

LITERATURE REVIEW: SENSITIVITAS OKSIMETRI NADI DALAM MENGENALI GEJALA PENYAKIT JANTUNG BAWAAN KRITIS

Literature Review: Accuracy of Pulse Oximetry in Helping The Diagnosis of Critical Congenital Heart Disease

Jundra Darwanty¹, Rita Yulifah², Heny Astutik², Ni Wayan Dwi Rosmalawati², Ita Yuliani², Retno Dumilah^{2*}

¹Jurusan Kebidanan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung

²Jurusan Kebidanan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang

*Email: retno2dumilah@gmail.com

ABSTRACT

Early detection of Critical Congenital Heart Disease (CCHD) in newborns is crucial to the success of treatment. This underlies the need for pulse oximetry screening as the basis for establishing the diagnosis of CCHD that is not recognized on physical examination. This study aimed to analyze the accuracy of pulse oximetry as a CCHD screening method in newborns. The research method was literature review, data is obtained from the PubMed database with the keywords Critical Congenital Heart Disease (CCHD), Newborn, Screening. The inclusion criteria are that the article is published in 2018-2023, discussing the accuracy of pulse oximetry screening, speaking English, and observational analysis research design. Articles according to the criteria were obtained 80 articles. After going through the selection process, 15 articles were selected. An analysis of 15 articles concluded that pulse oximetry has a high accuracy in assisting in the establishment of the diagnosis of CCHD, indicating the need to include it in routine screening procedures for newborns. However, it must be carried out according to regular procedures, by competent health workers, equipped with adequate facilities and it is necessary to educate prospective parents about CCHD screening during pregnancy to anticipate refusal to undergo treatment if abnormalities are found in the results of pulse oximetry.

Keywords: CCHD, effectiveness, pulse oximetry

ABSTRAK

Deteksi dini penyakit jantung bawaan kritis (*Critical Congenital Heart Disease*, CCHD) pada bayi baru lahir sangat menentukan keberhasilan perawatan. Hal ini mendasari perlunya skrining oksimetri nadi sebagai dasar penegakan diagnosis CCHD yang tidak dikenali pada pemeriksaan fisik. Penelitian ini bertujuan menganalisis akurasi oksimetri nadi sebagai metode skrining CCHD pada bayi baru lahir. Metode penelitian adalah literatur review, data diperoleh dari database PubMed dengan kata kunci *Critical Congenital Heart Disease (CCHD), Newborn, Screening*. Kriteria inklusi yaitu artikel merupakan publikasi pada tahun 2018-2023, membahas tentang akurasi skrining oksimetri nadi, berbahasa Inggris, desain penelitian analisis observasional. Artikel sesuai kriteria diperoleh 80 artikel. Setelah melalui proses seleksi terpilih 15 artikel. Analisis terhadap 15 artikel disimpulkan bahwa oksimetri nadi memiliki akurasi tinggi dalam membantu penegakan diagnosis CCHD, mengindikasikan perlunya menyertakan dalam prosedur pemeriksaan rutin bagi bayi baru lahir. Namun, harus dilakukan sesuai prosedur tetap, oleh tenaga kesehatan yang kompeten, dilengkapi dengan sarana yang memadai dan perlu dilakukan edukasi pada calon orang tua tentang skrining CCHD

pada masa hamil untuk mengantisipasi penolakan dilakukan perawatan apabila ditemukan kelainan pada hasil oksimetri nadi.

Kata Kunci: CCHD, efektivitas, oksimetri nadi

PENDAHULUAN

Penyakit jantung bawaan (*Critical Congenital Heart Disease*, CCHD) merupakan kelainan jantung bawaan paling kritis yang menyebabkan terjadinya komplikasi berat pada bayi baru lahir di awal kehidupannya [1]. Insidensi CCHD tercatat antara 7 hingga 9 per 1000 kelahiran hidup.[2] Bayi penderita CCHD berpotensi meninggal bila tidak segera mendapatkan pertolongan secara dini [3]. Di seluruh dunia, komplikasi yang terjadi akibat CCHD menyebabkan kematian bayi baru lahir di negara maju dan negara berkembang yaitu sebanyak 3-7% dan 20% [4].

Penanganan segera pada CCHD dilakukan bila diagnosis ditegakkan sebelum bayi berusia 48 jam atau sebelum bayi pulang dari perawatan medis. Hal ini penting dilakukan karena 30%–50% dari bayi baru lahir dengan penyakit jantung bawaan, dan 1% dari kasus ini meninggal akibat cacat bawaan [5], [6]. Meningkatnya kemampuan dan cakupan deteksi CCHD pada masa prenatal maupun postnatal, masih belum mampu menurunkan insiden kesakitan ataupun kematian akibat CCHD pada bayi baru lahir. Salah satu permasalahan yang dihadapi adalah kemampuan dalam mengenali gejala CCHD melalui pemeriksaan klinis pada bayi baru lahir masih rendah, yaitu kurang dari 50% [7].

Meskipun USG rutin selama hamil mampu mengenali CCHD, namun masih banyak bayi baru lahir penderita CCHD yang gejalanya terlambat dikenali. Keadaan ini menyebabkan tertundanya penanganannya. Akibatnya bayi mengalami kondisi kritis karena kekurangan pasokan oksigen dan kadar asam dalam darah terlalu tinggi, bahkan bisa terjadi penurunan fungsi jantung saat dirujuk untuk mendapatkan penanganan medis [8], [9].

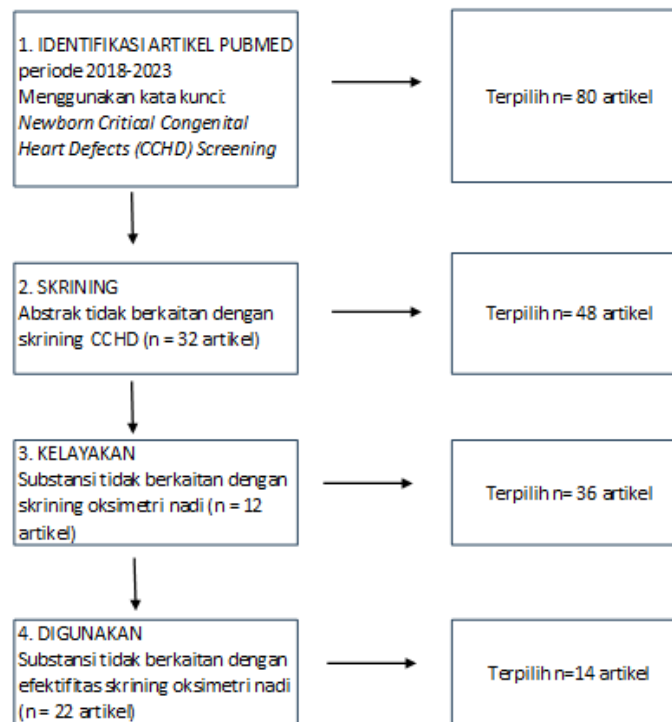
Skrining CCHD telah teruji mampu mengenali gejala penyakit jantung bawaan pada bayi yang tidak mampu dideteksi pada pemeriksaan prenatal ataupun segera setelah lahir [7]. Tingginya kematian akibat CCHD pada bayi baru lahir antara lain karena kegagalan melakukan deteksi menggunakan USG di masa kehamilan atau ketidakmampuan mengenali gejala klinis segera setelah kelahiran[10]. Deteksi dini CCHD menggunakan oksimetri nadi atau *Pulse Oksimetri Screening* (POS) merupakan Upaya yang unik, berfungsi untuk mengetahui gejala CCHD yang tidak mampu dikenali pada pemeriksaan fisik bayi baru lahir[9].

POS adalah metode non-invasif, sangat spesifik, dan cukup sensitif, yang bermanfaat sebagai alat skrining CCHD dan penyakit non-kardiak lainnya serta penyakit pernapasan dan infeksi pada bayi baru lahir. Kemampuan ini meningkatkan minat dunia untuk menggunakan POS sebagai layanan standar. Namun demikian, pemanfaatan POS secara rutin belum direkomendasikan oleh *UK National Screening Committee* (UKNSC). Mereka berasumsi bahwa pemanfaatan POS secara rutin masih perlu dipertimbangkan dari segi efisiensi biaya, karena masih ditemukan kasus positif palsu. Menindaklanjuti perbedaan pendapat yang berseberangan di atas, menimbulkan keinginan peneliti untuk mengkaji akurasi POS dalam membantu mengenali gejala CCHD[4]

METODE

Metode penelitian menggunakan teknik studi literatur. Sumber data adalah artikel yang terpublikasi pada database Pubmed, dengan kata kunci *Critical Congenital Heart Disease (CCHD), Newborn, Screening*. Dipilih berdasarkan kriteria inklusi yaitu artikel merupakan publikasi pada periode 2018-2023, membahas tentang akurasi POS dan berbahasa Inggris. Sehingga dari penelusuran awal menggunakan seleksi kata kunci,

terjaring 80 artikel, setelah melalui proses seleksi. Akhirnya terjaring 14 artikel setelah dilakukan seleksi. Berikut diagram alur penelitian artikel dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Alur pemilihan artikel

HASIL

Tabel 1. Temuan Penelitian Sensitivitas Oksimetri Nadi dalam Mengenal Kelainan Jantung Bawaan

No	Penulis, Judul dan Tahun	Metode	Tujuan Penelitian	Temuan
1	Kluckow. M. Barriers to the Implementation of Newborn Pulse Oximetry Screening: A Different Perspective 2018	Kohort Sampel: 500.000 bayi yang dirawat di ruang NICU (Neonatal Intensive Care Unit) Lokasi: Australia dan Selandia Baru. Pelaksanaan Skrining: Tahun tidak disebutkan	Untuk mengetahui kendala pelaksanaan POS sebagai metode deteksi dini CCHD pada bayi baru lahir.	POS memiliki sensitivitas tinggi dalam mengenali CCHD
2	Banait N, Platt MW, Harb MA, Wyllie J, Miller N, Harigopal S. Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease: a comparative study of cohorts over 11 years. 2019	Kohort. Sampel: 38.176 bayi baru lahir terdiagnosis CCHD pada 1 Januari 2001-31 Desember 2011, diambil dari 3 rumah sakit tersier di Inggris. Lokasi: UK Pelaksanaan Skrining: tahun 2001-2011	Untuk mengetahui efektivitas POS dalam mencegah kematian akibat CCHD setelah pulang dari rumah sakit hingga usia 1 tahun	POS tidak efektif dalam mendeteksi CCHD pada kondisi telah dilakukan USG prenatal dan pemeriksaan fisik.

3	Kim JS, Ariefdjohan MW, Sontag MK, Rausch CM. Pulse Oximetry Values in Newborns with Critical Congenital Heart Disease upon ICU Admission at Altitude. 2018	Kohort. Sampel: 149 bayi baru lahir penderita CCHD yang menjalani perawatan di NICU pada ketinggian sedang. Lokasi: Colorado Pelaksanaan Skrining: 2006-2013	Untuk mengetahui efektivitas POS yang dilakukan sesuai standar <i>American Academy of Pediatrics</i> (AAP) dalam mendeteksi CCHD bayi baru lahir di dataran dengan ketinggian sedang.	POS yang dilakukan sesuai standar AAP terbukti murah dan efektif dalam mendeteksi CCHD pada bayi baru lahir dibandingkan dengan pemeriksaan fisik saja.
4	Havelund KW, Malberg MHD, Gron JF. Implementation of pulse oximetry screening in a Danish maternity ward. 2019	Kohort. Sampel: 2855 bayi baru lahir di bangsal bersalin Rumah Sakit Kolding Lokasi: Denmark Pelaksanaan Skrining: 2017-2018	Untuk menilai efektivitas POS dalam mendeteksi CCHD dan dampak penerapannya secara rutin di bangsal bersalin Rumah Sakit Kolding, Wilayah Selatan Denmark	POS efektif dalam mendeteksi dan meningkatkan keberhasilan pengobatan atas indikasi CCHD serta bisa diterima oleh bidan yang bertugas di bangsal bersalin ataupun orang tua bayi baru lahir.
5	Trujillo DL, Reyes NFS, Restrep AT, Velasquez CLC, Torres MTD, Ducuara SVR, et al. Cost-effectiveness analysis of newborn pulse oximetry screening to detect critical congenital heart disease in Colombia. 2019	Kohort. Data diperoleh dari literatur sistematis dan analisis mikro-biaya, serta survei yang dilakukan untuk mengkaji penggunaan sumber daya. jumlah sampel tidak disebutkan. Lokasi: Kolombia Pelaksanaan Skrining: waktu tidak disebutkan	Untuk mengetahui perbandingan antara efisiensi biaya dan efektivitas skrining POS dalam mendeteksi CCHD pada bayi baru lahir di Kolombia.	Pemanfaatan POS dan pemeriksaan fisik terbukti efisien dalam dari segi biaya dan efektif sebagai metode skrining CCHD di Kolombia.
6	Şahin H, Emrah C. Critical congenital heart disease screening with a pulse oximetry in neonates. 2018	Kohort. Sampel: 4335 bayi baru lahir dengan usia gestasi 34 dan 42 minggu di Bagcilar Training and Research Hospital. Lokasi: Istanbul, Turki. Pelaksanaan Skrining: 2010-2013	Untuk membandingkan hasil skrining menggunakan POS pada bayi baru lahir berusia <24 jam dibandingkan dengan >24 jam	Akurasi POS tinggi dalam mendeteksi CCHD serta dsetujui untuk diterapkan bagi bayi baru lahir yang berusia kurang dari 24 jam saat dipulangkan dari perawatan medis.
7	Withrow E, Fussman C, Thompson K, Kleyn M. Evaluation of Pulse Oximetry Screening Rates Among the Midwife-Attended Out-of-Hospital Birth Community in Michigan. .2019	Kohort. Sampel: Hasil POS dari 710 bayi baru lahir yang dilaporkan oleh bidan yang menolong persalinan di rumah kepada Negara Bagian Michigan. Lokasi: Michigan, USA Pelaksanaan Skrining: 2014-2016	Untuk menilai efektivitas POS pada pertolongan persalinan di rumah serta untuk mengevaluasi efektivitas program pinjaman alat POS dalam menunjang pelaksanaan POS.	Penggunaan POS terbukti efektif pada pertolongan persalinan di rumah sakit ataupun di komunitas.
8	El Idrissi Slitine N, Bennaoui F, Sable CA, Martin GR, Hom LA, Fadel A, et al.	Kohort. Sampel: 8013 bayi baru lahir tanpa gejala di rumah sakit Universitas	Untuk menilai efektivitas POS sebagai metode deteksi CCHD	POS terbukti efektif meningkatkan sensitivitas deteksi CCHD sehingga

	Pulse Oximetry and Congenital Heart Disease Screening: Results of the First Pilot Study in Morocco. 2020	Mohammed VI Marrakesh, Maroko. Pelaksanaan Skrining: periode Maret 2019-Januari 2020.		direkomendasikan untuk penggunaan rutin pada bayi baru lahir.
9	Sotodate G, Oyama K, Saiki H, Matsumoto A, Konishi Y, Toya Y, et al. Comparing risk factors associated with the late detection of critical congenital heart disease at different facility levels. 2020	Kohort. 88 bayi terdiagnosis CCHD yang dirawat di fasilitas perawatan neonatal tingkat IV. Lokasi: Jepang Pelaksanaan Skrining: 2014-2019	Untuk mengetahui faktor2 yang mempengaruhi diagnosis lambat CCHD	Keterlambatan diagnosis CCHD memperburuk kondisi bayi. Faktor yang diidentifikasi memperlambat diagnosis CCHD yaitu Terlambat mengenali gejala klinis, terlambat mencapai fasilitas rujukan dan CCHD yang tidak dikonfirmasi menggunakan ekokardiografi.
10	Matthew J. Campbell, William O. Quarshie, Jennifer Faerber, David J. Goldberg, Christopher E. Mascio, Joshua J. Blinder, Pulse Oximetry Screening Has Not Changed Timing of Diagnosis or Mortality of Critical Congenital Heart Disease. 2020	Kohort. Sampel: 527 bayi baru lahir yang memerlukan operasi jantung. Lokasi: Philadelphia. Pelaksanaan Skrining: 2015-2016	Untuk mengevaluasi efektivitas POS dalam menurunkan insiden keterlambatan diagnosis dan mortalitas bayi baru lahir	Pemanfaatan POS secara rutin tidak berdampak terhadap waktu penegakan diagnosis CCHD sehingga penurunan angka kematian satu tahun tidak serta merta dikaitkan dengan program wajib dilakukan POS pada bayi baru lahir.
11	Uygur O, Koroglu OA, Levent E, Tosalı M, Akisu M, Yalaz M, Kultursay N. The value of peripheral perfusion index measurements for early detection of critical cardiac defects. 2019	Kohort. Sampel: 3175 bayi baru lahir di Rumah Sakit Universitas Ege periode Mei 2013-September 2015, menjalani pengukuran saturasi oksigen pre dan post duktal serta nilai PPI menggunakan POS sebelum pulang dari rumah sakit. Lokasi: Turki Pelaksanaan Skrining: 2013-2015	Untuk mengetahui nilai tambah pengukuran indeks pervusi perifer pada POS dalam mendeteksi CCHD	Kombinasi pemeriksaan fisik, POS dan pengukuran peripheral perfusion index (PPI) terbukti lebih efektif dalam mendeteksi CCHD, sehingga tidak ada yang gagal termasuk pada bayi yang tidak terdiagnosis CCHD pada skrining USG prenatal. Kombinasi ketiga metode ini dapat digunakan untuk mengenali lebih dini gejala gangguan pada jantung yang tidak bisa dikenali oleh metode POS saja.
12	AlAql F, Khaleel H, Peter V. Universal. Screening for CCHD in Saudi Arabia:	Kohort. Sampel: 900.000 bayi baru lahir yang menjalani skrining CCHD di rumah sakit di Arab Saudi.	Untuk menjelaskan pendirian dan pelaksanaan program skrining CCHD	Arab Saudi telah berhasil menerapkan program skrining CCHD menggunakan POS dan telah

	The Road to a 'State of the Art' Program. 2020	Lokasi: Saudi Arabia Pelaksanaan Skrining: 2016-2018	menggunakan POS di Arab Saudi.	membuktikan bahwa POS merupakan metode konvensional dan efektif dalam mengenali gejala CCHD.
13	Cubells E, Torres B, Nuñez-Ramiro A, Manuel Sánchez-Luna ID, Izquierdo I, Vento M. Congenital Critical Heart Defect Screening in a Health Area of the Community of Valencia (Spain): A Prospective Observational Study. 2018	Kohort. Sampel: 11.531 bayi baru lahir yang dirawat di satu fasilitas pelayanan Kesehatan di Komunitas Valencia, Spanyol. Lokasi: Spanyol. Pelaksanaan Skrining: waktu pelaksanaan tidak disebutkan	Untuk mengevaluasi efektivitas POS dalam mengenali gejala CCHD	Dari 8.856 kasus atau 78,6% kelahiran yang di skrining penyakit CCHD kritis, 5 orang dengan hasil POS Positif, namun 2 kasus akibat gangguan pernafasan sekunder akibat sepsis dini. Deteksi CCHD prenatal dan postnatal dilakukan sangat baik. Hasil POS dapat mendeteksi kondisi CCHD dan kondisi parah lain, seperti sepsis dini yang tidak terpantau saat pemeriksaan rutin.
14	Singh Y, Chen SE. Impact of pulse oximetry screening to detect congenital heart defects: 5 years' experience in a UK regional neonatal unit. 2021	Kohort. Sampel: 27.170 bayi lahir di Rosie Hos-modal periode 1 Januari 2015-31 Desember 2019, kecuali bayi dengan usia gestasional <35 minggu, dirawat di NICU, terdiagnosis CCHD di masa prenatal. Lokasi: UK. Pelaksanaan Skrining: 2015-2019	Untuk mengevaluasi efektivitas POS dalam mendeteksi CCHD pada bayi baru lahir di sebuah unit neonatal regional di Inggris selama 5 tahun.	POS berguna untuk mendeteksi CCHD pada bayi baru lahir namun masih ditemukan 15% kasus penyakit jantung bawaan mayor yang tidak terdeteksi saat masa perawatan di fasilitas kesehatan

Berdasarkan tabel 1 diketahui bahwa penelitian oleh Kluckow (2016) menemukan terdapat kendala pada pelaksanaan POS, antara lain adanya kecukupan kebutuhan tenaga Kesehatan, penolakan orang tua dan tindak lanjut terhadap hasil skrining positif. Hasil penelitian juga menemukan bahwa sekitar 30% bayi baru lahir penderita CCHD dipulangkan tanpa diagnosis pasti, hal ini menunjukkan bahwa POS masih belum efektif dalam mendeteksi gejala CCHD. Program skrining CCHD di wilayah ini ternyata tidak berlanjut karena keterbatasan alat ekokardiografi, jumlah tenaga pelaksana, minimnya kompetensi serta rendahnya pengetahuan tentang dampak PJK [11].

Studi oleh Kim JS, et al (2018), menunjukkan hasil identifikasi nilai saturasi oksimetri nadi rata-rata pre-duktal atau sebelum darah melewati ductus arteriosus dan post-duktal atau setelah darah melewati ductus arteriosus pada bayi dengan CCHD saat mereka umur 24 jam 87,1% dan 87,8%. Bayi penderita CCHD yang menjalani terapi prostaglandin serta pembeian oksigen, ditemukan hasil oksimetri lebih rendah [12]. Sedangkan penelitian lain oleh Zheleva, B, et al pada negara dengan penghasilan rendah dan menengah mengemukakan pentingnya standarisasi terapi bagi penderita jantung di fasilitas pelayanan kesehatan tingkat sekunder dan tersier, standarisasi kompetensi penolong persalinan, inventarisir pelaksanaan dan luaran operasi jantung

yang berkualitas, analisis kebutuhan dana, serta memasukkan metode deteksi dini CCHD sebagai bagian paket layanan kesehatan yang utuh [13].

Bello HCA, et al, mengemukakan gabungan POS dan pemeriksaan klinis meningkatkan sensitivitas dan spesifisitas dibandingkan skrining CCHD hanya menggunakan pemeriksaan fisik saja, sehingga kombinasi kedua skrining ini sangat direkomendasikan di negara-negara berpenghasilan menengah dan rendah di mana efisiensi anggaran sangat menentukan kebijakan pelayanan kesehatan yang tersedia [14].

Sementara penelitian yang dilakukan di Withrow E, et al (2019) membuktikan bahwa peminjaman alat POS bagi bidan penolong persalinan di komunitas meningkatkan kontribusi mereka dalam melakukan deteksi dini CCHD. Kebijakan ini diinisiasi guna meningkatkan cakupan skrining CCHD di Negara Bagian Michigan. Agar kontribusi bidan meningkat dan terjaga secara berkelanjutan, mereka perlu dilibatkan dalam pelatihan terkait, pengembangan protocol dan pelaporan data skrining[15].

Sebuah studi oleh Sotodate G, et al (2020) (tabel 1) menemukan peningkatan kompetensi yang meliputi pengetahuan, teknik penilaian fungsi jantung, cara menggunakan POS dan layanan terapi jarak jauh dalam Upaya penegakkan diagnosis membantu menurunkan keterlambatan penanganan CCHD [16], sedangkan studi yang dilakukan di Turki menemukan bahwa pengukuran aliran darah di perifer bisa meningkatkan akurasi deteksi CCHD pada bayi baru lahir[17].

POS penting untuk dilakukan karena dapat mengenali gejala CCHD sebelum bayi pulang dari perawatan, sehingga dapat segera dilakukan penanganan guna menurunkan risiko komplikasi dan kematian akibat terlambat ditangani [2]. Penelitian oleh Cubells E et al (2018) menemukan POS antara lain dapat dilakukan melalui upaya tertentu di kamar bersalin yang diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengakibatkan penambahan beban yang berlebihan bagi tenaga pelaksana, sehingga POS akan segera diadopsi sebagai skrining CCHD rutin bagi seluruh bayi baru lahir[18].

PEMBAHASAN

Oksimetri nadi merupakan salah satu cara mengenali gejala cacat jantung bawaan kritis (CCHD) yang memiliki akurasi dan efisiensi tinggi, direkomendasikan untuk diterapkan di fasilitas pelayanan kesehatan karena terbukti sudah mendapatkan persetujuan dari orang tua ataupun pengasuh[19]. Upaya deteksi CCHD menggunakan oksimetri nadi atau *Pulse Oksimetri Screening* (POS) diakui sebagai metode non-invasif yang efektif karena terbukti mampu mengenali gejala 50–70% kasus CCHD yang tidak terdeteksi menggunakan metode lain[3].

Hal ini mendasari penggunaan POS sebagai metode skrining CCHD standar di banyak negara maju. Faktanya, sering kali POS ataupun metode skrining CCHD lainnya tidak dikembangkan dengan baik. Alasannya di antaranya karena keterbatasan akses terhadap ekokardiografi sebagai tindak lanjut apabila terdeteksi positif CCHD dan pilihan pengobatan[20]. Padahal berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas POS dalam deteksi dini CCHD, meskipun skrining dilakukan pada dataran tinggi sekalipun. Sebuah penelitian mengemukakan bahwa POS yang dilakukan sesuai standar *American Academy of Pediatrics* (AAP) berhasil mendeteksi 80,5% bayi baru lahir dengan CCHD[21]. Kelompok pekerja AAP merekomendasikan bahwa skrining tidak boleh dilakukan hingga 24 jam kehidupan, dalam kondisi terpaksa, bisa dilakukan bila pemulangan direncanakan lebih awal, dan maksimal dilakukan saat bayi berusia 48 jam. Skrining CCHD yang dilakukan pada bayi berusia kurang dari 24 jam dapat meningkatkan hasil positif palsu. Karena saturasi oksigen arteri bervariasi secara signifikan dalam 24 jam pertama, bayi baru lahir yang sehat dapat mengalami saturasi oksigen kurang dari 95% dan memiliki hasil positif palsu. Sehingga POS sebaiknya

dilakukan dalam waktu 24-48 jam setelah kelahiran atau sesaat sebelum pulang rawat [17].

Diagnosis CCHD yang terlambat meningkatkan risiko komplikasi sehingga dikhawatirkan Tindakan bedah sekalipun tidak mampu menghindarkan bayi dari kecacatan ataupun kematian[13]. Permasalahannya bayi penderita CCHD terkadang tidak menunjukkan gejala klinis, sehingga sering kali membutuhkan metode lain untuk membantu mendeteksi adanya penyakit jantung bawaan[4]. Sehingga perlu bagi fasilitas pelayanan kesehatan penyedia layanan persalinan dan bayi baru lahir untuk melengkapi fasilitasnya dengan sistem rujukan untuk mempercepat penanganan bagi bayi baru lahir yang dicurigai menderita penyakit jantung bawaan[11].

Diagnosis CCHD yang ditegakkan pada masa hamil memberikan peluang yang lebih besar bagi orang tua untuk mempertimbangkan pilihan apakah melanjutkan atau mengakhiri kehamilan[22]. Perlu diperhatikan bahwa upaya ini terbukti membantu memperbaiki kualitas hidup janin yang terdeteksi menderita CCHD, karena memungkinkan penanganan yang lebih dini. Diagnosis CCHD yang ditegakkan di masa hamil juga memberi kesempatan untuk merencanakan persalinan yang aman dan pemberian penanganan terbaik segera setelah kelahiran [22].

Bayi baru lahir yang terdiagnosis menderita CCHD di masa hamil lebih berisiko mengalami kelahiran kurang bulan, angka kelahiran sesar yang lebih tinggi serta berat badan lahir rendah. Dilihat dari sisi artifisial, gejala CCHD yang dikenali di masa hamil berpotensi menimbulkan masalah di masa hamil dan mengakibatkan terjadinya persalinan kurang bulan dan berat badan lahir rendah. Berat badan lahir rendah akan menimbulkan komplikasi lanjutan bagi bayi baru lahir. Usia ibu hamil yang semakin tua, meningkatnya kehamilan kembar serta meningkatnya penderita diabetes gestasional terjadi pada kelompok ibu hamil dengan janin terdiagnosis menderita CCHD. APGAR skor yang lebih rendah pada menit ke 5 ditemukan pada bayi baru lahir penderita CCHD. Oster, et al menemukan bahwa gejala CCHD yang ditemukan pada masa hamil menurunkan risiko asfiksia pada bayi baru lahir sehingga mengurangi alokasi biaya untuk intervensi dan menurunkan risiko komplikasi pada bayi penderita CCHD[23][24].

Bayi yang menunjukkan gejala menderita CCHD sebelum dilahirkan kelahiran di masa hamil prenatal menunjukkan kecenderungan menjalani periode perawatan lebih lama di masa pra operasi dan lebih patuh dalam menjalani terapi. Sehingga gejala CCHD yang dikenali di masa prenatal terbukti menurunkan beban biaya dan menurunkan tekanan psikologis keluarga. Pemberian pertolongan dini pada kelompok diagnosis prenatal mengurangi risiko komplikasi yang dapat terjadi sebelum pemberian intervensi. Hal ini mungkin berhubungan dengan perencanaan yang lebih matang tentang pilihan intervensi yang akan dilakukan. Penelitian terhadap kualitas hidup bayi usia satu tahun pada kelompok diagnosis prenatal menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan kelompok diagnosis pasca kelahiran. Hasil ini menunjukkan perlunya mengadopsi model pelayanan CCHD yang mengupayakan pengenalan gejala CCHD di masa hamil berlanjut dengan pemberian intervensi sesuai kebutuhan bayi baru lahir dan keluarganya untuk menghasilkan luaran yang lebih baik[25].

Pengenalan gejala yang terlambat pada penderita CCHD terbukti menurunkan kualitas hidup penderita. Hal ini terbukti dengan ditemukannya peningkatan komplikasi pada bayi penderita CCHD yang meliputi pneumonia dan iskemik otak lebih tinggi pada kelompok diagnostik pasca kelahiran [26].

Idealnya, metode deteksi dini terhadap bayi baru lahir akan adanya CCHD dengan melakukan pemeriksaan POS. Pemeriksaan ini diharapkan dapat memantau dan mengintervensi secara dini untuk meningkatkan kualitas hidup yang lebih baik pada bayi baru lahir dan 2,79 % bayi yang mengalami hipoksia ditemukan POS positif. Pemeriksaan ini akan lebih efektif dilakukan setelah pemeriksaan USG pada masa antenatal, dan ditemukannya gejala klinis pada pemeriksaan tersebut[8],[27],[28]. Skrining CCHD dengan pengukuran saturasi oksigen pada bayi baru lahir usia 24

sampai 48 jam dianggap negatif jika SpO₂ lebih dari 95% pada tangan kanan atau kaki kiri dan dengan selisih < 3% diantara keduanya[29] .

Manifestasi klinis bayi penderita CCHD yang diagnosis nya ditegakkan di masa hamil antara lain bayi menderita cacat bawaan, mengalami kelainan kromosom/sindrom atau mengalami komplikasi akibat CCHD. Sedangkan kondisi ibu yang berhubungan dengan peningkatan gejala CCHD di masa hamil yaitu kehamilan kembar, bertambahnya usia ibu, menderita diabetes, riwayat CCHD di keluarga. Sebaliknya warna kulit putih, ras hispanik, bertambahnya indeks massa tubuh ibu sebelum hamil menurunkan prevalensi diagnosa CCHD di masa prenatal. Pada studi lainnya disebutkan diagnosis CCHD di masa hamil berhubungan dengan kondisi geografis tempat tinggal pasien dan cacat bawaan yang diderita. Dari semua studi ini dapat disimpulkan pemantauan intensif perlu dilakukan pada orang tua yang memilih untuk melanjutkan kehamilannya saat dokter menemukan gejala CCHD pada janinnya.

Hasil studi sebelumnya membuktikan CCHD membutuhkan intervensi. Tanpa mengurangi manfaat POS pada bayi baru lahir, hal ini merupakan salah satu alasan perlunya penegakan diagnosis pada masa prenatal karena perencanaan dan persiapan intervensi yang matang pada janin yang menunjukkan gejala menderita CCHD kelompok diagnosis prenatal bermanfaat dalam operasi pasca kelahiran dan mengurangi efek samping pada periode perioperatif [22].

Penanganan CCHD sejak dini bertujuan meningkatkan kualitas hidup yang lebih baik, yakni bayi yang terhindar dari morbiditas dan kematian. POS adalah metode yang berharga karena mampu mendeteksi dan mendiagnosis dini kondisi hipoksemia non jantung pada bayi tanpa gejala. Pada penegakkan diagnosis CCHD terdapat bermacam hal yang memengaruhi kecepatan dan ketepatannya, antara lain kompetensi tenaga kesehatan, indeks massa tubuh ibu yang berlebih, sensitivitas alat, adanya luka parut di perut ibu, usia kehamilan, volume air ketuban, serta posisi janin[22].

Bertambahnya jumlah ahli sonografi di satu wilayah dihubungkan dengan bertambahnya prevalensi diagnosis CCHD di masa hamil. Kondisi tersebut terjadi bila diikuti adanya program wajib dilakukan USG secara rutin di masa pertengahan kehamilan, di kemudian hari program ini terbukti membantu menurunkan komplikasi CCHD pada bayi baru lahir [3]. Prevalensi pelaksanaan USG pada pertengahan kehamilan berhubungan dengan kemudahan akses terhadap sonografer sehingga meningkatkan jumlah diagnosis CCHD di masa hamil. Namun, perlu diketahui bahwa cacat bawaan yang diderita memengaruhi kepekaan metode skrining yang digunakan sehingga sebaran jenis CCHD tertentu lebih banyak dikenali melalui USG[3].

Walaupun terdapat jenis CCHD yang kurang efektif dideteksi menggunakan USG, namun janin masih memiliki prognosis lebih baik daripada bayi yang mengalami keterlambatan diagnosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa janin penderita CCHD yang didiagnosis di masa prenatal memiliki angka kematian 12% dibandingkan bayi yang mengalami keterlambatan diagnosis, yang mencapai angka kematian sebesar 29%. Dengan tujuan mendiagnosis CCHD tepat waktu melalui identifikasi dan deteksi dini CCHD, maka banyak negara mulai memberlakukan kebijakan penggunaan USG secara rutin pada masa kehamilan. Kebijakan ini berhasil meningkatkan diagnosis CCHD prenatal dari 59% pada tahun 2010, menjadi 78% pada tahun 2015 [30].

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa pemeriksaan fisik bayi baru lahir memiliki tingkat sensitivitas rendah dalam mendeteksi CCHD yaitu sekitar 44%, kenyataan ini menyebabkan pemeriksaan fisik dianggap kurang efektif dalam mengenali gejala klinis CCHD pada bayi baru lahir [25]. Pengalaman ini memotivasi para ahli untuk menyertakan POS dalam rangkaian skrining CCHD. Telah diketahui bahwa sensitivitas deteksi dini CCHD lebih tinggi saat menggabungkan metode pemeriksaan fisik dengan POS dibandingkan bila hanya menggunakan salah satu metode saja. Seperti telah disebutkan di atas, semakin bertambah usia bayi saat terdiagnosis CCHD maka risiko komplikasi yang ditimbulkan dimasa kanak-kanak pun semakin kompleks [14].

Hasil meta-analisis terhadap 10 penelitian yang melibatkan 123.846 subyek dan dilakukan sebelum pemberlakuan program oksimetri nadi bagi semua bayi baru lahir diperkirakan metode skrining ini memiliki sensitivitas 69,6% dan spesifisitas 99,9%[31]. Di negara berkembang, pemeriksaan fisik dan POS telah berhasil meningkatkan angka deteksi CCHD, walaupun hasil skrining abnormal masih memerlukan pemeriksaan lanjutan menggunakan ekokardiografi yang wajib segera dilakukan sehingga dapat segera diketahui jenis abnormalitas yang terjadi terutama saat ditemukan mur-mur, sianosis, dan detak jantung abnormal [4].

Walaupun POS terbukti memiliki sensitivitas yang tinggi dalam mendeteksi CCHD namun hasil penelitian menyebutkan bahwa metode ini memiliki tingkat kegagalan dalam mendeteksi dua pertiga penyakit jantung bawaan mayor[4]. Lebih lanjut dikatakan permasalahannya, POS masih diakui lebih efektif bila dibandingkan metode skrining lain sehingga pemanfaatannya perlu untuk dilanjutkan sebagai rangkaian skrining CCHD rutin. Selain itu, penggunaan POS juga mampu mendeteksi gangguan selain organ jantung, misalnya infeksi pada bayi baru lahir yang membutuhkan perawatan intensif dan intervensi medis [4].

Selain manfaat yang telah disebutkan, POS juga terbukti efektif dan efisien digunakan secara rutin untuk mengenali gejala CCHD pada bayi baru lahir. Hasil studi terhadap 27 juta bayi baru lahir di Amerika Serikat membuktikan efektivitas POS dalam menurunkan angka kematian pada bayi baru lahir yang terdiagnosis CCHD yaitu sebesar 33% dan kematian bayi baru lahir yang terdiagnosis penyakit jantung lainnya yaitu sebesar 21%. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa POS memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengenali gejala CCHD sehingga mengurangi hasil false positif dan menurunkan jumlah bayi yang menjalani rawat inap karena kesalahan diagnosis CCHD [32].

Menetapkan POS dalam rangkaian wajib skrining CCHD pada bayi baru lahir mendukung efisiensi tenaga Kesehatan, fasilitas pelayanan kesehatan dan prosedur penanganan CCHD yang tepat bagi bayi baru lahir Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis psikologis lengkap tentang tanggapan ibu terhadap pemanfaatan POS diketahui bahwa mereka tidak merasa cemas terhadap penerapan skrining ini kepada bayinya, termasuk pada ibu dari bayi baru lahir yang terdiagnosis false positif [32].

Negara yang telah menetapkan skrining CCHD bagi semua bayi yang lahir di wilayahnya terbukti mampu menurunkan kematian akibat CCHD hingga 33% bila dibandingkan negara yang tidak memiliki kebijakan atau kebijakan tidak mewajibkan skrining CCHD. Sehingga per tahun sekitar 120 nyawa bayi baru lahir terselamatkan. Perlu diketahui meskipun hasil skrining negatif bukan berarti mengesampingkan kemungkinan CCHD. Walaupun sebagian besar unit neonatal menyampaikan bahwa POS merupakan metode skrining CCHD yang efektif dalam mendeteksi abnormalitas fungsi jantung serta efisien dari segi biaya namun terdapat kekhawatiran apabila POS tidak bisa diadopsi oleh fasilitas kesehatan bahwa skrining oksimetri nadi mungkin sulit dilakukan untuk diterapkan di fasilitas kesehatan sekunder, di mana akses ekokardiografi masih terbatas sehingga membutuhkan penambahan sumber daya.[33].

POS menunjukkan hasil positif palsu terbesar bila dilakukan saat bayi berumur <24 jam. *American Academy of Pediatrics (AAP)* dan *American Heart Association (AHA)* merekomendasikan pentingnya penggunaan POS secara rutin dalam mendeteksi CCHD di praktik klinis [4]. Pemanfaatan POS secara rutin telah diberlakukan di beberapa negara di dunia. AAP merekomendasikan pelaksanaan skrining dalam rentang waktu 24 sampai 48 jam pertama kehidupan atau bila pemulangan direncanakan lebih awal. Skrining yang dilakukan kurang dari 24 jam berpotensi menambah jumlah bayi yang terdiagnosis positif palsu akibat fluktuasi saturasi oksigen arteri dalam 24 jam pertama kehidupan sehingga banyak ditemukan bayi baru lahir sehat dengan saturasi oksigen di bawah 95%. Fakta ini mendasari kebijakan pelaksanaan POS pada 24 sampai 48 jam pasca kelahiran atau saat persiapan pulang dari perawatan[17].

Mendukung hal ini, Thangaratnam, et al membuktikan bahwa angka positif palsu dari hasil pemanfaatan metode POS sangat rendah bila dilaksanakan dilakukan setelah bayi berusia 24 jam yaitu 0,05% bila dibandingkan POS dilaksanakan sebelum bayi berusia 24 jam yaitu 0,50%[33]. POS juga mampu mendeteksi kondisi patologis lain yang diderita bayi, misalkan penyakit pernapasan dan infeksi, sehingga menurunkan angka kesakitan pada kelahiran di rumah dan berkontribusi terhadap masa rawat di rumah sakit yang lebih pendek [19][25]. Dalam pelaksanaannya, POS membutuhkan kemampuan untuk menginterpretasikan data secara tepat dan penanganan segera saat ditemukan hasil positif [9].

Hal penting yang wajib diperhatikan adalah POS merupakan Upaya skrining sehingga tetap membutuhkan pemeriksaan fisik sebagai dasar penegakkan diagnosis CCHD. POS juga perlu dilakukan pada kasus pertolongan persalinan di rumah atau di komunitas yang memiliki peluang mengalami gangguan fungsi jantung di mana bayi baru lahir tidak berada dalam pengawasan dan fasilitas klinis setelah bidan meninggalkan rumah pasien atau bila bayi telah dipulangkan dari fasilitas persalinan. Sehingga POS yang mudah, sederhana, andal, dapat direproduksi, dapat diterima dengan baik oleh orang tua dan pengasuh, mendapat rekomendasi AAP, dianjurkan untuk dilakukan secara rutin pada setiap bayi baru lahir[34].

Walaupun pada awal pelaksanaan skrining CCHD menggunakan POS ditemukan kendala namun studi terhadap 2.214 bayi baru lahir menunjukkan kualitas skrining yang semakin meningkat, ditandai dengan berkurangnya kesalahan dalam mengartikan interpretasi hasil skrining, dokumentasi yang tidak lengkap menurun dan berkurangnya jumlah bayi yang harus menjalani skrining ulang. Fakta ini menunjukkan POS efektif dalam membantu penegakkan diagnosis, sehingga memungkinkan pemberian intervensi pada kasus gangguan pernafasan, hipertensi pulmonal dan infeksi. Metode skrining ini terbukti efektif membantu deteksi dini gangguan pada bayi yang berisiko kematian namun masih bisa dihindari[35].

Sebuah studi oleh Van Niekerk, et al tentang pelaksanaan POS di Afrika Selatan menunjukkan metode ini bisa diterapkan namun keterbatasan jumlah alat mengakibatkan penerapannya menjadi sulit. Disampaikan bahwa staf dan orang tua mendukung, namun keterbatasan jumlah tenaga perawat menyebabkan POS tidak mudah untuk dilakukan sebagai Upaya rutin pada setiap bayi baru lahir, juga kondisi ini tidak ditunjang kemudahan akses pelatihan bagi tenaga pelaksana[36]. Sehingga masih perlu waktu untuk mengadopsi POS sebagai skrining CCHD rutin. Kendala lainnya adalah tidak tersedianya sarana sesuai standar internasional maupun pedoman nasional yang menggabungkan antara pemeriksaan fisik pada bayi baru lahir dengan POS, metode yang telah berhasil diuji di Tiongkok pada tahun 2014 dan 2017[37].

Sensitivitas skrining CCHD dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah jarak lokasi skrining dari permukaan laut yang dihubungkan dengan tingkat saturasi oksigen. Walaupun penelitian membuktikan bahwa POS merupakan metode skrining yang memiliki sensitivitas tinggi dan relatif stabil di berbagai tingkat ketinggian masih perlu pembuktian lebih lanjut. Alasannya adalah adanya asumsi bahwa tingkat saturasi oksigen yang rendah di dataran tinggi memengaruhi sensitivitas POS [5]. Hal yang berhubungan dengan terlambatnya pengenalan gejala CCHD pada bayi baru lahir antara lain rendahnya kompetensi dalam melakukan pemeriksaan fisik, terlambat merujuk setelah ditemukan gejala abnormal, tidak dilakukan konfirmasi menggunakan ekokardiografi saat hasil skrining positif serta skrining dilakukan namun tidak sesuai prosedur, misalkan hanya melakukan pada salah satu tangan saja atau bahkan adanya kesalahan tafsir atas hasil pemeriksaan [16], [19].

Prosedur yang mengatur bahwa skrining dilakukan secara preduktal maupun postduktal mengacu pada realitas bahwa hal ini mampu meningkatkan kemampuan deteksi beberapa jenis CCHD dan menghindari false positif [25]. Kecemasan orang tua berkaitan dengan hasil merupakan salah satu hambatan terbesar pelaksanaan

skrining CCHD karena dapat berujung pada penolakan. Selain itu, kecemasan orang tua juga dapat berimbas pada pemberian informasi palsu terkait Riwayat penyakit keluarga ataupun gejala yang berhubungan dengan CCHD. Edukasi yang adekuat tentang tujuan dan prosedur skrining CCHD pada masa prenatal sangat diperlukan selain untuk meminimalkan penolakan akibat kecemasan yang berlebihan juga mempercepat Tindakan karena kesadaran yang telah terbentuk akan memberikan tenaga kesehatan dalam memberikan perawatan dan pertolongan tanpa harus meminta persetujuan khusus orang tua. Guna memaksimalkan akurasi deteksi, diperlukan akses yang cepat terhadap pemeriksaan lanjutan menggunakan ekokardiografi. Ketersediaan telemedisin untuk dokter anak dapat diupayakan guna mempercepat penegakan diagnosis yang akurat guna menghindari keterlambatan deteksi dan komplikasi yang disebabkan penatalaksanaan tidak adekuat [11].

SIMPULAN

Semua bayi baru lahir harus di skrining rutin dengan teknik standar untuk pemberian perawatan awal bagi bayi penderita CCHD. Walaupun pelaksanaan POS secara rutin masih dalam perdebatan, namun beberapa kasus menunjukkan bahwa POS yang dilakukan dalam kurun waktu 24-48 jam terbukti efektif dalam mengenali gejala CCHD karena memungkinkan tindaklanjut segera bila ditemukan hasil positif. Intervensi ini akan mengurangi jumlah komplikasi pasca-kelahiran, memperbaiki prognosis penyakit jantung dan meningkatkan kualitas hidup. Dibutuhkan tenaga kesehatan yang kompeten dalam melakukan pengenalan CCHD melalui gejala klinis sehingga dapat segera dilakukan penegakkan diagnosis dan diperlukan dukungan fasilitas serta prosedur yang jelas, jumlah tenaga kesehatan yang mampu dan memadai untuk melakukan ekokardiografi. Penting diberikan pendidikan bagi calon orang tua tentang program skrining CCHD dimasa prenatal agar proses skrining dapat dilakukan sesuai prosedur tetap yang berlaku dan dapat segera ditindaklanjut bila ditemukan abnormalitas.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] F. AlAql, H. Khaleel, and V. Peter, "Universal screening for CCHD in Saudi Arabia: The road to a 'State of the Art' program," *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 6, no. 1, pp. 6–11, 2020, doi: 10.3390/ijns6010013.
- [2] P. C. Tsao *et al.*, "Development of a newborn screening program for critical congenital heart disease (CCHD) in Taipei," *PLoS One*, vol. 11, no. 4, pp. 1–11, 2016, doi: 10.1371/journal.pone.0153407.
- [3] M. J. Campbell, W. O. Quarshie, J. Faerber, D. J. Goldberg, C. E. Mascio, and J. J. Blinder, "Pulse Oximetry Screening Has Not Changed Timing of Diagnosis or Mortality of Critical Congenital Heart Disease," *Pediatr. Cardiol.*, vol. 41, no. 5, pp. 899–904, 2020, doi: 10.1007/s00246-020-02330-1.
- [4] Y. Singh and S. E. Chen, "Impact of pulse oximetry screening to detect congenital heart defects: 5 years' experience in a UK regional neonatal unit," *Eur. J. Pediatr.*, vol. 181, no. 2, pp. 813–821, 2022, doi: 10.1007/s00431-021-04275-w.
- [5] A. M. Tekleab and Y. C. Sewnet, "Role of pulse oximetry in detecting critical congenital heart disease among newborns delivered at a high altitude setting in Ethiopia," *Pediatr. Heal. Med. Ther.*, vol. 10, pp. 83–88, 2019, doi: 10.2147/phmt.s217987.
- [6] S. Al Zarouni *et al.*, "Impact of an electronic medical record-based automated screening program for critical congenital heart disease: Emirates Health Services, United Arab Emirates," *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–7, 2022, doi: 10.1186/s12911-022-01900-y.
- [7] M. Khalil, C. Jux, L. Ruebinger, J. Behrje, A. Esmaeili, and D. Schranz, "Acute therapy of newborns with critical congenital heart disease," *Transl. Pediatr.*, vol. 8, no. 2, pp. 114–

- 126, 2019, doi: 10.21037/tp.2019.04.06.
- [8] X. Zhang *et al.*, “The significance of an integrated management mode of prenatal diagnosis-postnatal treatment for critical congenital heart disease in newborns,” *Cardiovasc. Diagn. Ther.*, vol. 11, no. 2, pp. 447–456, 2021, doi: 10.21037/cdt-20-892.
- [9] A. Mukerji *et al.*, “Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in Ontario, Canada: a cost-effectiveness analysis,” *Can. J. Public Heal.*, vol. 111, no. 5, pp. 804–811, 2020, doi: 10.17269/s41997-019-00280-7.
- [10] H. Siefkes *et al.*, “Oxygen Saturation and Perfusion Index-Based Enhanced Critical Congenital Heart Disease Screening,” *Am. J. Perinatol.*, vol. 37, no. 2, pp. 158–165, 2020, doi: 10.1055/s-0039-1685445.
- [11] M. Kluckow, “Barriers to the implementation of newborn pulse oximetry screening: A different perspective,” *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.3390/ijns4010004.
- [12] J. S. Kim, M. W. Ariefdjohan, M. K. Sontag, and C. M. Rausch, “Pulse oximetry values in newborns with critical congenital heart disease upon ICU admission at altitude,” *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 4, no. 4, 2018, doi: 10.3390/ijns4040030.
- [13] B. Zheleva, S. M. Nair, A. Dobrzycka, and A. Saarinen, “Considerations for newborn screening for critical congenital heart disease in low-and middle-income countries,” *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 6, no. 2, pp. 3–7, 2020, doi: 10.3390/ijns6020049.
- [14] H. C. A. Bello *et al.*, “Oximetry and neonatal examination for the detection of critical congenital heart disease: A systematic review and meta-analysis.,” *F1000Research*, vol. 8, 2019, doi: 10.12688/f1000research.17989.1.
- [15] E. Withrow, C. Fussman, K. Thompson, and M. Kleyn, “Evaluation of Pulse Oximetry Screening Rates Among the Midwife-Attended Out-of-Hospital Birth Community in Michigan,” *J. Midwifery Women’s Heal.*, vol. 64, no. 4, pp. 421–426, 2019, doi: 10.1111/jmwh.12958.
- [16] G. Sotodate *et al.*, “Comparing risk factors associated with the late detection of critical congenital heart disease at different facility levels,” *J. Obstet. Gynaecol. Res.*, vol. 47, no. 3, pp. 961–967, 2021, doi: 10.1111/jog.14623.
- [17] O. Uygun *et al.*, “The value of peripheral perfusion index measurements for early detection of critical cardiac defects,” *Pediatr. Neonatol.*, vol. 60, no. 1, pp. 68–73, 2019, doi: 10.1016/j.pedneo.2018.04.003.
- [18] E. Cubells, B. Torres, A. Nuñez-Ramiro, M. Sánchez-Luna, I. Izquierdo, and M. Vento, “Congenital critical heart defect screening in a health area of the community of Valencia (Spain): A prospective observational study,” *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.3390/ijns4010003.
- [19] I. C. Narayen *et al.*, “Accuracy of Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Defects after Home Birth and Early Postnatal Discharge,” *J. Pediatr.*, vol. 197, pp. 29–35.e1, 2018, doi: 10.1016/j.jpeds.2018.01.039.
- [20] L. A. Hom and G. R. Martin, “Newborn critical congenital heart disease screening using pulse oximetry: Value and unique challenges in developing regions,” *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–5, 2020, doi: 10.3390/IJNS6030074.
- [21] B. Han, Y. Tang, X. Qu, C. Deng, X. Wang, and J. Li, “Comparison of the 1-year survival rate in infants with congenital heart disease diagnosed by prenatal and postnatal ultrasound A retrospective study,” *Med. (United States)*, vol. 100, no. 4, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1097/MD.00000000000023325.
- [22] P. M. Verheijen *et al.*, “Prenatal diagnosis of congenital heart disease affects preoperative acidosis in the newborn patient,” *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, vol. 121, no. 4, pp. 798–803, 2001, doi: 10.1067/mtc.2001.112825.
- [23] S. C. Papadakis GZ, Millo C, “乳鼠心肌提取 HHS Public Access,” *Nature*, vol. 456, no. 7223, pp. 814–818, 2008, doi: 10.1016/j.amjcard.2013.11.066.A.
- [24] A. T. Cave, S. A. Lowenstein, C. McBride, J. Michaud, E. J. Madriago, and C. Ronai,

- “Pulse Oximetry Screening and Critical Congenital Heart Disease in the State of Oregon,” *Clin. Pediatr. (Phila.)*, vol. 60, no. 6–7, pp. 290–297, 2021, doi: 10.1177/00099228211008704.
- [25] C. L. Diller, M. S. Kelleman, K. G. Kupke, S. C. Quary, L. K. Kochilas, and M. E. Oster, “A modified algorithm for critical congenital heart disease screening using pulse oximetry,” *Pediatrics*, vol. 141, no. 5, 2018, doi: 10.1542/peds.2017-4065.
- [26] W. T. Mahle *et al.*, “Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: A scientific statement from the American Heart Association and American Academy of Pediatrics,” *Circulation*, vol. 120, no. 5, pp. 447–458, 2009, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192576.
- [27] N. El Idrissi Slitine *et al.*, “Pulse oximetry and congenital heart disease screening: Results of the first pilot study in Morocco,” *Int. J. Neonatal Screen.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–7, 2020, doi: 10.3390/IJNS6030053.
- [28] D. Jain, M. Jain, and Y. Lamture, “Pulse Oximetry Screening for Detecting Critical Congenital Heart Disease in Neonates,” *Cureus*, vol. 14, no. 12, pp. 12–19, 2022, doi: 10.7759/cureus.32852.
- [29] I. K. Murni *et al.*, “Feasibility of screening for critical congenital heart disease using pulse oximetry in Indonesia,” *BMC Pediatr.*, pp. 4–11, 2022, doi: 10.1186/s12887-022-03404-0.
- [30] D. Dilli *et al.*, “Should we start a nationwide screening program for critical congenital heart disease in Turkey? A pilot study on four centres with different altitudes,” *Cardiol. Young*, vol. 29, no. 4, pp. 475–480, 2019, doi: 10.1017/S1047951119000052.
- [31] A. Henderson, D. Aguirre, A. Singh, and A. K. Ewer, “Temporal trends in routine pre-discharge pulse oximetry screening: 6 years experience in a UK regional neonatal unit,” *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.*, vol. 107, no. 3, pp. F256–F261, 2022, doi: 10.1136/archdischild-2021-322303.
- [32] G. R. Martin *et al.*, “Updated strategies for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease,” *Pediatrics*, vol. 146, no. 1, 2020, doi: 10.1542/peds.2019-1650.
- [33] S. Thangaratinam, K. Brown, J. Zamora, K. S. Khan, and A. K. Ewer, “Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: A systematic review and meta-analysis,” *Lancet*, vol. 379, no. 9835, pp. 2459–2464, 2012, doi: 10.1016/S0140-6736(12)60107-X.
- [34] L. A. Hom, C. Chan Salcedo, M. Revenis, and G. R. Martin, “Quality Improvement Interventions to Improve Critical Congenital Heart Disease Screening,” *Pediatr. Qual. Saf.*, vol. 4, no. 5, p. E221, 2019, doi: 10.1097/pq9.0000000000000221.
- [35] A. M. van Niekerk, R. M. Cullis, L. L. Linley, and L. Zühlke, “Feasibility of pulse oximetry pre-discharge screening implementation for detecting critical congenital heart lesions in newborns in a secondary-level maternity hospital in the Western Cape, South Africa: The ‘POPSICLe’ study,” *South African Med. J.*, vol. 106, no. 8, pp. 817–821, 2016, doi: 10.7196/SAMJ.2016.v106i8.10071.
- [36] Q. M. Zhao *et al.*, “Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in China: A prospective study,” *Lancet*, vol. 384, no. 9945, pp. 747–754, 2014, doi: 10.1016/S0140-6736(14)60198-7.
- [37] X. J. Hu *et al.*, “Pulse oximetry and auscultation for congenital heart disease detection,” *Pediatrics*, vol. 140, no. 4, 2017, doi: 10.1542/peds.2017-1154.