian lainnya terjadi pengembangan kapasitas stetoskop elektronik dengan peningkatan amplifikasi dalam beberapa frekuensi (Alanazi et al., 2020). Pada perkembangan desain stetoskop elektronik terdapat beberapa jenis termasuk stetoskop *hybrid* antara *Conventional Neural Network* (CNN) dan *Recurrent Neural Network* (RNN) dimana stetoskop tersebut menggunakan gabungan teknologi komputasi dan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk membedakan bunyi jantung (Roy et al., 2023).

Di Indonesia sudah ada beberapa penelitian untuk mengembangkan stetoskop elektronik namun dalam penggunaannya masih belum signifikan. Penerapan stetoskop elektronik selalu berkembang sesuai dengan kebutuhan pengguna stetoskop. Beberapa contoh terhadap penggunaan stetoskop elektronik dinegara lain menunjukkan bahwa untuk memberikan hasil pemeriksaan yang optimal maka perawat sebagai pemberi asuhan keperawatan harus mengembangkan diri sesuai dengan perkembangan teknologi kesehatan dan beradaptasi dengan hal-hal dan penemuan baru. Perawat diharapkan mampu menggunakan stetoskop elektrik sesuai kompetensinya untuk memudahkan menentukan suatu diagnosa keperawatan yang holistik.

Stetoskop elektronik bertujuan untuk mempermudah auskultasi bunyi jantung pada pemeriksaan fisik jantung, dan alat ini juga mampu membantu menetapkan diagnosa secara

akurat dan terperinci sehingga dapat menghasilkan pelayanan yang lebih profesional. Teknologi ini diharapkan dapat membantu mahasiswa keperawatan untuk lebih mampu menganalisis jenis dan bentuk suara jantung yang abnormal dan dikuasai untuk pengembangan skill dan kemampuan diri perawat.

## SIMPULAN

Simpulan yaitu stetoskop elektronik sangat efektif dan efisien meningkatkan kecepatan serta ketepatan diagnosis kelainan bunyi jantung secara spesifik, sehingga memiliki keuntungan yang lebih banyak. Meskipun pada beberapa aspek muncul beberapa kekurangan secara teknis penggunaan, tapi hal tersebut dapat diantisipasi dan diperbaiki dengan pengembangan perangkat lunak stetoskop tersebut ataupun perangkat keras yang terpasang pada stetoskop elektronik.

## SARAN

Perlu digaris bawahi yaitu pengembangan stetoskop harus selalu ditingkatkan sesuai kebutuhan dan perkembangan jaman, namun dengan memperhatikan prinsip *low cost-high quality* agar dapat digunakan berbagai kalangan klinisi kesehatan di Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akella, R., Bollavaram, K., & Brown, M. T. (2022). A Cost-effective, Patient-facing Electronic Stethoscope For Telemedical Cardiac Auscultation. *Journal of Cardiac Failure*, 29(4). <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2022.10.122>
- Alanazi, A., Atcherson, S., Franklin, C., & Bryan, M. (2020). Frequency Responses of Conventional and Amplified Stethoscopes For Measuring Heart Sounds. *Saudi Journal of Medicine and Medical Sciences*, 8(2), 112-117. [https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms\\_118\\_19](https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_118_19)
- Barua, P. D., Karasu, M., Kobat, M. A., Balik, Y., Kivrak, T., Baygin, M., Dogan, S., Demir, F. B., Tuncer, T., Tan, R. S., & Acharya, U. R. (2022). An Accurate Valvular Heart Disorders Detection Model Based On A New Dual Symmetric Tree Pattern Using Stethoscope Sounds. *Computers in Biology and Medicine*, 146. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105599>
- Chorba, J. S., Shapiro, A. M., Le, L., Maidens, J., Prince, J., Pham, S., Kanzawa, M. M., Barbosa, D. N., Currie, C., Brooks, C., White, B. E., Huskin, A., Paek, J., Geocar, J., Elnathan, D., Ronquillo, R., Kim, R., Alam, Z. H., Mahadevan, V. S., ... Thomas, J. D. (2021). Deep Learning Algorithm for Automated Cardiac Murmur Detection Via a Digital Stethoscope Platform. *Journal of the American Heart Association*, 10(9). <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.019905>
- Ghanayim, T., Lupu, L., Naveh, S., Bachner-Hinenzon, N., Adler, D., Adawi, S., Banai, S., & Shiran, A. (2022). Artificial Intelligence-Based Stethoscope for the Diagnosis of Aortic Stenosis. *American Journal of Medicine*, 135(9), 1124-1133. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2022.04.032>
- Jusak, J., Puspasari, I., Kusumawati, W. I., & Oktarina, E. S. (2020). Model Identifikasi Sinyal Jantung Pertama (S1) dan Sinyal Jantung Kedua (S2) pada Janin. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 16(1), 50-56. <https://doi.org/10.17529/jre.v16i1.14991>
- Kambhampati, A. B., & Ramkumar, B. (2021). Automatic Detection and Classification of Systolic and Diastolic Profiles of PCG Corrupted Due to Limitations of Electronic Stethoscope Recording. *IEEE Sensors Journal*, 21(4), 5292-5302. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3028373>

- Lee, S. H., Kim, Y., Yeo, M., Mahmood, M., Zavanelli, N., Chung, C., Young Heo, J., Kim, Y., Jung, S.-S., & Yeo, W.-H. (2022). Fully Portable Continuous Real-Time Auscultation with a Soft Wearable Stethoscope Designed For Automated Disease Diagnosis. *Science. Advances*, 8(21). <https://www.science.org>
- Lee, S., Wei, Q., Park, H., Na, Y., Jeong, D., & Lim, H. (2021). Development of a Finger-Ring-Shaped Hybrid Smart Stethoscope for Automatic S1 and S2 Heart Sound Identification. *Sensors*, 21(18). <https://doi.org/10.3390/s21186294>
- Li, Y., Shi, P., Yang, Y., Cui, J., Zhang, G., & Duan, S. (2021). Design and Verification of Magnetic-Induction Electronic Stethoscope Based On MEMS Technology. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 331. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112951>
- Luo, Y., Liu, J., Zhang, J., Xiao, Y., Wu, Y., & Zhao, Z. (2023). A Wearable Nanoscale Heart Sound Sensor Based on P(VDF-Trfe)/Zno/GR and its Application in Cardiac Disease Detection. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 14, 819–833. <https://doi.org/10.3762/BJNANO.14.67>
- Ogawa, S., Namino, F., Mori, T., Sato, G., Yamakawa, T., & Saito, S. (2023). AI Diagnosis of Heart Sounds Differentiated with Super Stethoscope. *Journal of Cardiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2023.09.007>
- Quinn, N., Mokhtar, A., Moeller, A., & Ramer, S. (2021). Virtual Cardiology Clinical Skills Teaching for Medical Students Using an Electronic Stethoscope During the COVID-19 Pandemic: Feasibility and Feedback. *Canadian Journal of Cardiology*, 37(10), 40-41. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2021.07.085>
- Ramesha M, Dankan Gowda V, Jeevan KM, & Sathisha B M. (2020). Implementation of IoT Based Wireless Electronic Stethoscope. *Proceedings of IEEE Third International Conference on Multimedia Processing, Communication & Information Technology – MPCIT 2020 JNNCE*. <https://doi.org/10.1109/MPCIT51588.2020.9350476>
- Rennoll, V., McLane, I., Emmanouilidou, D., West, J., & Elhilali, M. (2021). Electronic Stethoscope Filtering Mimics the Perceived Sound Characteristics of Acoustic Stethoscope. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 25(5), 1542–1549. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.3020494>
- Roy, T. S., Roy, J. K., & Mandal, N. (2023). Design of Ear-Contactless Stethoscope and Improvement in the Performance of Deep Learning Based on CNN to Classify the Heart Sound. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 61, 2417-2439. <https://doi.org/10.1007/s11517-023-02827-w>
- Shi, P., Li, Y., Zhang, W., Zhang, G., Cui, J., Wang, S., & Wang, B. (2022). Design and Implementation of Bionic MEMS Electronic Heart Sound Stethoscope. *IEEE Sensors Journal*, 22(2), 1163–1172. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3131001>
- Suzuki, K., Shimizu, Y., Ohshimo, S., Oue, K., Saeki, N., Sadamori, T., Tsutsumi, Y., Irifune, M., & Shime, N. (2022). Real-Time Assessment of Swallowing Sound Using an Electronic Stethoscope and an Artificial Intelligence System. *Clinical and Experimental Dental Research*, 8(1), 225–230. <https://doi.org/10.1002/cre2.531>
- Takeda, K., Kasai, H., Hayama, N., Saito, M., Kawame, C., Maruyama, K., & Suzuki, T. (2023). Wireless Electronic Stethoscope's Potential For Medical Education in Ward Round Examination. *Respirology*, 28(10), 969–971. <https://doi.org/10.1111/resp.14560>
- Zeinali, Y., & Niaki, S. T. A. (2022). Heart Sound Classification Using Signal Processing and Machine Learning Algorithms. *Machine Learning with Applications*, 7, 100206. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100206>