

**EVALUASI SISTEM RANTAI DINGIN (COLD CHAIN) VAKSIN
PADA PROGRAM IMUNISASI: LITERATURE REVIEW**

**Mega Assyfaa Fauzia¹, Ria Rosjayanti², Nugroho Dwi Atmojo³, Tubagus Mumtaz
Elfikri⁴, Budi Hartono⁵**

assyfaamega@gmail.com¹, riarosrosja@gmail.com², satrionugroho100811@gmail.com³,
tbmumtaz.08@gmail.com⁴

Universitas Respati Indonesia^{1,2,3,4}, Universitas Hang Tuah Pekanbaru⁵

ABSTRAK

Program imunisasi merupakan salah satu intervensi kesehatan masyarakat yang paling efektif dalam menurunkan angka kesakitan, kecacatan, dan kematian akibat penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi (PD3I). Keberhasilan program imunisasi tidak hanya dipengaruhi oleh cakupan vaksinasi, tetapi juga oleh kualitas vaksin yang dipertahankan melalui sistem rantai dingin (cold chain). Sistem cold chain merupakan rangkaian penyimpanan, transportasi, dan distribusi vaksin dengan suhu tertentu sejak diproduksi hingga diberikan kepada sasaran imunisasi. Gangguan pada sistem rantai dingin dapat menyebabkan penurunan potensi vaksin sehingga efektivitas imunisasi menjadi berkurang. Tujuan literature review ini adalah mengevaluasi implementasi sistem cold chain vaksin dalam mendukung kebijakan akses produk medis/vaksin serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya. Metode yang digunakan adalah literature review dengan menelaah artikel ilmiah nasional dan internasional yang dipublikasikan pada tahun 2019–2025 melalui database Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, dan WHO. Artikel dipilih berdasarkan kesesuaian dengan topik evaluasi cold chain vaksin pada program imunisasi. Hasil sintesis menunjukkan bahwa implementasi sistem rantai dingin masih menghadapi berbagai permasalahan, antara lain keterbatasan infrastruktur, gangguan pemantauan suhu, variasi kompetensi petugas, serta belum optimalnya tata kelola logistik vaksin. Evaluasi juga menunjukkan bahwa penguatan tata kelola cold chain perlu dilakukan melalui penyediaan infrastruktur yang memenuhi standar, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, digitalisasi sistem monitoring suhu, optimalisasi distribusi logistik, serta monitoring dan evaluasi menggunakan pendekatan Effective Vaccine Management (EVM). Implementasi strategi tersebut berpotensi meningkatkan mutu vaksin, mengurangi vaccine wastage, serta mendukung keberhasilan program imunisasi nasional.

Kata Kunci: Cold Chain, Vaksin, Imunisasi, Rantai Dingin, Implementasi Kebijakan, Literature Review.

ABSTRACT

Immunization programs are among the most effective public health interventions for reducing morbidity, disability, and mortality associated with vaccine-preventable diseases (VPDs). The success of immunization programs depends not only on vaccination coverage but also on vaccine quality, which is maintained through the cold chain system. The cold chain system encompasses the storage, transport, and distribution of vaccines at specific temperatures from the point of production to administration to the target population. Disruptions to the cold chain system can compromise vaccine potency, thereby reducing immunization effectiveness. This literature review aims to evaluate the implementation of vaccine cold chain systems in support of policies regarding access to medical products and vaccines, and to identify the factors influencing their success. The study employed a literature review methodology, analyzing national and international scientific articles published between 2019 and 2025 via databases such as Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, and the WHO. Articles were selected based on their relevance to the topic of vaccine cold chain evaluation within immunization programs. The synthesis of findings indicates that cold chain system implementation still faces various challenges, including infrastructure limitations, temperature monitoring issues, varying levels of staff competence, and suboptimal vaccine logistics management. The evaluation further suggests that strengthening cold chain management requires the provision of standards-compliant infrastructure, human resource capacity building, digitalization of

temperature monitoring systems, optimization of logistics distribution, and monitoring and evaluation using the Effective Vaccine Management (EVM) approach. Implementing these strategies has the potential to enhance vaccine quality, reduce vaccine wastage, and support the success of national immunization programs.

Keywords: Cold Chain, Vaccine, Immunization, Policy Implementation, Literature Review.

PENDAHULUAN

Program imunisasi merupakan salah satu intervensi kesehatan masyarakat yang paling efektif dan efisien dalam mencegah penyakit menular, menurunkan angka kesakitan (morbidity), kecacatan (disability), dan kematian (mortality), khususnya pada bayi dan anak. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan bahwa imunisasi mampu mencegah sekitar 3,5–5 juta kematian setiap tahun akibat penyakit seperti difteri, tetanus, pertusis, influenza, campak, dan poliomielitis. Selain menyelamatkan jutaan nyawa, imunisasi juga memberikan manfaat ekonomi melalui pengurangan biaya pengobatan, peningkatan produktivitas masyarakat, dan penguatan ketahanan sistem kesehatan. Oleh karena itu, imunisasi menjadi salah satu indikator utama dalam pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) 2030, khususnya tujuan ketiga yaitu Good Health and Well-being, serta menjadi prioritas dalam Immunization Agenda 2030 (IA2030) yang menargetkan setiap individu memperoleh akses terhadap vaksin yang aman, efektif, dan berkualitas tanpa terkecuali.

Meskipun manfaat imunisasi telah terbukti secara ilmiah, keberhasilan program imunisasi tidak hanya ditentukan oleh tingginya cakupan imunisasi, tetapi juga oleh kualitas vaksin yang digunakan. Vaksin merupakan produk biologis yang sangat sensitif terhadap perubahan suhu, paparan cahaya, serta kondisi lingkungan selama proses penyimpanan dan distribusi. Paparan suhu di luar rentang yang direkomendasikan dapat menyebabkan kerusakan struktur antigen vaksin sehingga potensi imunogenisitasnya menurun bahkan hilang secara permanen. Kerusakan tersebut umumnya tidak dapat dideteksi secara visual, sehingga vaksin yang secara fisik tampak baik belum tentu masih memiliki efektivitas dalam membentuk kekebalan tubuh. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kegagalan imunisasi (vaccine failure), munculnya kembali penyakit yang sebenarnya dapat dicegah, serta menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap program imunisasi.

Untuk menjamin mutu vaksin hingga diterima oleh masyarakat, diterapkan sistem rantai dingin (cold chain), yaitu suatu sistem yang memastikan vaksin selalu berada pada suhu yang sesuai sejak diproduksi, disimpan, didistribusikan, hingga diberikan kepada sasaran. Sebagian besar vaksin Program Imunisasi Nasional harus dipertahankan pada suhu 2°C hingga 8°C, sedangkan beberapa jenis vaksin memiliki persyaratan penyimpanan khusus. Sistem rantai dingin mencakup berbagai komponen, mulai dari gudang penyimpanan nasional, cold room, walk-in freezer, vaccine refrigerator, cold box, vaccine carrier, ice pack, freeze tag, temperature data logger, Vaccine Vial Monitor (VVM), kendaraan distribusi berpendingin, hingga prosedur operasional standar dan tenaga kesehatan yang kompeten dalam pengelolaannya. Kegagalan pada salah satu komponen tersebut dapat memengaruhi keseluruhan sistem dan menurunkan kualitas vaksin yang diterima masyarakat.

Dalam beberapa dekade terakhir, pengelolaan rantai dingin menjadi perhatian global karena meningkatnya kompleksitas program imunisasi. Bertambahnya jenis vaksin baru, seperti vaksin pneumokokus, rotavirus, HPV, dan vaksin COVID-19, menuntut kapasitas penyimpanan yang lebih besar, teknologi pemantauan suhu yang lebih canggih, serta sistem logistik yang lebih adaptif. Pandemi COVID-19 menjadi contoh nyata bagaimana keberhasilan program vaksinasi sangat bergantung pada kesiapan sistem rantai dingin.

Beberapa vaksin COVID-19 bahkan memerlukan penyimpanan pada suhu sangat rendah (ultra-cold chain), sehingga banyak negara melakukan investasi besar dalam infrastruktur logistik, teknologi pemantauan suhu digital, dan sistem distribusi berbasis informasi untuk menjaga kualitas vaksin selama proses pengiriman. Pengalaman tersebut menunjukkan bahwa penguatan cold chain merupakan investasi strategis yang tidak hanya penting dalam situasi pandemi, tetapi juga dalam menjaga keberlanjutan program imunisasi rutin.

Secara global, WHO bersama UNICEF mengembangkan Effective Vaccine Management (EVM) sebagai kerangka evaluasi untuk menilai kinerja sistem logistik vaksin di berbagai negara. EVM mengevaluasi sembilan komponen utama, yaitu manajemen vaksin, kapasitas penyimpanan, distribusi, pemeliharaan peralatan, sistem informasi, pengelolaan stok, monitoring suhu, kepatuhan terhadap standar operasional, dan kapasitas sumber daya manusia. Hasil evaluasi EVM di berbagai negara menunjukkan bahwa tantangan utama implementasi cold chain masih meliputi keterbatasan infrastruktur di wilayah terpencil, gangguan pasokan listrik, kurangnya pemeliharaan peralatan, lemahnya sistem dokumentasi suhu, serta belum optimalnya kompetensi petugas imunisasi. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya fluktuasi suhu selama penyimpanan dan distribusi yang berpotensi menurunkan kualitas vaksin sebelum digunakan.

Meskipun pemerintah Indonesia telah memperkuat sistem logistik vaksin melalui penerapan Effective Vaccine Management (EVM) dan berbagai kebijakan pengelolaan imunisasi, berbagai hasil evaluasi masih menunjukkan adanya permasalahan pada sistem rantai dingin di fasilitas pelayanan kesehatan. Hasil Effective Vaccine Management Assessment yang dilakukan WHO dan Kementerian Kesehatan menunjukkan bahwa masih terdapat fasilitas pelayanan kesehatan yang belum memenuhi standar pengelolaan cold chain, terutama pada aspek pemantauan suhu, pemeliharaan peralatan, kapasitas penyimpanan, dan manajemen distribusi vaksin. Meskipun pemerintah Indonesia telah memperkuat sistem logistik vaksin melalui penerapan Effective Vaccine Management (EVM) dan berbagai kebijakan penyelenggaraan imunisasi, hasil evaluasi WHO dan UNICEF menunjukkan bahwa masih terdapat berbagai kesenjangan dalam implementasi sistem rantai dingin di berbagai negara, terutama pada aspek kapasitas penyimpanan vaksin, pemeliharaan peralatan, pemantauan suhu, sistem distribusi, dan kompetensi sumber daya manusia. Hasil Effective Vaccine Management Assessment merekomendasikan bahwa setiap komponen sistem logistik vaksin sebaiknya mencapai skor minimal 80% untuk menjamin mutu vaksin selama proses penyimpanan dan distribusi. Namun demikian, berbagai negara berpendapatan rendah dan menengah, termasuk Indonesia, masih menghadapi tantangan dalam memenuhi standar tersebut sehingga diperlukan penguatan tata kelola cold chain secara berkelanjutan.

Di Indonesia, berbagai penelitian menunjukkan bahwa implementasi sistem rantai dingin masih menghadapi berbagai kendala, antara lain ketidaksesuaian pencatatan suhu harian, keterlambatan kalibrasi refrigerator vaksin, keterbatasan pemeliharaan peralatan, belum optimalnya monitoring suhu selama distribusi, serta variasi kompetensi petugas imunisasi. Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya temperature excursion yang dapat menyebabkan penurunan potensi vaksin, meningkatnya vaccine wastage, serta menurunkan efektivitas program imunisasi apabila tidak segera ditangani melalui tata kelola logistik yang lebih baik.

Permasalahan cold chain juga dipengaruhi oleh karakteristik geografis Indonesia sebagai negara kepulauan yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dengan akses transportasi yang tidak merata. Distribusi vaksin menuju daerah terpencil, perbatasan, dan kepulauan terluar menghadapi berbagai tantangan seperti keterbatasan listrik, lamanya waktu distribusi, cuaca ekstrem, serta keterbatasan infrastruktur logistik. Akibatnya, risiko

terputusnya rantai dingin menjadi lebih tinggi dibandingkan negara dengan wilayah geografis yang lebih sederhana. Apabila kondisi tersebut tidak ditangani secara optimal, maka kualitas vaksin dapat menurun sehingga efektivitas program imunisasi dan pencapaian target Immunization Agenda 2030 berpotensi terganggu.

Di Indonesia, pemerintah telah menunjukkan komitmen kuat dalam memperkuat sistem imunisasi melalui berbagai kebijakan, di antaranya Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan, Peraturan Menteri Kesehatan mengenai penyelenggaraan imunisasi, serta transformasi sistem kesehatan yang menempatkan peningkatan pelayanan primer sebagai salah satu pilar utama. Program imunisasi nasional terus berkembang dengan penambahan jenis vaksin dalam imunisasi rutin lengkap dan perluasan cakupan sasaran. Namun, keberhasilan implementasi kebijakan tersebut sangat bergantung pada kesiapan sistem rantai dingin di seluruh tingkatan pelayanan kesehatan, mulai dari gudang vaksin nasional, dinas kesehatan provinsi dan kabupaten/kota, hingga puskesmas, rumah sakit, klinik, dan pos pelayanan imunisasi.

Indonesia menghadapi tantangan geografis yang sangat kompleks karena merupakan negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau serta kondisi topografi yang beragam. Distribusi vaksin ke daerah terpencil, kepulauan terluar, dan wilayah pegunungan sering kali menghadapi kendala berupa keterbatasan akses transportasi, jarak tempuh yang panjang, cuaca ekstrem, keterbatasan jaringan listrik, serta belum meratanya fasilitas penyimpanan vaksin. Tantangan tersebut meningkatkan risiko terjadinya penyimpangan suhu selama proses distribusi apabila tidak didukung oleh sistem pemantauan yang memadai. Oleh sebab itu, penguatan infrastruktur cold chain menjadi bagian penting dalam mewujudkan pemerataan akses vaksin di seluruh wilayah Indonesia.

Selain faktor infrastruktur, sumber daya manusia juga memiliki peranan yang sangat penting dalam keberhasilan implementasi sistem rantai dingin. Petugas pengelola vaksin harus memiliki kompetensi dalam menerima, menyimpan, mendistribusikan, memantau suhu, melakukan pencatatan, menangani kejadian penyimpangan suhu, serta melakukan pemeliharaan peralatan sesuai standar operasional prosedur. Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa masih terdapat ketidaksesuaian dalam pencatatan suhu harian, penggunaan freeze tag, kalibrasi alat, pemeliharaan refrigerator, serta pelaksanaan supervisi berkala. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penguatan kapasitas SDM melalui pelatihan, pendampingan, dan evaluasi berkelanjutan masih menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan kualitas pengelolaan vaksin.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang besar dalam meningkatkan efektivitas sistem rantai dingin. Penggunaan temperature data logger, sistem pemantauan suhu berbasis Internet of Things (IoT), remote temperature monitoring, dan aplikasi logistik vaksin memungkinkan deteksi dini terhadap penyimpangan suhu secara real time sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum vaksin mengalami kerusakan. Berbagai studi internasional menunjukkan bahwa digitalisasi sistem rantai dingin mampu meningkatkan akurasi pencatatan, mempercepat pengambilan keputusan, mengurangi kehilangan vaksin, serta meningkatkan efisiensi distribusi. Integrasi teknologi digital dengan sistem informasi logistik nasional juga mendukung proses perencanaan kebutuhan vaksin, pengendalian stok, serta evaluasi program imunisasi secara lebih komprehensif.

Dari perspektif implementasi kebijakan kesehatan, keberhasilan akses terhadap produk medis dan vaksin tidak hanya diukur dari tersedianya vaksin, tetapi juga dari kemampuan sistem kesehatan dalam menjaga mutu vaksin sepanjang rantai distribusi hingga diterima oleh masyarakat. Evaluasi terhadap sistem rantai dingin menjadi penting untuk mengidentifikasi kesenjangan antara standar kebijakan dan pelaksanaan di lapangan, mengevaluasi efektivitas penggunaan sumber daya, serta merumuskan strategi perbaikan

yang berbasis bukti ilmiah. Hasil evaluasi diharapkan dapat menjadi masukan bagi pemerintah, pengelola program imunisasi, dan fasilitas pelayanan kesehatan dalam memperkuat sistem logistik vaksin, meningkatkan kualitas pelayanan imunisasi, serta mendukung tercapainya target cakupan imunisasi nasional dan tujuan Immunization Agenda 2030.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa sistem rantai dingin merupakan komponen yang sangat menentukan keberhasilan implementasi kebijakan akses produk medis dan vaksin. Berbagai tantangan yang masih ditemukan, baik dari aspek infrastruktur, sumber daya manusia, teknologi, maupun tata kelola, menunjukkan perlunya evaluasi secara komprehensif terhadap implementasi sistem cold chain. Oleh karena itu, literature review ini dilakukan untuk menganalisis berbagai hasil penelitian nasional dan internasional mengenai evaluasi sistem rantai dingin vaksin pada program imunisasi, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya, serta merumuskan rekomendasi dalam mendukung implementasi kebijakan akses produk medis dan vaksin yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Literature Review (tinjauan pustaka) dengan pendekatan narrative literature review. Metode ini dipilih untuk mengidentifikasi, mengkaji, membandingkan, dan mensintesis berbagai hasil penelitian yang berkaitan dengan evaluasi sistem rantai dingin (cold chain) vaksin pada program imunisasi. Literature review bertujuan memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai implementasi sistem cold chain, faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilannya, berbagai hambatan yang dihadapi dalam pelaksanaannya, serta rekomendasi perbaikan berdasarkan bukti ilmiah yang telah dipublikasikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel Penelitian Terdahulu

No.	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Alfilia Lusita, Fariani Syahrul, & Ponconugroho (2021)	<i>The Implementation of Immunization Cold Chain Management in Surabaya City</i>	Deskriptif observasional dengan pendekatan kuantitatif melalui observasi, wawancara, dan checklist pengelolaan rantai dingin di puskesmas Kota Surabaya.	Sebagian besar puskesmas telah menerapkan pengelolaan cold chain sesuai standar Kementerian Kesehatan. Namun masih ditemukan ketidaksesuaian pada pencatatan suhu, pemeliharaan peralatan, dan monitoring selama distribusi vaksin. Penelitian menekankan pentingnya supervisi rutin dan peningkatan kompetensi petugas untuk menjaga mutu vaksin.
2	Abdul Syakur, Christyana Sandra, & Candra Bumi (2021)	<i>Evaluasi Cold Chain Management Vaksin di Puskesmas Kabupaten Jember</i>	Penelitian evaluatif dengan pendekatan cross-sectional menggunakan observasi, wawancara, dan penilaian kesesuaian terhadap standar pengelolaan vaksin.	Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar puskesmas telah memenuhi standar penyimpanan vaksin, tetapi masih terdapat kelemahan pada kalibrasi alat, pencatatan suhu harian, pemeliharaan refrigerator, dan pelaksanaan monitoring. Faktor SDM dan ketersediaan sarana menjadi penentu utama keberhasilan sistem cold chain.

3	Maelana Eka Dewi, Iswandi, & Meta Kartika (2022)	<i>Evaluasi Perbandingan Sistem Rantai Dingin Penyimpanan Vaksin</i>	Penelitian komparatif dengan membandingkan penerapan sistem rantai dingin di gudang Dinas Kesehatan dan Puskesmas berdasarkan Permenkes Nomor 12 Tahun 2017.	Penelitian menemukan bahwa penyimpanan vaksin di gudang Dinas Kesehatan memiliki tingkat kepatuhan lebih tinggi dibandingkan di Puskesmas. Perbedaan terutama disebabkan oleh kualitas fasilitas penyimpanan, kelengkapan alat monitoring suhu, dan kepatuhan terhadap SOP.
4	Mathumalar Loganathan Fahrni et al. (2022)	<i>Management of COVID-19 Vaccines Cold Chain Logistics: A Scoping Review</i>	Scoping Review mengikuti pedoman PRISMA dengan menelaah berbagai publikasi mengenai logistik rantai dingin vaksin COVID-19.	Kajian menunjukkan bahwa keberhasilan distribusi vaksin dipengaruhi oleh manajemen logistik, pemantauan suhu secara real-time, infrastruktur penyimpanan, sistem informasi, serta koordinasi antarinstansi. Penggunaan teknologi digital seperti data logger dan Internet of Things (IoT) meningkatkan efektivitas monitoring cold chain.
5	Nugroho Agung Pambudi, Alfian Sarifudin, & Indra Mamad Gandidi (2021)	<i>Vaccine Cold Chain Management and Cold Storage Technology to Address the Challenges of Vaccination Programs</i>	Literature Review terhadap berbagai penelitian mengenai teknologi penyimpanan dan distribusi vaksin.	Hasil kajian menunjukkan bahwa tantangan utama sistem cold chain meliputi keterbatasan listrik, distribusi ke wilayah terpencil, fluktuasi suhu, dan kapasitas penyimpanan. Penggunaan teknologi seperti solar direct-drive refrigerator, digital temperature monitoring, Vaccine Vial Monitor (VVM), dan sistem pemantauan berbasis IoT dapat meningkatkan keamanan serta kualitas vaksin selama proses distribusi.

Berdasarkan hasil penelusuran literatur, diperoleh lima artikel ilmiah yang memenuhi kriteria inklusi dan relevan dengan topik evaluasi sistem rantai dingin (cold chain) vaksin pada program imunisasi. Artikel tersebut terdiri atas tiga penelitian nasional dan dua penelitian internasional yang dipublikasikan pada periode 2021–2022. Kelima penelitian menggunakan desain yang beragam, meliputi penelitian deskriptif observasional, cross-sectional, penelitian komparatif, scoping review, dan literature review. Variasi desain penelitian memberikan gambaran yang komprehensif mengenai implementasi sistem rantai dingin vaksin dari berbagai perspektif, baik pada tingkat fasilitas pelayanan kesehatan maupun sistem logistik vaksin secara nasional dan global.

Hasil sintesis menunjukkan bahwa implementasi sistem rantai dingin dipengaruhi oleh empat komponen utama yang saling berkaitan, yaitu ketersediaan infrastruktur, kompetensi sumber daya manusia, sistem monitoring suhu, serta dukungan kebijakan dan pemanfaatan teknologi. Keempat komponen tersebut membentuk suatu sistem yang tidak dapat dipisahkan karena kelemahan pada salah satu aspek akan memengaruhi mutu vaksin selama proses penyimpanan maupun distribusi. Oleh karena itu, evaluasi terhadap sistem rantai dingin perlu dilakukan secara menyeluruh agar perbaikan yang dilakukan mampu meningkatkan kualitas pengelolaan vaksin secara berkelanjutan.

1. Evaluasi Infrastruktur Sistem Rantai Dingin

Hasil literature review menunjukkan bahwa ketersediaan sarana dan prasarana merupakan faktor yang paling dominan dalam menentukan keberhasilan implementasi sistem rantai dingin vaksin.

Penelitian oleh Alfilia Lusita et al. (2021) menunjukkan bahwa sebagian besar Puskesmas di Kota Surabaya telah memiliki refrigerator vaksin, vaccine carrier, serta perangkat penyimpanan yang sesuai standar Kementerian Kesehatan. Namun demikian, penelitian tersebut masih menemukan beberapa kelemahan berupa kurang optimalnya pemeliharaan peralatan, ketidakteraturan pencatatan suhu, dan belum optimalnya monitoring selama distribusi vaksin.

Temuan tersebut diperkuat oleh penelitian Abdul Syakur et al. (2021) yang menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan cold chain tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan refrigerator vaksin, tetapi juga oleh kualitas pemeliharaan alat, kalibrasi termometer, serta ketersediaan perangkat pemantauan suhu yang memenuhi standar.

Penelitian komparatif oleh Maelana Eka Dewi et al. (2022) menemukan bahwa gudang vaksin di Dinas Kesehatan memiliki tingkat kepatuhan terhadap standar penyimpanan lebih tinggi dibandingkan Puskesmas. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kelengkapan fasilitas, kapasitas penyimpanan, serta tersedianya alat monitoring suhu yang lebih memadai.

Hasil ketiga penelitian tersebut menunjukkan bahwa meskipun Indonesia telah memiliki kebijakan nasional mengenai pengelolaan vaksin, implementasi di tingkat fasilitas pelayanan kesehatan masih menghadapi ketimpangan kualitas infrastruktur. Kondisi ini berpotensi menyebabkan terjadinya fluktuasi suhu yang dapat menurunkan potensi vaksin.

2. Kompetensi Sumber Daya Manusia dalam Pengelolaan Cold Chain

Selain faktor infrastruktur, seluruh penelitian menempatkan kompetensi tenaga kesehatan sebagai faktor penting dalam keberhasilan sistem rantai dingin. Petugas imunisasi memiliki tanggung jawab mulai dari penerimaan vaksin, penyimpanan, pencatatan suhu, distribusi, hingga pelaporan apabila terjadi penyimpangan suhu. Kesalahan pada salah satu tahapan tersebut dapat menyebabkan kerusakan vaksin tanpa dapat dikenali secara visual.

Penelitian Alfilia Lusita et al. (2021) menunjukkan bahwa kepatuhan petugas terhadap prosedur operasional standar meningkat apabila dilakukan pelatihan secara berkala serta supervisi rutin oleh dinas kesehatan. Sebaliknya, kurangnya pelatihan menyebabkan variasi kualitas pengelolaan vaksin antar fasilitas pelayanan kesehatan.

Temuan serupa juga ditemukan pada penelitian Abdul Syakur et al. (2021) yang menyatakan bahwa keterampilan petugas dalam melakukan pencatatan suhu harian, kalibrasi alat, dan pemeliharaan refrigerator masih perlu ditingkatkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa investasi terhadap pengembangan sumber daya manusia sama pentingnya dengan penyediaan sarana fisik.

Dari perspektif implementasi kebijakan, kompetensi SDM merupakan bagian dari komponen "Man" dalam pendekatan 5M (Man, Money, Material, Method, Machine). Apabila kapasitas petugas tidak memadai, maka kebijakan yang telah dirancang dengan baik tidak akan menghasilkan implementasi yang optimal.

3. Monitoring Suhu sebagai Indikator Mutu Vaksin

Seluruh penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa monitoring suhu merupakan indikator utama dalam menjaga kualitas vaksin. Sistem rantai dingin bertujuan mempertahankan suhu vaksin pada rentang 2°C–8°C selama proses penyimpanan maupun distribusi. Penyimpangan suhu, baik terlalu tinggi maupun terlalu rendah, dapat mengakibatkan penurunan potensi vaksin sehingga efektivitas imunisasi menurun.

Penelitian internasional oleh Mathumalar Loganathan Fahrni et al. (2022) menjelaskan bahwa penggunaan teknologi digital seperti temperature data logger, Internet of Things (IoT), dan sistem pemantauan suhu secara real-time mampu meningkatkan efektivitas monitoring dibandingkan pencatatan manual. Sistem tersebut memungkinkan petugas mendeteksi penyimpangan suhu secara cepat sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan sebelum vaksin mengalami kerusakan.

Sementara itu, penelitian Nugroho Agung Pambudi et al. (2021) menjelaskan bahwa penggunaan Vaccine Vial Monitor (VVM), solar direct-drive refrigerator, dan digital temperature monitoring mampu meningkatkan keamanan penyimpanan vaksin terutama pada wilayah dengan keterbatasan listrik.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa transformasi digital menjadi strategi penting dalam mendukung implementasi kebijakan akses vaksin, khususnya pada negara berkembang dengan wilayah geografis yang luas seperti Indonesia.

4. Hambatan Implementasi Sistem Cold Chain

Berdasarkan hasil sintesis kelima penelitian, implementasi sistem rantai dingin masih menghadapi berbagai hambatan yang saling berkaitan. Dari aspek infrastruktur, masih ditemukan refrigerator vaksin yang tidak memenuhi standar, keterbatasan kapasitas penyimpanan, gangguan pasokan listrik, serta belum optimalnya pemeliharaan peralatan. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya risiko penyimpangan suhu selama proses penyimpanan vaksin.

Selain itu, karakteristik geografis Indonesia sebagai negara kepulauan menyebabkan proses distribusi vaksin menuju daerah terpencil memerlukan waktu yang lebih lama sehingga meningkatkan risiko terputusnya rantai dingin selama transportasi. Hambatan geografis tersebut diperberat oleh keterbatasan akses transportasi dan belum meratanya fasilitas penyimpanan vaksin.

Dari sisi sumber daya manusia, beberapa penelitian menunjukkan bahwa masih terdapat petugas imunisasi yang belum memperoleh pelatihan secara berkala mengenai pengelolaan vaksin, pencatatan suhu, penggunaan freeze tag, maupun penanganan kejadian penyimpangan suhu. Di samping itu, sebagian fasilitas pelayanan kesehatan masih menggunakan sistem pencatatan manual sehingga pelaporan penyimpangan suhu sering terlambat dan tindakan korektif tidak dapat dilakukan secara cepat. Berbagai hambatan tersebut menunjukkan bahwa penguatan tata kelola cold chain harus dilakukan secara menyeluruh melalui peningkatan infrastruktur, kapasitas SDM, digitalisasi sistem informasi, dan penguatan supervisi.

5. Implementasi Kebijakan Akses Produk Medis dan Vaksin

Dalam perspektif implementasi kebijakan kesehatan, keberhasilan akses terhadap produk medis tidak hanya diukur dari tersedianya vaksin, tetapi juga dari kemampuan sistem kesehatan dalam menjaga kualitas vaksin hingga diterima masyarakat. Kelima penelitian menunjukkan bahwa implementasi kebijakan cold chain dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu komitmen pemerintah dalam penyediaan anggaran, tersedianya regulasi dan standar operasional prosedur, sistem supervisi yang berkesinambungan, penguatan kapasitas tenaga kesehatan, pemanfaatan teknologi digital dan koordinasi lintas sektor. Apabila faktor-faktor tersebut berjalan secara sinergis, maka kualitas vaksin dapat dipertahankan selama proses distribusi sehingga efektivitas program imunisasi meningkat dan tujuan kebijakan akses produk medis dapat tercapai secara optimal.

6. Strategi Tata Kelola Cold Chain yang Efektif Berdasarkan Hasil Evaluasi

Hasil sintesis dari lima penelitian menunjukkan bahwa berbagai permasalahan sistem rantai dingin tidak dapat diselesaikan hanya melalui penyediaan peralatan, tetapi memerlukan tata kelola (governance) yang terintegrasi mulai dari tahap perencanaan hingga evaluasi. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, strategi tata kelola cold chain yang efektif meliputi beberapa komponen berikut.

Pertama, penguatan tata kelola infrastruktur dilakukan melalui penyediaan refrigerator vaksin yang memenuhi standar WHO Performance, Quality and Safety (PQS), penggantian peralatan yang telah melewati masa pakai, pemeliharaan preventif secara berkala, serta penyediaan sumber listrik cadangan terutama pada daerah dengan risiko pemadaman listrik

tinggi.

Kedua, penguatan kapasitas sumber daya manusia dilakukan melalui pelatihan berkala mengenai manajemen vaksin, pencatatan suhu, penggunaan Vaccine Vial Monitor (VVM), data logger, freeze tag, penanganan kejadian penyimpangan suhu, serta pelaksanaan supervisi rutin. Peningkatan kompetensi petugas menjadi faktor penting karena sebagian besar penyimpangan cold chain disebabkan oleh kesalahan prosedur operasional.

Ketiga, digitalisasi sistem monitoring suhu menjadi strategi yang semakin penting. Penggunaan temperature data logger, remote temperature monitoring, Internet of Things (IoT), serta dashboard monitoring memungkinkan penyimpangan suhu terdeteksi secara real-time sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan sebelum vaksin mengalami kerusakan.

Keempat, penguatan sistem logistik dilakukan melalui perencanaan distribusi berbasis kebutuhan, optimalisasi manajemen stok vaksin, penerapan prinsip first expired first out (FEFO), serta pengembangan jalur distribusi yang mempertimbangkan karakteristik geografis wilayah.

Kelima, penguatan monitoring dan evaluasi dilakukan melalui audit cold chain secara berkala menggunakan instrumen Effective Vaccine Management (EVM) WHO, supervisi terpadu, evaluasi indikator kinerja rantai dingin, serta pemanfaatan hasil evaluasi sebagai dasar perbaikan berkelanjutan (continuous quality improvement).

Dengan penerapan strategi tersebut, sistem rantai dingin tidak hanya mampu menjaga mutu vaksin, tetapi juga meningkatkan efisiensi distribusi logistik, mengurangi kehilangan vaksin (vaccine wastage), meningkatkan efektivitas program imunisasi, serta mendukung pencapaian target Universal Health Coverage (UHC) dan Immunization Agenda 2030.

Strategi tata kelola tersebut sejalan dengan konsep Effective Vaccine Management (EVM) yang dikembangkan WHO dan UNICEF. Kerangka EVM menekankan bahwa keberhasilan pengelolaan vaksin ditentukan oleh keterpaduan sembilan komponen utama, yaitu manajemen vaksin, kapasitas penyimpanan, distribusi, pemeliharaan peralatan, pengelolaan stok, sistem informasi, pemantauan suhu, kepatuhan terhadap standar operasional prosedur, serta kapasitas sumber daya manusia. Pendekatan ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem rantai dingin tidak hanya bergantung pada ketersediaan sarana fisik, tetapi juga pada tata kelola organisasi yang efektif dan berorientasi pada perbaikan mutu secara berkelanjutan (WHO & UNICEF, 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil literature review dapat disimpulkan bahwa keberhasilan sistem rantai dingin tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan sarana penyimpanan vaksin, tetapi juga oleh efektivitas tata kelola cold chain secara menyeluruh. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa berbagai permasalahan masih ditemukan pada aspek infrastruktur, kompetensi petugas, pemantauan suhu, distribusi logistik, dan sistem monitoring. Oleh karena itu, penguatan tata kelola cold chain melalui peningkatan kualitas infrastruktur, pengembangan kapasitas sumber daya manusia, digitalisasi sistem monitoring suhu, optimalisasi manajemen logistik, serta monitoring dan evaluasi berbasis Effective Vaccine Management (EVM) menjadi strategi utama untuk menjaga mutu vaksin, meningkatkan efisiensi pengelolaan logistik, mengurangi vaccine wastage, dan mendukung keberhasilan implementasi kebijakan akses produk medis dan vaksin di Indonesia.

Saran

Berdasarkan hasil kajian literatur, beberapa rekomendasi yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Bagi Pemerintah

Pemerintah perlu terus memperkuat implementasi kebijakan sistem rantai dingin melalui peningkatan investasi pada infrastruktur penyimpanan vaksin, pemerataan distribusi peralatan cold chain hingga daerah terpencil, serta penyediaan anggaran yang memadai untuk pemeliharaan peralatan. Selain itu, perlu dilakukan penguatan sistem monitoring nasional berbasis digital agar kualitas vaksin dapat dipantau secara real-time di seluruh rantai distribusi.

2. Bagi Dinas Kesehatan dan Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Dinas Kesehatan bersama fasilitas pelayanan kesehatan diharapkan meningkatkan pelaksanaan supervisi, monitoring, dan evaluasi terhadap pengelolaan vaksin secara berkala. Pelatihan berkelanjutan bagi petugas imunisasi mengenai pengelolaan sistem cold chain, penggunaan perangkat pemantauan suhu, serta penerapan standar operasional prosedur perlu dilakukan secara rutin agar kualitas pengelolaan vaksin tetap terjaga.

3. Bagi Tenaga Kesehatan

Petugas pengelola vaksin diharapkan meningkatkan kepatuhan terhadap standar operasional prosedur, melakukan pencatatan suhu secara konsisten, melaksanakan pemeliharaan peralatan sesuai jadwal, serta memanfaatkan teknologi digital dalam proses monitoring suhu. Peningkatan kompetensi melalui pendidikan dan pelatihan secara berkala juga sangat diperlukan untuk mendukung profesionalisme dalam pengelolaan vaksin.

4. Bagi Pengembangan Teknologi

Pengembangan sistem logistik vaksin berbasis teknologi informasi perlu terus didorong melalui pemanfaatan Internet of Things (IoT), temperature data logger, Vaccine Vial Monitor (VVM), dan sistem pemantauan suhu otomatis. Inovasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan efisiensi distribusi vaksin, meminimalkan risiko kerusakan vaksin, serta memperkuat sistem pelaporan dan evaluasi program imunisasi.

5. Bagi Peneliti Selanjutnya

Penelitian selanjutnya disarankan tidak hanya menggunakan metode literature review, tetapi juga melakukan penelitian lapangan dengan desain kuantitatif, kualitatif, atau mixed methods untuk mengevaluasi implementasi sistem cold chain secara lebih mendalam. Penelitian juga dapat difokuskan pada analisis efektivitas digitalisasi sistem rantai dingin, evaluasi biaya (cost-effectiveness), maupun pengaruh implementasi cold chain terhadap keberhasilan cakupan imunisasi di berbagai wilayah Indonesia.

Dengan adanya penguatan kebijakan, peningkatan kapasitas sumber daya manusia, pengembangan infrastruktur, dan pemanfaatan teknologi yang berkelanjutan, diharapkan sistem rantai dingin vaksin di Indonesia dapat berjalan lebih optimal sehingga kualitas vaksin tetap terjaga, efektivitas program imunisasi meningkat, dan tujuan pembangunan kesehatan nasional dalam menyediakan akses terhadap produk medis dan vaksin yang aman, bermutu, serta merata dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfilia, L., Syahrul, F., & Ponconugroho. (2021). The implementation of immunization cold chain management in Surabaya City. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 9(2), 140–150.
- Dewi, M. E., Iswandi, & Kartika, M. (2022). Evaluasi perbandingan sistem rantai dingin penyimpanan vaksin berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 12 Tahun 2017. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 4(3), 580–590.
- Fahrni, M. L., Lee, C. K. C., Abbas, A. K., Tan, C. S., Chow, Y. L., & Khalid, U. (2022). Management of COVID-19 vaccines cold chain logistics: A scoping review. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 15(1), Article 16. <https://doi.org/10.1186/s40545-022-00411-5>

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). Petunjuk teknis penyelenggaraan imunisasi. Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2023. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Lindstrand, A., Mast, E., Churchill, S., Rahimi, N., Grevendonk, J., Brooks, A., Magnus, E., Nandy, R., & O'Brien, K. L. (2024). Implementing the Immunization Agenda 2030: A framework for action through coordinated planning, monitoring & evaluation, ownership & accountability, and communications & advocacy. *Vaccine*, 42(Suppl. 1), S15–S27. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.09.045>
- O'Brien, K. L., Lemango, E., Nandy, R., & Lindstrand, A. (2024). The Immunization Agenda 2030: A vision of global impact, reaching all, grounded in the realities of a changing world. *Vaccine*, 42(Suppl. 1), S1–S4. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.02.073>
- Pambudi, N. A., Sarifudin, A., & Gandidi, I. M. (2021). Vaccine cold chain management and cold storage technology to address the challenges of vaccination programs. *Vaccines*, 9(10), 1195. <https://doi.org/10.3390/vaccines9101195>
- Republik Indonesia. (2023). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Sandra, C., Syakur, A., & Bumi, C. (2021). Evaluasi cold chain management vaksin di Puskesmas Kabupaten Jember. *Jurnal Manajemen Kesehatan Indonesia*, 9(3), 175–184.
- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations.
- World Health Organization. (2020). Effective vaccine management (EVM): Assessment tool and guidelines. World Health Organization & United Nations Children's Fund.
- World Health Organization. (2020). Immunization Agenda 2030: A global strategy to leave no one behind. World Health Organization.
- World Health Organization. (2021). Implementing the Immunization Agenda 2030: A framework for action. World Health Organization.
- World Health Organization. (2022). Performance, quality and safety (PQS): Prequalification of immunization devices. World Health Organization.
- World Health Organization. (2023). Immunization supply chain and logistics. World Health Organization.
- World Health Organization. (2023). Monitoring vaccine wastage at country level: Guidelines for programme managers. World Health Organization.