

Optimalisasi Layanan Laboratorium Kanker Payudara di Daerah Terpencil melalui Inovasi Teknologi dan Pendekatan Berbasis Komunitas

Sebrian Yusbani^{1,*}, Husni Ramadhani², Ferry Ardyansyah³, Abdul Rohman Wali⁴, Sri Murda Niati⁵

^{1,2,3,4,5} Laboratorium Teknologi Bioproses, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

¹sebrianyusbani@gmail.com; ²husniramadhamadan@gmail.com; ³ferryardiansyah2005@gmail.com;

⁴wali@polsri.ac.id; ⁵sri.murda.niati@polsri.ac.id

*email korespondensi : sebrianyusbani@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK

Kata Kunci:

Kanker Payudara
Layanan Laboratorium
Daerah Terpencil
Kesehatan Digital
Diagnosis Dini

Kanker payudara tetap menjadi salah satu penyebab utama kematian terkait kanker di kalangan wanita di seluruh dunia, dan diagnosis dini sangat penting untuk meningkatkan hasil pasien. Namun, akses ke layanan laboratorium di daerah terpencil sering terhambat oleh keterbatasan infrastruktur, kekurangan tenaga kesehatan terampil, logistik yang tidak memadai, dan hambatan geografis. Tinjauan ini bertujuan untuk merangkum strategi saat ini untuk meningkatkan akses ke layanan laboratorium kanker payudara di daerah yang kurang terlayani. Literatur yang relevan dianalisis untuk mengidentifikasi pendekatan utama, termasuk memperkuat infrastruktur perawatan kesehatan, menerapkan sistem rujukan hub-and-spoke, memanfaatkan telepatologi dan perangkat diagnostik portabel, meningkatkan kapasitas tenaga kesehatan, dan mengintegrasikan teknologi kesehatan digital. Intervensi berbasis masyarakat, pembiayaan berkelanjutan, dan kolaborasi multisektoral juga diakui sebagai komponen penting untuk keberlanjutan program jangka panjang. Selain itu, sistem transportasi yang inovatif dan pendekatan yang sensitif secara budaya dapat membantu mengatasi tantangan sosial dan geografis. Secara keseluruhan, meningkatkan akses ke layanan laboratorium kanker payudara membutuhkan strategi terintegrasi dan konteks khusus yang melibatkan inovasi teknologi, dukungan kebijakan, dan partisipasi aktif masyarakat. Upaya ini diharapkan dapat mengurangi kesenjangan dalam akses perawatan kesehatan dan memfasilitasi diagnosis dini dan hasil pengobatan yang lebih baik di antara pasien kanker payudara di daerah terpencil.

Keywords:

Breast Cancer
Laboratory Services
Remote Areas
Digital Health
Early Diagnosis

ABSTRACT

Breast cancer remains one of the leading causes of cancer-related mortality among women worldwide, and early diagnosis is crucial for improving patient outcomes. However, access to laboratory services in remote areas is often hindered by limited infrastructure, shortages of skilled healthcare personnel, inadequate logistics, and geographical barriers. This review aims to summarize current strategies for improving access to breast cancer laboratory services in underserved regions. Relevant literature was analyzed to identify key approaches, including strengthening healthcare infrastructure, implementing hub-and-spoke referral systems, utilizing telepathology and portable diagnostic devices, enhancing healthcare workforce capacity, and integrating digital health technologies. Community-based interventions, sustainable financing, and multisectoral collaborations were also recognized as essential components for long-term program sustainability. Furthermore, innovative transportation systems and culturally sensitive approaches may help overcome social and geographical challenges. Overall, improving access to breast cancer laboratory services requires an integrated and context-specific strategy involving technological innovation, policy support, and active community participation. These efforts are expected to reduce disparities in healthcare access and facilitate earlier diagnosis and better treatment outcomes among breast cancer patients in remote areas.

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



I. Pendahuluan

Salah satu penyebab kematian wanita di seluruh dunia adalah kanker payudara. Angka kematian yang tinggi disebabkan oleh keterlambatan diagnosis. Kondisi ini sering terjadi di wilayah terpencil yang kekurangan fasilitas dan pelayanan kesehatan [1], [2], [3]. Kondisi ini diperparah dengan minimnya deteksi dini melalui pemeriksaan laboratorium yang tepat. Padahal, pemeriksaan tahap awal kanker payudara merupakan langkah utama untuk meningkatkan peluang kesembuhan dan kualitas hidup mereka. Selain itu, perbedaan yang signifikan antara daerah perkotaan dan pedesaan dalam hal ketersediaan fasilitas, tenaga medis, dan infrastruktur kesehatan merupakan kesenjangan yang juga menjadi akar masalah [2], [4].

Kekurangan alat laboratorium menyebabkan proses skrining dan diagnosis kanker payudara tidak dapat dilakukan di banyak tempat di daerah terpencil. Hal ini semakin sulit dengan kondisi geografis yang ada, akses transportasi yang terbatas, dan kekurangan dukungan teknologi membuat keadaan menjadi semakin lebih buruk. Akibatnya, banyak kasus kanker payudara baru terdeteksi pada tahap stadium lanjut. Membuat penanganan menjadi lebih sulit dan kemungkinan hasil terapi menjadi menurun [2], [4].

Sehingga, diperlukan upaya dalam meningkatkan fasilitas kesehatan dasar, meningkatkan kapasitas tenaga kesehatan, dan memanfaatkan teknologi digital dalam sistem pelayanan kesehatan [5], [6]. Sangat penting untuk menggunakan pendekatan yang melibatkan aspek budaya, sosial, dan ekonomi untuk membangun sistem pelayanan yang lebih merata dan berkelanjutan [7], [8]. Dibutuhkan strategi yang komprehensif dan terintegrasi untuk meningkatkan akses ke pelayanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil. Sehingga setiap perempuan memiliki kesempatan yang sama untuk mendapatkan diagnosis dini dan penanganan yang optimal. Perencanaan yang tepat dan kerja sama lintas sektor diharapkan dapat mengurangi kesenjangan pelayanan kesehatan.

II. Metode

Studi ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur naratif untuk mengidentifikasi strategi untuk meningkatkan akses ke layanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil. Artikel yang relevan diambil dari beberapa database elektronik, termasuk PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar. Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci "kanker payudara", "layanan laboratorium", "daerah terpencil", "telepatologi", "kesehatan digital", "akses kesehatan", dan "diagnosis dini" [9].

Artikel yang diterbitkan dalam bahasa Indonesia antara 2022 dan 2026 dianggap memenuhi syarat untuk dimasukkan. Artikel penelitian asli, artikel ulasan, dan laporan dari organisasi internasional yang terkait dengan layanan diagnostik kanker payudara dan aksesibilitas perawatan kesehatan disertakan. Studi yang tidak terkait dengan layanan laboratorium, publikasi duplikat, abstrak konferensi tanpa teks lengkap, dan artikel dengan informasi yang tidak mencukupi dikecualikan.

Artikel yang dipilih disaring berdasarkan judul dan abstrak, dilanjutkan dengan evaluasi teks lengkap untuk menentukan relevansinya dengan tujuan penelitian ini. Informasi yang diekstraksi dari studi yang memenuhi syarat termasuk strategi untuk pembangunan infrastruktur, peningkatan kapasitas tenaga kerja kesehatan, implementasi telepatologi dan teknologi digital, sistem logistik, mekanisme rujukan, dan pendekatan berbasis masyarakat. Data yang dikumpulkan dianalisis secara deskriptif dan disintesis secara naratif untuk memberikan gambaran komprehensif tentang pendekatan saat ini untuk meningkatkan layanan laboratorium kanker payudara di daerah yang kurang terlayani dan terisolasi secara geografis.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Tinjauan literatur mengungkapkan beberapa strategi utama untuk meningkatkan akses ke layanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil. Pendekatan yang diidentifikasi terutama melibatkan penguatan infrastruktur kesehatan, inovasi teknologi, pengembangan sumber daya manusia, implementasi kesehatan digital, keterlibatan masyarakat, dan kebijakan kesehatan berkelanjutan. Memperkuat fasilitas kesehatan primer dan mendirikan laboratorium rujukan regional diidentifikasi sebagai strategi mendasar untuk meningkatkan aksesibilitas diagnostik. Model hub-and-spoke memungkinkan fasilitas kesehatan perifer untuk melakukan skrining awal dan pengumpulan spesimen, sementara laboratorium terpusat melakukan analisis yang lebih canggih. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia [2], [4].

Kemajuan teknologi ditemukan memainkan peran penting dalam mengatasi hambatan geografis. Sistem telepatologi memfasilitasi interpretasi jarak jauh dari gambar histopatologis oleh spesialis, sehingga mengurangi keterlambatan diagnosis. Selain itu, perangkat diagnostik portabel dan metode skrining berbasis biomarker memberikan peluang untuk deteksi dini di tingkat perawatan kesehatan primer. Beberapa penelitian menyoroti pentingnya pengembangan kapasitas tenaga kerja kesehatan. Program pelatihan berkelanjutan dan kolaborasi dengan pusat rujukan meningkatkan kemampuan tenaga kesehatan untuk melakukan pengambilan spesimen, prosedur laboratorium, dan identifikasi dini kasus kanker payudara [10], [11], [12].

Digitalisasi layanan kesehatan adalah temuan utama lainnya. Penerapan Sistem Informasi Laboratorium (LIS) dan sistem rujukan digital meningkatkan komunikasi antar fasilitas kesehatan, mempercepat proses pelaporan, dan mendukung pengambilan keputusan klinis yang tepat waktu. Intervensi berbasis komunitas juga ditemukan berkontribusi pada peningkatan partisipasi dalam program skrining kanker payudara. Kampanye pendidikan, keterlibatan tokoh masyarakat, dan strategi komunikasi yang sensitif secara budaya membantu mengurangi stigma sosial dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya diagnosis dini [13], [14].

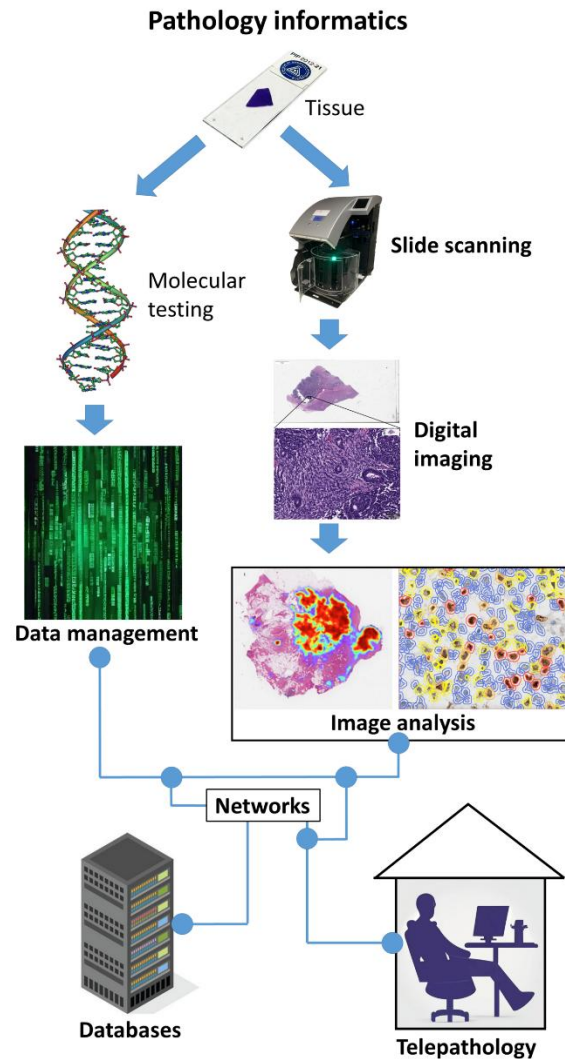
Selain itu, pembiayaan berkelanjutan dan kolaborasi multisektoral diidentifikasi sebagai komponen penting untuk memastikan keberhasilan program jangka panjang. Kemitraan yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, lembaga akademik, dan organisasi non-pemerintah berkontribusi pada pembangunan infrastruktur, pelatihan tenaga kerja, dan pengenalan teknologi diagnostik inovatif. Secara keseluruhan, temuan menunjukkan bahwa meningkatkan akses ke layanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil membutuhkan pendekatan terpadu yang menggabungkan inovasi teknologi, penguatan sistem perawatan kesehatan, partisipasi masyarakat, dan kebijakan yang mendukung. Strategi semacam itu diharapkan dapat mengurangi kesenjangan dalam akses perawatan kesehatan dan meningkatkan diagnosis dini dan hasil pengobatan di antara pasien kanker payudara [15], [16], [17], [18].

3.2 Pembahasan

Kanker payudara masih menjadi salah satu penyebab kematian utama wanita di seluruh dunia. Pemeriksaan laboratorium yang akurat dan deteksi dini sangat penting untuk penanganan yang tepat [1], [2], [3]. Namun, akses ke pelayanan laboratorium menjadi masalah besar di daerah terpencil diakibatkan keterbatasan infrastruktur, tenaga medis, dan distribusi fasilitas kesehatan. Akibatnya, terjadi disparitas dalam pelayanan kesehatan yang optimal antara daerah perkotaan dengan pedesaan. Untuk itu diperlukan peningkatan akses ke pelayanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil. Melalui mekanisme dan strategi yang komprehensif serta berkelanjutan agar akses ke pelayanan kesehatan dapat dirasakan oleh seluruh lapisan masyarakat tanpa terkecuali [2], [4].

Strategi utama dapat dilakukan dengan memperkuat infrastruktur kesehatan dasar. Agar dapat melakukan skrining awal sesuai dengan standar prosedur yang ada. Puskesmas dan fasilitas kesehatan tingkat pertama harus memiliki peralatan laboratorium dasar yang memadai [19], [20]. Selain itu, membangun laboratorium rujukan di seluruh wilayah juga merupakan salah satu cara yang dapat menjangkau banyak wilayah terpencil pada saat yang sama. Sistem rujukan yang efektif dapat digunakan untuk mengirimkan sampel dari wilayah yang jauh ke laboratorium untuk dianalisis [4], [21].

Dalam situasi seperti ini, salah satu cara untuk mengatasi keterbatasan geografis adalah dengan menggunakan teknologi telepathology. Tenaga medis di daerah terpencil dapat mengirimkan gambar hasil biopsi atau preparat jaringan ke ahli patologi di kota besar untuk dianalisis secara jarak jauh [10], [11], [12]. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 1. Selain itu, penggunaan perangkat diagnostik portabel yang lebih murah dapat membantu proses deteksi awal tanpa harus menunggu fasilitas tersedia sepenuhnya.



Gambar 1. Alur distribusi telepathology [22]

Tahap selanjutnya adalah meningkatkan kemampuan sumber daya manusia kesehatan. Tenaga kesehatan yang bekerja di daerah terpencil harus diberikan pelatihan dalam penggunaan alat laboratorium, pengambilan sampel, dan cara deteksi kanker payudara pada tahap awal. Hal ini dapat meningkatkan keahlian dan kepercayaan diri tenaga kesehatan lokal dalam menghadapi kondisi dan situasi yang ada di daerah tersebut [23], [24]. Selain itu, pendekatan berbasis komunitas juga penting. Dalam hal ini, dengan adanya kesadaran masyarakat terhadap gejala kanker payudara serta melakukan pemeriksaan dini secara berkala dapat membantu meningkatkan peluang kesembuhan, karena semakin cepat terdeteksi maka pengobatan dapat dilakukan sedini mungkin. Di sisi lain, keterlibatan kader kesehatan, tokoh masyarakat, dan organisasi lokal dapat membantu menjangkau kelompok yang sulit diakses dan mengurangi stigma yang sering terjadi di masyarakat [25], [26].

Kebijakan yang mendukung dan ketersediaan dana juga sangat penting. Pengembangan pelayanan laboratorium di daerah terpencil memerlukan anggaran khusus, termasuk subsidi biaya pemeriksaan bagi masyarakat kurang mampu. Alternatif lainnya, untuk mempercepat penyediaan fasilitas dan teknologi dilakukan kolaborasi dengan organisasi swasta dan non-pemerintah [27], [28]. Setelah itu, sistem logistik yang efisien juga harus dikembangkan untuk memastikan pengiriman sampel berjalan dengan baik dengan menerapkan sistem rantai dingin atau chain cold, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Selain itu, transportasi yang terjadwal juga memungkinkan kualitas sampel dipertahankan hingga sampai ke laboratorium rujukan. Di sisi lain, beberapa negara sedang mengembangkan inovasi baru untuk mengirimkan sampel melalui drone. Teknologi baru ini mungkin bermanfaat di area yang sulit dijangkau [29], [30].



Gambar 2. Sistem distribusi rantai dingin [31]

Meskipun berbagai cara mengidentifikasi hasil yang baik. Namun, permasalahan masih tetap ada, seperti keterbatasan jaringan listrik dan internet, serta kondisi geografis yang sulit. Oleh karena itu, sangat penting untuk menggunakan pendekatan yang sesuai dengan lingkungan yang ada. Evaluasi rutin juga sangat penting untuk memastikan bahwa program berjalan dengan baik. Singkatnya, untuk meningkatkan akses ke pelayanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil, diperlukan kolaborasi lintas sektor, pemanfaatan teknologi, dan komitmen jangka panjang. Dengan rencana yang tepat, perbedaan pelayanan kesehatan antara kota dan pedesaan dapat dikurangi. Sehingga, lebih banyak pasien memiliki kesempatan untuk mendapatkan penanganan yang optimal dan diagnosis yang tepat [32], [33].

Di sisi lain, ada kebutuhan untuk pengembangan inovasi dalam teknik diagnostik. Penggunaan tes berbasis biomarker sederhana dapat dilakukan di fasilitas kesehatan primer yang akan sangat membantu untuk skrining awal. Misalnya, bermanfaat untuk pengembangan tes darah yang menunjukkan tanda-tanda kanker payudara sebelum pasien dirujuk untuk pemeriksaan lanjutan seperti biopsi atau histopatologi [34]. Di lain hal, sistem digitalisasi kesehatan sangat membantu dalam pencatatan, pemantauan, dan pengiriman hasil pemeriksaan secara elektronik. Dengan menggunakan Sistem Informasi Laboratorium (LIS) yang terintegrasi, pasien tidak perlu kembali ke fasilitas kesehatan hanya untuk mengambil hasil pemeriksaan. Selain itu, tenaga medis dapat membuat keputusan klinis



dengan cepat, seperti yang terlihat pada Gambar 3 [13], [14].

Gambar 3. Mekanisme kerja *laboratory information system* [35]

Pada tahap berikutnya, pendekatan transportasi kreatif menjadi semakin penting dalam kondisi geografis yang sulit. Menggunakan alat transportasi lokal seperti ojek atau perahu di kepulauan dapat membantu distribusi sampel lebih efisien daripada menggunakan drone. Sistem pemantauan pengiriman dan penjadwalan yang teratur memastikan kualitas sampel tetap terjaga dan waktu tempuh dapat diprediksi. Untuk memperluas pendekatan berbasis kebijakan, desentralisasi pelayanan kesehatan juga diperlukan. Pemerintah daerah harus membuat dan mendukung solusi yang ada. Ini mencakup fleksibilitas dalam hal pengelolaan anggaran, pembelian peralatan medis, dan perekrutan tenaga medis. Oleh karena itu, kebijakan harus dibuat dengan mempertimbangkan kondisi yang ada [15], [16].

Terakhir, pendekatan berbasis budaya harus dipertimbangkan untuk memastikan bahwa pelayanan yang diberikan dapat diterima oleh masyarakat setempat. Kepercayaan seseorang terhadap tenaga kesehatan, pengetahuan mereka tentang penyakit, dan norma sosial dapat mempengaruhi keputusan mereka untuk menjalani pemeriksaan. Dengan menggunakan tokoh adat dan komunikasi berbasis budaya lokal, hambatan sosial dapat dikurangi. Untuk meningkatkan akses ke pelayanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil, tidak hanya diperlukan solusi teknis namun diperlukan pendekatan sistemik yang melibatkan aspek sosial, ekonomi, dan budaya. Strategi yang terintegrasi dan berfokus pada kebutuhan lokal diharapkan dapat mengurangi disparitas pelayanan. Ini akan memastikan bahwa setiap orang memiliki kesempatan yang sama untuk mendapatkan pelayanan kesehatan berkualitas tinggi tanpa memandang kondisi geografis [17], [18].

Dalam kondisi ini, pengembangan mobil laboratorium keliling atau model pelayanan bergerak juga penting, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Unit ini dapat beroperasi secara berkala dengan jadwal yang ditetapkan. Memungkinkan masyarakat mendapatkan pelayanan yang mereka butuhkan dengan tepat waktu. Laboratorium bergerak dapat digunakan bersama dengan skrining massal dan pendidikan kesehatan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat. Rantai pasokan bahan habis pakai dan alat juga sangat penting. Banyak operasi laboratorium terhambat karena kekurangan alat. Ini terjadi karena kekurangan reagen atau bahan pendukung lainnya. Oleh karena itu, sistem distribusi yang kuat dan



manajemen inventaris yang baik diperlukan. Teknologi sederhana seperti aplikasi pencatatan stok berbasis ponsel dapat membantu profesional kesehatan memantau ketersediaan bahan secara real-time [36].

Gambar 4. Mobil laboratorium keliling [37]

Di sisi lain, tenaga kesehatan yang bekerja di daerah terpencil harus diberikan insentif lebih. Karena masalah geografis dan keterbatasan fasilitas, tenaga kesehatan sering enggan ditempatkan di wilayah terpencil. Dengan memberikan insentif, peluang pengembangan karier, dan dukungan tempat tinggal yang layak, pemerintah dapat menarik dan mempertahankan tenaga kesehatan yang kompeten [38], [39]. Selain itu, program task shifting yakni pelimpahan tugas tertentu kepada tenaga kesehatan yang telah menerima pelatihan khusus, dapat membantu mengatasi kekurangan tenaga ahli. Sehingga kekurangan tenaga kesehatan di wilayah terpencil dapat teratasi.

IV. Kesimpulan

Partisipasi aktif masyarakat sangat penting dalam menyukseskan pelayanan laboratorium kanker payudara di daerah terpencil. Pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat dari perencanaan

hingga evaluasi telah terbukti dapat menjamin keberlanjutan program. Keterlibatan ini dapat meningkatkan pelayanan, kesadaran, dan kepercayaan masyarakat terhadap pentingnya deteksi dini. Upaya untuk meningkatkan akses tersebut memerlukan kerja sama yang kompleks antara kemajuan teknologi, fleksibilitas kebijakan, dan pemberdayaan masyarakat. Dengan implementasi yang tepat dan evaluasi yang berkelanjutan, perbedaan pelayanan kesehatan antara wilayah perkotaan dan pedesaan dapat dikurangi. Ini akan memungkinkan pengobatan dan deteksi dini kanker payudara dapat dilakukan secara lebih merata dan efisien. Program ini tidak hanya dievaluasi berdasarkan ketersediaan fasilitas, tetapi juga berdasarkan dampaknya terhadap penurunan angka harapan hidup pasien dan keterlambatan diagnosis. Untuk itu metrik kinerja yang jelas harus diterapkan untuk setiap program.

Pada akhirnya, setiap orang, termasuk pemerintah, tenaga kesehatan, sektor swasta, dan masyarakat, bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pelayanan kesehatan diberikan secara merata. Dengan kolaborasi yang kuat, kebijakan yang tepat, dan inovasi yang berkelanjutan, pelayanan kesehatan di daerah terpencil dapat menjadi lebih inklusif, responsif, dan berkualitas. Hal ini diharapkan akan meningkatkan peluang bagi setiap perempuan untuk mendapatkan diagnosis dini dan penanganan kanker payudara yang optimal tanpa terhalang oleh kondisi geografis.

Daftar Pustaka

- [1] A. Afaya *et al.*, "Health system barriers influencing timely breast cancer diagnosis and treatment among women in low and middle-income Asian countries: evidence from a mixed-methods systematic review," *BMC Health Serv Res*, vol. 22, no. 1, p. 1601, Dec. 2022, doi: 10.1186/s12913-022-08927-x.
- [2] A. D. Wilkerson, C. K. Gentle, C. Ortega, and Z. Al-Hilli, "Disparities in Breast Cancer Care—How Factors Related to Prevention, Diagnosis, and Treatment Drive Inequity," *Healthcare*, vol. 12, no. 4, p. 462, Feb. 2024, doi: 10.3390/healthcare12040462.
- [3] X. Xiong *et al.*, "Breast cancer: pathogenesis and treatments," *Sig Transduct Target Ther*, vol. 10, no. 1, p. 49, Feb. 2025, doi: 10.1038/s41392-024-02108-4.
- [4] I. Mupunga *et al.*, "A qualitative evaluation of access to essential laboratory services for communicable diseases at the primary health care level in the Western Pacific Region," *Trop Med Health*, vol. 53, no. 1, p. 156, Nov. 2025, doi: 10.1186/s41182-025-00797-3.
- [5] D. Erku *et al.*, "Digital Health Interventions to Improve Access to and Quality of Primary Health Care Services: A Scoping Review," *IJERPH*, vol. 20, no. 19, p. 6854, Sep. 2023, doi: 10.3390/ijerph20196854.
- [6] A. Owoyemi *et al.*, "Digital Solutions for Community and Primary Health Workers: Lessons From Implementations in Africa," *Front. Digit. Health*, vol. 4, p. 876957, Jun. 2022, doi: 10.3389/fdgth.2022.876957.
- [7] S. Burlacu, C.-V. Rădulescu, E. P. Bălu, and F. Dobre, "Socio-cultural Sustainability for Resilience in Public Services: Strategies for Achieving Inclusive and Equitable Service Delivery," *EJSD*, vol. 12, no. 3, p. 29, Oct. 2023, doi: 10.14207/ejsd.2023.v12n3p29.
- [8] WHO, *Health Systems Resilience Toolkit: A WHO Global Public Health Good to Support Building and Strengthening of Sustainable Health Systems Resilience in Countries with Various Contexts*, 1st ed. Geneva: World Health Organization, 2022.
- [9] L. Chuvita, E. A. M. Sampetoding, Y. S. Pongtambing, E. Christiana, and Y. A. M. Ambabunga, "Studi Litelatur Penerapan Internet of Things pada Kesehatan Mental: A Literature Review: The Application of IoT in Mental Health," *dynamicsaint*, vol. 7, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.47178/dynamicsaint.v7i1.1458.
- [10] J. M. Petersen, "The Critical Value of Telepathology in the COVID-19 Era," *Federal Practitioner*, vol. 40, no. 6, Jun. 2023, doi: 10.12788/fp.0381.
- [11] J. Shi *et al.*, "Telepathology and Mobile Health System for Province-Wide Pathology Consultation in Henan, China: Retrospective Evaluation Study," *J Med Internet Res*, vol. 28, p. e75172, Mar. 2026, doi: 10.2196/75172.
- [12] L. Wang, F. Cui, and X. He, "Telepathology Development and Stakeholder Perspectives in China: Cross-Sectional Survey," *JMIR Med Inform*, vol. 14, pp. e83514–e83514, Mar. 2026, doi: 10.2196/83514.
- [13] D. K. Lintang, K. Widatama, and I. Y. Pasa, "Bridging Data Sistem Informasi Rumah Sakit (SIMRS) Dan Laboratory Information System (LIS)," *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 05, no. 02, pp. 92–106, 2022.

- [14] C. M. Sergi, "Implementing Epic Beaker Laboratory Information System for Diagnostics in Anatomic Pathology," *RMHP*, vol. Volume 15, pp. 323–330, Feb. 2022, doi: 10.2147/RMHP.S332109.
- [15] W. Shan *et al.*, "Community boat service to promote institutional delivery in the Philippines: a mixed-methods study of a social innovation," *bmjph*, vol. 2, no. 2, p. e001419, Nov. 2024, doi: 10.1136/bmjph-2024-001419.
- [16] R. Syafitri, S. Suryaningsih, C. Casiavera, N. Niko, and S. Wahyuni, "Breaking Barriers: Healthcare Access for the Suku Laut's Elderly, Mothers, and Children," *BIO Web Conf.*, vol. 134, p. 07003, 2024, doi: 10.1051/bioconf/202413407003.
- [17] E. Austin, N. Ward, J. Otto, K. Green, and H. Watson, "Assessing the Impact of Culture: A Systematic Analysis of Culture-Based Interventions and Evaluations," *Front. Future Transp.*, vol. 3, p. 917915, Jul. 2022, doi: 10.3389/ffutr.2022.917915.
- [18] D. A. Cipta *et al.*, "Culturally sensitive patient-centered healthcare: a focus on health behavior modification in low and middle-income nations—insights from Indonesia," *Front. Med.*, vol. 11, p. 1353037, Apr. 2024, doi: 10.3389/fmed.2024.1353037.
- [19] I. Subhi, W. H. Cahyati, and I. Zainafree, "Service Strengthening Strategy Primary Through Engagement Health Cadres in The Community," vol. 8, no. 2, 2025.
- [20] WHO, "Strengthening primary health care as a key element towards achieving universal health coverage," *World Health Organization of South-East Asia*, vol. SEA/RC76/3, pp. 1–10, 2023.
- [21] M. A. Price *et al.*, "Region-specific laboratory reference intervals are important: A systematic review of the data from Africa," *PLOS Glob Public Health*, vol. 2, no. 11, p. e0000783, Nov. 2022, doi: 10.1371/journal.pgph.0000783.
- [22] AIIC, "Digital Pathology E AI-L'esperienza Dell'aou Federico II Di Napoli." Accessed: Apr. 27, 2026. [Online]. Available: <https://www.convegnonazionaleaiic.it/2024/digital-pathology-e-ai-lesperienza-dellaou-federico-ii-di-napoli/index.htm>
- [23] S. Sayed *et al.*, "Training health workers in clinical breast examination for early detection of breast cancer in low- and middle-income countries," *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 2023, no. 4, Apr. 2023, doi: 10.1002/14651858.CD012515.pub2.
- [24] A. Uwimana *et al.*, "Integrating Breast Cancer Early Detection Into a Resource-Constrained Primary Health Care System: Health Care Workers' Experiences in Rwanda," *JCO Global Oncology*, no. 8, p. e2200181, Dec. 2022, doi: 10.1200/GO.22.00181.
- [25] O. Ayaad *et al.*, "Breast Cancer Awareness, Screening Practices, Barriers, and Educational Interventions in Middle Eastern Countries: Challenges and Successes," *Asian Pac J Cancer Biol*, vol. 10, no. 1, pp. 251–260, 2025.
- [26] R. K. Sangwan *et al.*, "Strengthening breast cancer screening program through health education of women and capacity building of primary healthcare providers," *Front. Public Health*, vol. 11, p. 1276853, Nov. 2023, doi: 10.3389/fpubh.2023.1276853.
- [27] D. Boccia, S. Maritano, C. Pizzi, M. G. Richiardi, S. Lioret, and L. Richiardi, "The impact of income-support interventions on life course risk factors and health outcomes during childhood: a systematic review in high income countries," *BMC Public Health*, vol. 23, no. 1, p. 744, Apr. 2023, doi: 10.1186/s12889-023-15595-x.
- [28] A. Whitman, N. D. Lew, A. Chappel, V. Aysola, R. Zuckerman, and B. D. Sommers, "Addressing Social Determinants of Health: Examples of Successful Evidence-Based Strategies and Current Federal Efforts," 2022.
- [29] E. A. Andoh and H. Yu, "A two-stage decision-support approach for improving sustainable last-mile cold chain logistics operations of COVID-19 vaccines," *Ann Oper Res*, vol. 328, no. 1, pp. 75–105, Sep. 2023, doi: 10.1007/s10479-022-04906-x.
- [30] J. Gillespie *et al.*, "Real-Time Anomaly Detection in Cold Chain Transportation Using IoT Technology," *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2255, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15032255.
- [31] Advotics, "Rantai Dingin (Cold Chain) & Penerapannya dalam Distribusi Vaksin." Accessed: Apr. 27, 2026. [Online]. Available: [https://www.advotics.com/sistem-rantai-dingin/Rantai Dingin \(Cold Chain\) & Penerapannya dalam Distribusi Vaksin](https://www.advotics.com/sistem-rantai-dingin/Rantai Dingin (Cold Chain) & Penerapannya dalam Distribusi Vaksin)
- [32] P. Allen, C. Walsh-Bailey, J. Hunleth, B. J. Carothers, and R. C. Brownson, "Facilitators of Multisector Collaboration for Delivering Cancer Control Interventions in Rural Communities: A Descriptive Qualitative Study," *Prev. Chronic Dis.*, vol. 19, p. 210450, Aug. 2022, doi: 10.5888/pcd19.210450.

-
- [33] C. Myers, B. Durvy, J. Ghattas, G. Scarpetti, S. Merkur, and F. Tille, "Reducing inequalities in cancer care; A health system approach," *European Observatory on Health Systems and Policies a Partnership Hosted by WHO*, pp. 1–30, 2025.
 - [34] Q. Zhao, C. Zhang, W. Zhang, S. Zhang, Q. Liu, and Y. Guo, "Applications and challenges of biomarker-based predictive models in proactive health management," *Front. Public Health*, vol. 13, p. 1633487, Aug. 2025, doi: 10.3389/fpubh.2025.1633487.
 - [35] Intellitec, "Laboratory Information System (LIS) for Small to Mid-Sized Medical Laboratories." Accessed: Apr. 27, 2026. [Online]. Available: <https://www.intellitec.de/lis-solutions/>
 - [36] R. Mushasha *et al.*, "Existing operational standards for field deployments of rapid response mobile laboratories: a scoping review," *Front. Public Health*, vol. 12, p. 1455738, Nov. 2024, doi: 10.3389/fpubh.2024.1455738.
 - [37] BPOM, "Balai Besar POM di Makassar Melaksanakan Mobil Laboratorium Keliling Kosmetika Aman (Molkika) di Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan." Accessed: Apr. 27, 2026. [Online]. Available: [https://www.pom.go.id/berita/balai-besar-pom-di-makassar-melaksanakan-mobil-laboratorium-keliling-kosmetika-aman-\(molkika\)-di-kabupaten-bantaeng,-sulawesi-selatan](https://www.pom.go.id/berita/balai-besar-pom-di-makassar-melaksanakan-mobil-laboratorium-keliling-kosmetika-aman-(molkika)-di-kabupaten-bantaeng,-sulawesi-selatan)
 - [38] K. Arredondo, H. N. Touchett, S. Khan, M. Vincenti, and B. V. Watts, "Current Programs and Incentives to Overcome Rural Physician Shortages in the United States: A Narrative Review," *J GEN INTERN MED*, vol. 38, no. S3, pp. 916–922, Jul. 2023, doi: 10.1007/s11606-023-08122-6.
 - [39] P. Phanthunane, A. Suwatmakin, N. Konglumpun, and S. Pannarunothai, "Job incentives influencing health professionals working in rural and remote areas in Thailand: finding from discrete choice experiment to policy recommendation," *BMC Health Serv Res*, vol. 25, no. 1, p. 254, Feb. 2025, doi: 10.1186/s12913-025-12408-2.