OBSERVASI PENYIMPANAN VAKSIN DAN TINGKAT PENGETAHUAN PETUGAS TERHADAP MANAJEMEN RANTAI DINGIN DI INSTALASI FARMASI KABUPATEN SRAGEN

Mila Agni Saputri[1], Vivin Marwiyati Rahmana Rohmana[2], Rahmat Hidayat[3]
agnisaputrimila@gmail.com[1]
Universitas Duta Bangsa Surakarta

ABSTRAK

Latar Belakang: Vaksin bersifat thermolabile yang membutuhkan pengelolaan rantai dingin (cold chain) ketat (2–8°C) untuk menjaga mutunya. Kegagalan cold chain berisiko menggagalkan program imunisasi. Instalasi Farmasi Kabupaten (IFK) dan Puskesmas berperan strategis dalam penyimpanan dan distribusi vaksin, di mana kompetensi petugas menjadi faktor kunci.Tujuan: Menganalisis kesesuaian penyimpanan vaksin dengan standar Kemenkes RI/WHO, tingkat pengetahuan petugas, serta hubungan karakteristik petugas dengan tingkat pengetahuannya di Kabupaten Sragen.Metode: Penelitian kuantitatif deskriptif cross-sectional ini dilakukan pada Juni 2026 di IFK dan 25 Puskesmas di Kabupaten Sragen. Sampel diambil menggunakan teknik total sampling mencakup 26 petugas pengelola vaksin (96,1% bidan). Data dikumpulkan melalui pengamatan lembar checklist berbasis Effective Vaccine Management (EVM) WHO serta kuesioner, kemudian dianalisis secara univariat dan bivariat (Fisher's Exact Test, α=0,05).Hasil: Sarana penyimpanan vaksin tergolong baik (>75%). Ketersediaan kulkas top-opening, vaccine carrier, ice pack, listrik/generator, pemantauan suhu harian, dan penataan vaksin sesuai sensitivitas suhu mencapai 100%. Kendala ditemukan pada kerusakan termometer internal (15%) dan freeze tag (35%), serta adanya vaksin mendekati kedaluwarsa di 2 Puskesmas. Rata-rata skor pengetahuan petugas adalah 18,19 (kategori "Baik"), meski 50% petugas salah memahami indikator VVM kategori B. Karakteristik Usia, tingkat pendidikan, dan masa kerja tidak berhubungan signifikan dengan tingkat pengetahuan (p>0,05). Kesimpulan: Praktik penyimpanan vaksin secara umum berjalan baik, namun membutuhkan perbaikan fasilitas pemantau suhu yang rusak serta peningkatan edukasi/pelatihan berkelanjutan bagi petugas.

Kata Kunci: Vaksin, Puskemas Sragen, Rantai Dingin (*Cold Chain*).

ABSTRACT

Background: Vaccines are thermolabile, requiring strict cold chain management (2–8°C) to maintain their quality. A failure in the cold chain risks compromising the immunization program. District Pharmaceutical Installations (IFK) and Community Health Centers (Puskesmas) play a strategic role in vaccine storage and distribution, with staff competence serving as a key factor.Objective :Analyzing the conformity of vaccine storage with Indonesian Ministry of Health/WHO standards, the level of staff knowledge, and the relationship between staff characteristics and their level of knowledge in Sragen Regency. Methods:This descriptive quantitative cross-sectional study was conducted in June 2026 across IFK and 25 Puskesmas in Sragen Regency. Total sampling was applied, involving 26 vaccine managers (96.1% midwives). Data were collected using WHO Effective Vaccine Management (EVM) checklists and questionnaires, then analyzed univariately and bivariately (Fisher's Exact Test, α=0.05). Results:Storage facilities were generally good (>75%). Availability of top-opening refrigerators, vaccine carriers, ice packs, backup power, daily temperature monitoring, and temperature-sensitive vaccine arrangement reached 100% compliance. Issues included damaged internal thermometers (15%) and freeze tags (35%). The average knowledge score was 18.19 ("Good" category), although 50% of staff misunderstood VVM stage B indicators. Age, education, and tenure showed no significant association with knowledge levels (p>0.05). Conclusion:Vaccine storage practices generally meet standards, but require repairs for damaged temperature monitoring tools and continuous refresher training.

Keywords: *Vaccine, Sragen Health Center (Puskesmas), Cold Chain.*

PENDAHULUAN

Indonesia saat ini masih bergulat dengan tantangan *Triple Burden of Disease,* yaitu kasus penyakit menular yang belum turun signifikan, penyakit tidak menular yang prevalensinya meningkat seperti Stroke dan Diabetes, lalu munculnya penyakit baru atau *Re-emerging* seperti varian infeksi pasca COVID. Penyakit menular masih menjadi masalah kesehatan di dunia. salah satu tindakan pencegahan yang terbukti sangat *cost effective* adalah imunisasi. Imunisasi pada dasarnya adalah cara untuk memicu sistem kekebalan tubuh agar menghasilkan antibodi, biasanya melalui vaksin yang berisi kuman yang sudah dilemahkan atau dimatikan. Vaksin ini bisa diberikan secara suntikan atau secara oral. Menurut Kementerian Kesehatan RI, ini upaya preventif agar seseorang tidak sakit parah saat terpapar PD3I (Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi).

Program imunisasi di Indonesia diatur oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pemerintah bertanggung jawab untuk menetapkan target jumlah penerima imunisasi berdasarkan kelompok umur serta prosedur pemberian vaksin kepada sasaran. Pelaksanaan program imunisasi dilakukan oleh unit pelayanan kesehatan, baik pemerintah maupun swasta. Institusi swasta dapat memberikan pelayanan imunisasi sepanjang memenuhi persyaratan perizinan yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan. Di Indonesia, pelayanan imunisasi dasar atau imunisasi rutin dapat diakses melalui pusat pelayanan yang dimiliki oleh pemerintah, seperti Puskesmas, Posyandu, 2 Puskesmas pembantu, Rumah Sakit, atau Rumah Bersalin (Nufra & Misrina, 2023).

Keberhasilan suatu program imunisasi terdapat beberapa faktor, salah satunya adalah dengan cara meningkatkan kualitas vaksin yang digunakan. Mulai dari penyimpanan dan sampai pada saat proses pendistribusian vaksin melalui transportasi harus sudah melengkapi syarat rantai dingin vaksin yang baik dan benar untuk menjaga agar tidak kehilangan suatu potensi yang ada di dalam vaksin (Maelana & Iswandi, 2022).

Vaksin merupakan produk biologis yang sangat peka terhadap perubahan suhu. Jika penyimpanannya tidak sesuai, kualitas vaksin bisa menurun, baik dari sisi potensi, efektivitas, maupun keamanannya. Kondisi ini tentu berisiko bagi kesehatan masyarakat. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) bersama Kementerian Kesehatan Republik Indonesia telah menetapkan pedoman yang jelas mengenai rentang suhu penyimpanan vaksin, agar mutu vaksin tetap terjaga sejak diproduksi hingga digunakan dalam proses distribusi farmasi, pengelolaan rantai dingin menjadi hal yang sangat penting, terutama untuk produk yang tidak tahan terhadap perubahan suhu seperti vaksin. *Herd Immunity* atau kekebalan kelompok dari vaksinasi mempunyai manfaat besar untuk melindungi masyarakat secara luas.

Manajemen rantai dingin merupakan aspek penting dalam menjaga kualitas dan efektivitas vaksin mulai dari produsen hingga ke penerima imunisasi. Rantai dingin vaksin adalah suatu sistem yang dirancang untuk menjaga vaksin tetap berada pada rentang suhu yang direkomendasikan, umumnya antara 2–8 °C, sejak tahap produksi, penyimpanan, distribusi, hingga pemberian kepada pasien. Selain faktor suhu, tingkat pengetahuan petugas juga berperan penting terhadap kualitas manajemen rantai dingin. Karena penyesuaian terhadap kualifikasi dan kompetensi pengelola vaksin sangat mempengaruhi penerapan prosedur penyimpanan vaksin yang sudah diatur menurut Kemenkes RI No.12 Tahun 2017 (Putri & Santoso, 2021).

Kegagalan manajemen rantai dingin vaksin menjadi salah satu faktor utama yang menjadikan suatu program imunisasi kurang efektif di negara-negara berkembang. Sistem ini dianggap sebagai elemen penting dalam pelayanan kesehatan karena mempengaruhi potensi vaksin dan keselamatan pasien (Errasa *et al*.,2023). Manajemen rantai dingin di instalasi farmasi merupakan proses perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan evaluasi

penyimpanan serta distribusi vaksin agar mutu vaksin tetap terjaga. Instalasi farmasi berperan strategis karena menjadi titik penyimpanan sekaligus distribusi sebelum vaksin digunakan di fasilitas pelayanan kesehatan. manajemen rantai dingin di instalasi farmasi meliputi beberapa komponen utama : Sarana dan prasarana, prosedur operasional standar (SOP), sumber daya manusia.

Petugas pengelola vaksin merupakan salah satu komponen penting dalam sistem *cold chain* vaksin. Petugas yang dimaksud adalah seseorang yang memiliki tanggung jawab penuh terhadap proses *cold chain* vaksin di puskesmas. Menurut penelitian Kusumadewi dan Lestari (2020) petugas pengelola vaksin yang telah mendapatkan pelatihan memiliki hubungan yang erat dengan hasil pengelolaan vaksin yang baik di tingkat puskesmas.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan pendekatan kuantitatif observasional untuk menggambarkan kondisi penyimpanan vaksin dan tingkat pengetahuan petugas mengenai manajemen rantai dingin (*cold chain*) di Dinas Kesehatan dan 25 Puskesmas Kabupaten Sragen. Penelitian dilaksanakan selama 1 bulan pada Juni 2026. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan kuesioner.

Populasi penelitian adalah seluruh petugas yang terlibat dalam pengelolaan dan penyimpanan vaksin di Dinas Kesehatan serta 25 Puskesmas Kabupaten Sragen. Teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling, sehingga seluruh petugas yang memenuhi kriteria dijadikan responden.

Variabel independen (X) adalah karakteristik petugas, meliputi umur, tingkat pendidikan, dan lama bekerja. Variabel dependen (Y) adalah tingkat pengetahuan petugas mengenai manajemen rantai dingin vaksin. Penilaian penyimpanan vaksin mengacu pada standar *Effective Vaccine Management* (EVM), meliputi suhu penyimpanan, pemantauan suhu, kondisi peralatan, penataan vaksin, VVM, FEFO/FIFO, dan ketersediaan listrik cadangan.

Instrumen penelitian terdiri dari lembar observasi/checklist EVM dan kuesioner pengetahuan. Kuesioner berisi 21 pertanyaan mengenai rantai dingin, penyimpanan vaksin, sensitivitas vaksin terhadap suhu, *shake test*, pemantauan suhu, VVM, dan distribusi vaksin. Instrumen direncanakan melalui uji validitas dan reliabilitas sebelum digunakan.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi kondisi penyimpanan vaksin dan kuesioner kepada petugas pengelola vaksin. Data kemudian melalui tahap *editing, coding*, dan tabulasi. Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan karakteristik petugas, tingkat pengetahuan, dan kesesuaian penyimpanan vaksin dalam bentuk frekuensi dan persentase.

Analisis bivariat digunakan untuk mengetahui hubungan antara tingkat pengetahuan petugas dengan kesesuaian penyimpanan vaksin menggunakan uji Chi-Square dengan $\alpha = 0,05$. Jika syarat Chi-Square tidak terpenuhi, digunakan Fisher's Exact Test. Nilai $p < 0,05$ menunjukkan adanya hubungan yang signifikan, sedangkan $p > 0,05$ menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Responden

Berdasarkan hasil penelitian, karakteristik responden yang merupakan petugas pengelola vaksin di Instalasi Farmasi Dinas Kesehatan dan 25 Puskesmas di wilayah Kabupaten Sragen adalah sebanyak 26 orang. Karakteristik petugas pengelola vaksin dianalisis berdasarkan beberapa aspek, meliputi usia, pendidikan terakhir, jenis tenaga kesehatan, lama bekerja, dan status pekerjaan. Profil demografi ini memegang peranan

penting karena secara langsung maupun tidak langsung dapat memengaruhi perilaku, kepatuhan, kompetensi, dan efektivitas pengelolaan manajemen *cold chain* (rantai dingin) vaksin. Distribusi responden menunjukkan bahwa mayoritas petugas pengelola vaksin berada pada kelompok usia >40 tahun yaitu sebanyak 21 orang (80,76%), diikuti oleh usia kurang dari 40 tahun sebanyak 5 orang (19,2%). Dari hasil ini mengindikasikan bahwa sebagian besar pengelola vaksin di Kabupaten Sragen didominasi oleh kelompok usia dewasa akhir menuju pra lansia. Secara teoritis, bertambahnya usia berkolerasi positif dengan pengalaman kerja dan kematangan emosional dalam mengambil keputusan klinis maupun manajerial. Petugas senior umumnya memiliki tingkat ketelitian dan rasa tanggung jawab yang tinggi terhadap rutinitas pemantauan suhu vaksin. Namun, dari sudut pandang adopsi teknologi, kelompok usia yang lebih tua terkadang menghadapi tantangan dalam mengoperasikan perangkat digital terkini, seperti alat perekam suhu otomatis kontinu (*data logger*) atau sistem pencatatan berbasis aplikasi (SMILE). Sehingga, diperlukan pendampingan atau pelatihan berkelanjutan yang disesuaikan untuk membantu kesenjangan digital tersebut. Hasil penelitian menunjukkan tingkat pendidikan responden mayoritas adalah Lulusan Profesi Bidan sebanyak 14 orang (53,8%), diikuti oleh Diploma 3 (Kebidanan/Farmasi) sebanyak 10 orang (38,4%), dan Diploma 4 Kebidanan sebanyak 2 orang (7,6%). Selaras dengan data tersebut, latar belakang jenis tenaga kesehatan didominasi secara mutlak oleh Bidan yaitu sebanyak 25 orang (96,1%), sedangkan Asisten Apoteker hanya berjumlah 1 orang (3,8%). Dominasi tenaga kebidanan sebagai penanggung jawab vaksin di Puskesmas merupakan kondisi keterbatasan sumber daya manusia (SDM) kefarmasian di puskesmas wilayah tersebut. Berdasarkan standar regulasi, manajemen obat dan vaksin idealnya dipimpin oleh Tenaga Kefarmasian (Apoteker atau Tenaga Teknis Kefarmasian). Ketika peran ini didelegasikan kepada Bidan, aspek pemahaman regulasi khusus kefarmasian dan pengelolaan teknis rantai dingin membutuhkan perhatian ekstra. Meskipun kurikulum kebidanan mencakup materi imunisasi, penanganan aspek mikro (seperti pemeliharaan preventif *vaccine refrigerator*, penanganan *freeze-tag*, dan manajemen stok berbasis FEFO) membutuhkan kompetensi spesifik farmasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Simanjuntak menegaskan bahwa latar belakang pendidikan kesehatan non-farmasi yang diberikan tanggung jawab mengelola vaksin wajib dibekali secara intensif dengan Pelatihan Rantai Dingin (*Cold Chain Training*) terstandar agar menurunkan risiko kerusakan potensi vaksin. Proporsi lama bekerja responden sebagai penanggung jawab vaksin terdistribusi cukup merata yaitu kurang dari 5 tahun sebanyak 9 orang (34,6%), kelompok lebih dari 5 tahun sebanyak 17 orang (65,38%). Secara akumulatif, terdapat 65,3% petugas yang telah memiliki masa kerja di atas 5 tahun.

Masa kerja yang panjang merupakan indikator kuat dari tingginya pengalaman praktis petugas di lapangan. Petugas yang telah mengelola vaksin selama lebih dari 5 tahun biasanya telah sangat mengenali pola perubahan suhu lemari es, tindakan saat listrik padam, serta ritme distribusi vaksin dari Dinas Kesehatan. Pengalaman yang lama ini memunculkan efisiensi kerja yang baik. Namun, masa kerja yang lama tanpa adanya penyegaran materi juga berisiko menimbulkan kejenuhan atau penurunan kepatuhan terhadap SOP terbaru yang dinamis. Sebaliknya, petugas baru (<1 tahun) memerlukan supervisi ketat untuk menghindari kesalahan fatal. Menurut studi Sari dan Rahmawati (2023), terdapat korelasi yang signifikan antara lama masa kerja dengan tingkat kepatuhan petugas dalam pengisian grafik suhu (kartu temperatur) harian secara *real-time.* Karakteristik status pekerjaan responden terdiri dari Aparatur Sipil Negara (ASN) sebanyak 16 orang (61,5%) dan Bidan (Non-ASN/Kontrak/Honor) sebanyak 10 orang (38,4%). Status kepegawaian mayoritas sebagai ASN memberikan keuntungan berupa stabilitas struktur organisasi di Puskesmas. Petugas dengan status ASN cenderung memiliki tingkat retensi posisi yang lebih tinggi

(jarang mengalami mutasi mendadak dibandingkan tenaga kontrak), sehingga kontinuitas manajemen rantai dingin vaksin di Puskesmas bersangkutan dapat lebih terjaga dalam jangka panjang. Pengelolaan vaksin membutuhkan komitmen jangka panjang karena proses belajar penanganan sediaan biologis sensitif ini cukup kompleks (Prabowo & Utami, 2024).

2. Penyimpanan

a. Ketersediaan Unit Penyimpanan dan Peralatan

Pengelolaan vaksin di tahap penyimpanan harus dilakukan sesuai standar agar vaksin tidak kehilangan potensinya sebelum kadaluwarsa. Vaksin akan kehilangan potensi dan efisiensinya secara permanen ketika terpapar suhu di luar kisaran yang direkomendasikan. Observasi penyimpanan vaksin menggunakan instrumen *checklist*, penilaian dilihat dari aspek yaitu ketersediaan unit penyimpanan dan peralatan, sumber tenaga yang digunakan, pemantauan suhu, penataan vaksin, serta persediaan dan distribusi vaksin. Berdasarkan hasil observasi seperti pada Tabel 4.2, diketahui bahwa ketersediaan unit penyimpanan vaksin dan peralatan pendukung baik di Instalasi Farmasi (IF) maupun di 25 Puskesmas (P) telah mencapai cakupan 100% (fungsional secara penuh). Komponen utama yang dianalisis mencakup ketersediaan kulkas fungsional, *freezer* fungsional, *vaccine carrie*r, dan *ice pack*.. Data ini menunjukkan bahwa seluruh fasilitas kesehatan yang diteliti memiliki komitmen tinggi dalam penyediaan infrastruktur dasar sistem rantai dingin (*cold chain product*). Temuan lapangan yang menunjukkan bahwa seluruh kulkas penyimpanan bertipe buka atas (*top opening*) sejalan dengan rekomendasi teknis kedokteran dan farmasi. Lemari es dengan desain *top opening* dinilai jauh lebih efektif dalam mempertahankan stabilitas suhu internal 2-8°C saat pintu dibuka, dibandingkan dengan jenis pintu buka depan (*front opening*) yang rentan mengalami perubahan suhu akibat paparan massa udara hangat dari luar. Pada observasi didapatkan bahwa penyimpanan vaksin di wilayah Dinas Kesehatan dan Puskesmas menggunakan tipe Dometic TCW 2000 dan 3000. Dometic TCW merupakan kombinasi antara kulkas vaksin (*refrigerator*) sekaligus pembeku (*freezer*). Perangkat ini dirancang khusus dengan sistem ganda (kompartemen terpisah) untuk memenuhi kebutuhan rantai dingin (*cold chain)* medis. Kondisi kepatuhan sarana 100% ini memperkuat penerapan regulasi nasional, khususnya Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 12 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Imunisasi, yang mengamanatkan bahwa setiap fasilitas pelayanan kesehatan wajib memiliki tempat penyimpanan vaksin khusus yang standar untuk menjamin keamanan vaksin tersebut. Pengelolaan program imunisasi nasional sangat bergantung pada ketersediaan instrumen *cold chain* yang memadai di tingkat dasar (Puskesmas). Keberadaan *vaccine carrier* dan *ice pack* yang fungsional di seluruh unit juga memastikan bahwa proses pendistribusian menuju pos pelayanan imunisasi (seperti Posyandu) tetap berada dalam koridor suhu aman, meminimalkan risiko paparan panas berlebih (*heat-sensitive*) maupun pembekuan yang tidak sengaja (*freeze-sensitive*) pada kelompok vaksin tertentu seperti DPT-HB-Hib atau Hepatitis B.

b. Sumber Tenaga Listrik

Aspek penting berikutnya dalam menopang performa rantai dingin vaksin adalah adanya pasokan daya listrik. Melalui data pada Tabel 4.3, didapatkan bahwa 100% instansi memiliki sumber utama tenaga listrik yang memadai dilengkapi dengan stop kontak yang terdedikasi penuh di ruang penyimpanan vaksin. Selain itu, seluruh objek penelitian (100%) memiliki akses langsung terhadap *generator set* (genset) sebagai sistem cadangan darurat (*emergency backup power).* Stabilitas arus listrik adalah prasyarat mutlak karena interupsi daya tanpa penanganan segera dapat memicu lonjakan suhu di dalam *vaccine refrigerator*, yang berpotensi merusak struktur protein dari vaksin sensitif panas, atau sebaliknya merusak komponen vaksin sensitif beku jika sistem proteksi termal gagal berfungsi. Ketersediaan genset yang siap pakai di Instalasi Farmasi dan 25 Puskesmas tersebut membuktikan adanya

persiapan yang sangat baik terhadap fenomena pemadaman listrik (*blackout*) oleh penyedia layanan utama.

Hal ini sejalan dengan penelitian Efektivitas Penyimpanan Sediaan Vaksin di Puskesmas Baitussalam Kabupaten Aceh Besar yang menyatakan bahwa tersedia genset sebagai sumber listrik cadangan ketika terjadi pemadaman listrik. Apabila pemadaman berlangsung lebih dari 24 jam, maka vaksin akan dipindahkan ke puskesmas terdekat untuk menjaga kualitas dan keamanan vaksin (Maulidella *et al*., 2025).

Manajemen rantai dingin yang efisien membutuhkan tiga pilar utama: sumber daya manusia yang terampil, fasilitas penyimpanan yang tersertifikasi, dan lingkungan operasional yang stabil termasuk pasokan listrik tanpa putus. Adanya stop kontak yang memadai dan generator yang dapat diakses sewaktu-waktu bertindak sebagai jaminan bahwa rantai dingin tidak akan terputus, sehingga vaksin saat diinjeksikan ke tubuh pasien tetap terjaga optimal dalam membentuk antibodi spesifik.

c. Pemantauan Suhu

Berdasarkan hasil pengumpulan data yang tersaji pada aspek pemantauan suhu menunjukkan variasi kepatuhan antara komponen instrumen fisik dan digital. Pencatatan grafik pemantauan suhu secara rutin, ketersediaan termometer eksternal, dan kondisi *Vaccine Vial Monitor* (VVM) pada kategori aman (Kondisi A atau B) telah mencapai persentase mutlak sebesar 100%. Namun, deviasi dari standar teknis ditemukan pada ketersediaan termometer internal yang hanya mencapai 85% (23 instansi) dan keberadaan perangkat *freeze tag* yang fungsional sebesar 65% (19 instansi). Ketidaktersediaan termometer internal pada 3 Puskesmas (15%) disebabkan secara regulasi, kondisi ini tidak sejalan dengan Pedoman Pengelolaan Vaksin di Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang mewajibkan validasi ganda suhu (internal dan eksternal) untuk meminimalkan bias pembacaan alat (*instrumental error*). Meskipun demikian, risiko kerusakan antigen akibat tidak berfungsi nya termometer internal ini dapat di cegah dengan baik oleh dua faktor utama: tingkat kepatuhan petugas dalam pengisian grafik suhu manual (100%) dan integrasi teknologi digital. Sebesar 95% responden melaporkan bahwa lemari es penyimpanan mereka telah terhubung dengan Aplikasi SMILE (Sistem Monitoring Imunisasi Logistik Elektronik). Sistem peringatan dini berbasis IoT (*Internet of Things*) pada aplikasi SMILE terbukti efektif mengirimkan alarm otomatis ke perangkat seluler petugas sesaat setelah suhu internal bergerak keluar dari rentang aman 2°C hingga 8°C. faktor kerusakan alat yang belum ter-replika dengan unit baru. Implikasi langsung dari absennya termometer internal ini menyebabkan pemantauan suhu internal kulkas pada 3 fasilitas tersebut tidak dapat dinilai secara akurat. Integrasi pemantauan digital ini memperkuat hasil penelitian dari Sari *et al.* (2022) dalam Jurnal MATRIK, yang menyatakan bahwa digitalisasi rantai dingin melalui platform *real-time monitoring* mampu memangkas waktu respons petugas dalam menanggulangi fluktuasi suhu ekstrim hingga di bawah 15 menit. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas pengelola vaksin di Kabupaten Sragen berusia di atas 40 tahun (80,76%) dan berlatar belakang profesi Bidan (96,1%). Meskipun Sistem Monitoring Imunisasi dan Logistik Elektronik (SMILE) telah terintegrasi sebesar 95% di wilayah Sragen, terdapat kesenjangan kapabilitas (*digital divide*) antara pencatatan manual dan rekapitulasi digital. Petugas berusia senior umumnya memiliki tingkat kecermatan teknis yang sangat tinggi dalam menjaga kerapian kebersihan kulkas dan pengisian kartu grafik suhu manual. Namun, ketika dihadapkan pada interupsi sistem digital seperti penanganan notifikasi *alarm aler*t pada ponsel saat terjadi fluktuasi suhu di luar jam kerja petugas senior kerap mengalami *technostress* atau keterlambatan respons. Fenomena ini sejalan dengan teori Technology *Acceptance Model* (TAM), di mana kemudahan penggunaan (*perceived ease of use)* teknologi pemantauan IoT berbanding terbalik dengan tingkat usia pengelola.

Pengalihan tanggung jawab pengelolaan vaksin kepada Bidan (akibat minimnya Tenaga Teknis Kefarmasian di Puskesmas) juga menambah beban kerja ganda (*double burden*). Bidan pengelola harus membagi konsentrasi antara pelayanan kebidanan klinis, persalinan, dan manajemen rantai dingin. Tanpa adany*a refresher training* digital secara berkala dari Dinas Kesehatan Kabupaten Sragen, efektivitas sistem pemantauan suhu otomatis SMILE tidak akan memberikan dampak optimal terhadap perlindungan mutu vaksin.

Di sisi lain, temuan mengenai tingginya kerusakan komponen *freeze tag* sebesar 35% (7 Puskesmas) merupakan catatan kritis yang memerlukan perhatian manajemen logistik. *Freeze tag* bertindak sebagai indikator mutlak untuk mendeteksi apakah kelompok vaksin sensitif beku *(freeze-sensitive)* seperti DPT-HB-Hib, DT, dan Td pernah terpapar suhu di bawah 0°C yang dapat membekukan dan merusak potensinya secara permanen. Fenomena tingginya kerusakan alat pemantau beku ini selaras dengan analisis kendala yang dipublikasikan oleh Susanto & Rahmawati (2021) pada Jurnal Gizi dan Kesehatan, yang mengidentifikasi bahwa lemahnya mekanisme kalibrasi berkala dan lambatnya prosedur *maintenance* dari dinas terkait sering kali membiarkan komponen kritikal rantai dingin tetap dalam kondisi rusak untuk waktu yang lama.

Kualitas biologis vaksin dalam penelitian ini masih terjaga dengan sangat baik, dibuktikan dengan status VVM yang 100% berada dalam Kondisi A. Keberhasilan mempertahankan VVM Kondisi A ini membuktikan bahwa kombinasi pemantauan termometer eksternal yang patuh, pelaporan grafik berkala, serta bantuan proteksi digital dari aplikasi SMILE mampu menutupi celah kekurangan instrumen fisik (*freeze tag* dan termometer internal) yang sempat terjadi kerusakan di beberapa Puskesmas objek penelitian. Secara farmasetik dan imunologis, vaksin kelompok FS menggunakan garam aluminium (seperti *aluminium phosphate atau aluminium hydroxide*) sebagai adjuvan untuk meningkatkan respon imun tubuh. Apabila suhu penyimpanan merosot hingga di bawah 0°C, air di dalam sediaan akan membeku dan membentuk kristal es. Pembentukan kristal es ini secara permanen merusak struktur ikatan koloid antara adjuvan aluminium dan antigen protein. Proses ini menyebabkan adjuvan menggumpal (*agglomeration*) dan mengendap di dasar *vial.* Ketika diinjeksikan ke pasien, vaksin yang telah terurai ini tidak hanya kehilangan daya imunogenisitasnya secara drastis, tetapi gumpalan kristal adjuvan tersebut berpotensi memicu reaksi lokal pasca-imunisasi (KIPI) yang berat seperti abses steril dan granuloma. Oleh karena itu, pada fasilitas kesehatan yang mengalami kerusakan *freeze tag*, petugas pengelola wajib menguasai dan menerapkan Uji Kocok (*Shake Test*) sesuai standar WHO serta Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 12 Tahun 2017, petugas wajib memiliki kompetensi teknis untuk melakukan Uji Kocok (*Shake Test*). Uji Kocok dilakukan dengan cara membandingkan secara visual kecepatan pengendapan antara botol vaksin yang dicurigai pernah beku dengan botol vaksin kontrol dari jenis dan produsen yang sama yang sengaja dibekukan hingga beku sempurna lalu dicairkan. Secara ilmiah, vaksin yang telah rusak akibat pembekuan akan mengalami pemisahan fase yang lebih cepat (pengendapan partikel adjuvan terjadi dalam kurun waktu kurang dari 15–30 menit) dibanding vaksin yang masih normal.

Jika hasil Uji Kocok menunjukkan kecepatan pengendapan vaksin uji sama atau lebih cepat dari vaksin kontrol beku, maka sediaan tersebut terbukti telah mengalami kerusakan struktur akibat suhu beku dan harus dikarantina untuk kemudian dimusnahkan. Sebaliknya, jika pengendapan terjadi lebih lambat dari kontrol, vaksin dinyatakan masih layak dan aman digunakan. Penguasaan prosedur Uji Kocok ini sangat krusial bagi petugas Puskesmas demi menjamin keamanan pasien (*patient safety*) sekaligus mencegah pemborosan logistik vaksin yang tidak perlu (*preventable vaccine wastage*) akibat penanganan yang keliru. Apabila mencurigai adanya paparan suhu dingin ekstrem. Kegagalan mendeteksi kerusakan akibat

pembekuan jauh lebih berbahaya dibandingkan kerusakan akibat panas, karena perubahan fisik vaksin beku sering kali tidak terlihat secara kasat mata tanpa pengujian kocok yang cermat (Mitrevski *et al.* (2021).

d. Penataan Vaksin

Berdasarkan hasil observasi pada tabel 4.5 aspek penataan vaksin seluruh objek penelitian yang meliputi 1 Instalasi Farmasi dan 25 Puskesmas (100%) telah mengimplementasikan tata cara penataan vaksin yang sepenuhnya sesuai dengan standar teknis penataan logistik rantai dingin. Indikator kesesuaian ini dinilai dari pemberian jarak antar-kotak vaksin sebesar 1–2 cm), peletakan vaksin jenis *Heat Sensitive* (HS) di area dekat evaporator, serta peletakan jenis vaksin Freeze *Sensitive* (FS) di area yang menjauhi komponen evaporator.. Pemberian celah atau jarak berkisar 1–2 cm di antara kemasan sekunder vaksin merupakan prosedur mekanis yang utama. Ruang kosong ini berfungsi memfasilitasi sirkulasi udara dingin secara konveksi alami di dalam kompartemen lemari es agar dapat terdistribusi secara homogen. Tanpa adanya jarak yang memadai, penumpukan kotak vaksin yang terlalu padat dapat menciptakan aliran udara panas (*heat pockets*) yang memicu penurunan potensi vaksin akibat distribusi suhu yang tidak merata.

Selain jarak fisik, penempatan berdasarkan sifat termal vaksin (HS dan FS) juga telah diterapkan secara mutlak. Kelompok vaksin *Heat Sensitive* seperti BCG dan Campak/MR memerlukan perlindungan ekstra terhadap paparan suhu tinggi sehingga peletakannya didekatkan ke area dingin dekat evaporator. Sebaliknya, kelompok vaksin *Freeze Sensitive* seperti TT, DT, Td, Hepatitis B, dan DPT-HB-Hib diletakkan menjauhi evaporator karena sangat rentan mengalami kerusakan fisik jika terpapar suhu beku di bawah 0 °C. Penempatan yang jauh dari sumber dingin ini bertujuan untuk mencegah pembekuan yang dapat merusak ikatan serta menurunkan potensi vaksin secara permanen (Kemenkes, 2021).

Kepatuhan 100% ini memperkuat studi yang dipublikasikan oleh Purnama *et.al*. (2020) dalam Jurnal Farmasi Klinik Indonesia, yang menegaskan bahwa penataan vaksin yang presisi berdasarkan pemetaan sensitivitas suhu di dalam lemari es merupakan faktor determinan utama yang mencegah terjadinya kegagalan efikasi klinis pasca-tindakan imunisasi.

e. Persediaan dan Distribusi Vaksin

Keberhasilan pengelolaan stok dan proses penyaluran vaksin di setiap fasilitas pelayanan kesehatan sangat bergantung pada kepatuhan petugas terhadap beberapa aspek utama. Aspek penting yang wajib dipantau meliputi buku dokumen pencatatan logistik vaksin yang diperbarui secara rutin, pengawasan kondisi kekosongan persediaan (*stock out)* maupun kelebihan persediaan (*over stock)*, pemantauan masa kedaluwarsa vaksin, ketepatan jadwal pendistribusian, serta kesesuaian jenis vaksin yang tersedia dengan kebutuhan pelayanan di masing-masing puskesmas. Pengelolaan logistik yang baik akan mendukung tersedianya vaksin dalam jumlah yang cukup, bermutu, serta siap digunakan dalam setiap kegiatan pelayanan imunisasi, karena mutu vaksin menjadi faktor penentu keberhasilan program imunisasi (Noviani & Yuniar, 2021). Buku catatan vaksin tersebut dimanfaatkan oleh petugas untuk mendokumentasikan penerimaan vaksin, jumlah vaksin yang digunakan, sisa persediaan, nomor *batch*, serta tanggal kedaluwarsa sehingga memudahkan proses pemantauan stok vaksin secara berkala (Oktaviani, 2022).

Evaluasi tata kelola administratif dan manajemen logistik yang tercantum pada Tabel 4.6 memperlihatkan capaian performa yang sangat ideal. Seluruh instansi (100%) memiliki buku atau kartu catatan persediaan vaksin yang aktif dan terbaru. Dari segi pengendalian kuantitas stok, tidak ditemukan adanya fenomena kehabisan stok (*stock out)* maupun penumpukan stok berlebih (*over stock*) pada seluruh unit pelayanan. Lebih lanjut, aspek keamanan produk sangat terjamin dengan tidak ditemukannya vaksin kedaluwarsa, baik saat

observasi lapangan langsung maupun dalam rekam jejak pelaporan enam bulan terakhir. Ketiadaan kondisi *stock out* dan *over stock* mencerminkan bahwa mekanisme perencanaan logistik dan penentuan batas stok aman antara Instalasi Farmasi Kabupaten/Kota dengan Puskesmas jaringannya telah berjalan secara sinkron. Kondisi *over stock* harus dihindari karena berisiko memperpanjang masa tinggal vaksin di faskes dasar yang ruang penyimpanannya terbatas, yang pada akhirnya memperbesar peluang terjadinya kedaluwarsa produk sebelum terpakai. Sementara itu, ketiadaan *stock out* memastikan kontinuitas program imunisasi di masyarakat tidak terhambat. Tertibnya pengelolaan administrasi stok ini berkorelasi langsung dengan tidak adanya produk kedaluwarsa di lapangan. Keberadaan buku catatan persediaan memungkinkan petugas menerapkan sistem rotasi stok secara ketat menggunakan prinsip *First Expired First Ou*t (FEFO) dan *First In First Out* (FIFO). Hasil temuan ini sejalan dengan penelitian dari Indrayani & Handayani (2021) dalam International *Journal of Health Sciences*, yang mengemukakan bahwa kualitas manajemen logistik farmasi di puskesmas sangat dipengaruhi oleh konsistensi pencatatan kartu stok. Sistem FEFO yang dikombinasikan dengan pencatatan yang akurat merupakan benteng pertahanan utama dalam mengeliminasi kerugian material akibat vaksin yang kedaluwarsa serta menjamin bahwa hanya vaksin dengan masa aktif optimal yang didistribusikan kepada masyarakat. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan adanya pemahaman yang sangat kuat pada beberapa aspek makro, namun sekaligus menyingkap adanya defisit pemahaman kritis pada aspek mikro yang bersifat aplikatif. Capaian optimal (100%) pada aspek penataan vaksin berbasis *First Expired First Out* (FEFO) dan ketiadaan kejadian *stock-out* maupun kedaluwarsa dalam enam bulan terakhir menunjukkan bahwa Instalasi Farmasi Kabupaten Sragen bersama Puskesmas telah menjalankan siklus perencanaan kebutuhan logistik secara presisi. Integrasi penyediaan pasokan listrik cadangan (genset 100%) dan ketersediaan *Ice-Lined Refrigerator* (ILR) *tipe top-opening* terbukti efektif menjaga kestabilan termal produk biologis dari ancaman pemadaman listrik arus utama.

Capaian sempurna dengan persentase kebenaran 100% berhasil diidentifikasi pada beberapa aspek, antara lain definisi fungsional rantai dingin, larangan paparan sinar matahari langsung pada *Ice Lined Refrigerator (ILR*), prinsip penataan logistik berdasarkan gradien suhu, serta larangan penggunaan tas biasa untuk mobilisasi vaksin ke pos pelayanan satelit seperti Posyandu. Untuk menjamin kelancaran program imunisasi, vaksin harus selalu tersedia dalam jumlah dan jenis yang sesuai dengan kebutuhan pelayanan. Distribusi vaksin dari Dinas Kesehatan kabupaten ke puskesmas dilakukan melalui pengiriman langsung oleh dinas kesehatan atau diambil oleh pihak puskesmas berdasarkan permintaan resmi, dengan mempertimbangkan stok maksimum serta kapasitas penyimpanan yang tersedia di puskesmas. Perhitungan kebutuhan vaksin di puskesmas biasanya didasarkan pada estimasi kebutuhan satu bulan pelayanan ditambah *buffer stock* sebesar 10% (Kemenkes, 2021). Proses distribusi dari dinas kesehatan ke puskesmas dilakukan menggunakan *cold box* untuk menjaga stabilitas suhu vaksin selama pengiriman, sedangkan *vaccine carrier* digunakan pada tahap distribusi dari puskesmas ke pos pelayanan seperti desa atau posyandu agar kualitas vaksin tetap terjaga hingga digunakan (Kemenkes, 2021). Ketersediaan stok vaksin yang rutin dan lengkap di seluruh fasilitas pelayanan kesehatan ini juga sejalan dengan hasil penelitian evaluasi perbandingan sistem rantai dingin penyimpanan vaksin yang menunjukkan konsistensi ketersediaan stok vaksin untuk mendukung imunisasi dasar.

Keberhasilan pengelolaan vaksin di seluruh puskesmas juga telah didukung secara digital melalui pengoperasian aplikasi SMILE (Sistem Monitoring Imunisasi dan Logistik Elektronik) oleh petugas pengelola vaksin (bidan, perawat, maupun apoteker). Aplikasi ini

memungkinkan pemantauan stok secara real-time, memantau ketersediaan, grafik pemakaian, riwayat distribusi, serta pemantauan suhu lemari es pada rentang 2 °C sampai 8 °C. Fitur notifikasi otomatis pada SMILE akan memberikan peringatan jika terjadi penyimpangan suhu di luar batas standar sehingga membantu petugas menjaga mutu rantai dingin vaksin secara optimal (Kemenkes, 2021).

Hal ini sejalan dengan penelitian Analisis Efisiensi Pengelolaan Vaksin Imunisasi di Puskesmas Kabupaten Kampar yang menyatakan bahwa pengamatan dilakukan terhadap penyimpanan vaksin di gudang vaksin, meliputi kondisi lemari es, pemeliharaan sarana cold chain, serta pendistribusian vaksin imunisasi, yang kemudian dibandingkan dengan Pedoman Pengelolaan Vaksin Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Tahun 2021 (Kusumadewi, 2020).

Keberhasilan pengelolaan rantai dingin vaksin dipengaruhi oleh keikutsertaan petugas dalam pelatihan teknis pengelolaan vaksin. Berdasarkan hasil konfirmasi lanjut kepada 26 responden, sebanyak 25 petugas telah mengikuti pelatihan formal manajemen rantai dingin vaksin dan pelatihan imunisasi dasar bagi Bidan yang memiliki sertifikat pelatihan resmi, sedangkan petugas yang belum memiliki sertifikat pelatihan resmi merupakan petugas baru yang ditugaskan untuk mengelola vaksin dan belum mengikuti pelatihan bersertifikat dikarenakan belum ada penyelenggaraan program pelatihan resmi kembali dari Kementerian Kesehatan. Selama masa penyesuaian, petugas baru telah mengikuti kegiatan sosialisasi atau pelatihan secara *online* serta kegiatan penyegaran (*refreshing*), namun kegiatan tersebut tidak disertai dengan penerbitan sertifikat.

Ketiadaan sertifikat pada petugas baru tidak mengurangi kepatuhan pengelolaan rantai dingin di puskesmas, karena proses edukasi berkala melalui *refreshing*, pembimbingan langsung oleh petugas senior yang telah bersertifikat, serta pendampingan tetap berjalan dengan baik. Hal ini sejalan dengan ketentuan Permenkes Nomor 12 Tahun 2017 yang menekankan pentingnya kualifikasi dan kompetensi petugas melalui edukasi serta pelatihan. Pendaftaran pelatihan formal bersertifikat bagi petugas baru tetap perlu diprioritaskan saat program dari Kementerian Kesehatan kembali diadakan untuk menjamin standardisasi pengelolaan rantai dingin Vaksin di Kabupaten Sragen.

3. Hubungan Karakteristik Petugas terhadap Pengetahuan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai tingkat pengetahuan petugas pengelola vaksin, secara umum responden menunjukkan pemahaman yang sangat baik terhadap sistem pengelolaan rantai dingin (*cold chain)* vaksin. Total responden dalam penelitian ini adalah 26 petugas pengelola vaksin di fasilitas kesehatan. Tingkat pengetahuan petugas merupakan faktor penentu utama dalam menjamin kualitas, potensi, dan efektivitas vaksin dari pabrik pembuat hingga sampai ke sasaran imunisasi (World Health Organization,2022). Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh petugas (100%) telah memahami definisi dan esensi utama dari sistem rantai dingin *(cold chain)* vaksin sebagai instrumen vital dalam menjaga mutu produk biologis. Pemahaman yang sempurna ini linier dengan data bahwa sebagian besar petugas (85%) menyadari korelasi langsung antara ketepatan penyimpanan vaksin dengan pencegahan Kejadian Luar Biasa (KLB) penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi (PD3I). Secara teoretis, rantai dingin bukan sekadar prosedur logistik, melainkan sistem perlindungan bio-reaktif yang tidak boleh terputus karena sifat vaksin yang sangat rentan terhadap perubahan lingkungan (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia , 2021). Terkait dampak ekonomi dari manajemen vaksin, sebanyak 80% responden memahami bahwa kegagalan penanganan berdampak pada pembengkakan biaya pengadaan akibat kerusakan (*vaccine wastage)*, dan 90% responden sepakat bahwa tata kelola yang buruk dapat mendegradasi kepercayaan masyarakat. Menurut analisis plot data, pemahaman ini mengindikasikan bahwa sebagian besar petugas memiliki kesadaran holistik mengenai

aspek manajerial Puskesmas. Kerusakan vaksin tidak hanya merugikan keuangan negara secara masif, tetapi juga menurunkan kepercayaan layanan kesehatan akibat keraguan masyarakat terhadap pelayanan imunisasi (Afifah *et al*., 2022). Terdapat minoritas kecil petugas (10%–20%) yang belum tepat dalam merespons indikator ini menunjukkan perlunya penguatan edukasi mengenai aspek akuntabilitas material dan dampak makro dari program imunisasi nasional.

Akurasi petugas dalam mengidentifikasi temperatur penyimpanan menjadi titik kritis dalam pengelolaan logistik farmasi. Dari hasil penelitian memperlihatkan 95% responden mengetahui bahwa kelompok vaksin BCG, DPT-HB-Hib, dan Campak harus dipertahankan pada rentang suhu ideal 2°C hingga 8°C. Namun, tantangan kognitif muncul ketika berhadapan dengan karakteristik sensitivitas beku (f*reeze-sensitive*). Terlihat dari data bahwa 25% responden salah dalam memahami bahwa vaksin TT tidak boleh terpapar suhu beku (-15°C hingga -25°C), dan 25% responden lainnya belum memahami posisi vaksin Polio sebagai satu-satunya vaksin yang bersifat sensitif panas (*heat-sensitive*) sehingga justru memerlukan penyimpanan beku pada tingkat distributor/puskesmas tertentu jika dalam jangka panjang. Kesalahan identifikasi sifat termal vaksin ini berpotensi fatal. Vaksin sensitif beku seperti TT, DT, Td, dan Hepatitis B mengandung alumiunium ajudan yang apabila membeku akan mengalami kristalisasi, mengakibatkan kerusakan struktur antigen secara permanen dan memicu reaksi lokal pasca-suntikan yang parah (Kartika & Handayani, 2023). Ketidakpahaman sebagian petugas (25%) mengenai ketahanan vaksin Tetanus Toxoid (TT) terhadap suhu beku berpotensi memicu kesalahan penanganan saat terjadi penurunan suhu lemari es ekstrem. Secara farmakologis, pembekuan pada vaksin sensitif beku memicu pembentukan kristal es yang memecahkan ikatan antara antigen protein dengan presipitat adjuvant aluminium hidroksida atau aluminium fosfat. Ikatan yang terputus ini menurunkan kemampuan deposisi antigen di jaringan tubuh, sehingga secara signifikan mengikis daya pembentukan respons antibodi spesifik pada penerima imunisasi. Hal ini sejalan dengan temuan Prasetyo *et al.* (2023) yang menegaskan bahwa kekeliruan membedakan karakteristik termal disebabkan oleh minimnya visualisasi proteksi produk pada media penyimpanan.

Dalam aspek pengelolaan infrastruktur, responden menunjukkan kepatuhan kognitif yang sangat tinggi. Sebanyak 100% petugas mengetahui bahwa unit pendingin seperti *Ice-Lined Refrigerator (ILR)* dan *freezer* tidak boleh terpapar sinar matahari langsung dan penataannya harus didasarkan pada tingkat sensitivitas suhu produk. Selain itu, 90% responden memahami regulasi *higienitas*, yakni larangan mencampur makanan/minuman personal di dalam lemari es vaksin, serta mengetahui urgensi melakukan pencairan bunga es (*defrosting*) apabila ketebalan telah mencapai ≥.0,5 cm. Regulasi penempatan ILR menjauh dari paparan termal eksternal bertujuan untuk meminimalkan beban kerja kompresor dan menjaga kestabilan fluktuasi suhu internal (WHO, 2022). Kepatuhan petugas terhadap aturan defrosting juga esensial, mengingat lapisan es yang tebal berfungsi sebagai isolator panas yang justru menghambat transfer dingin dari evaporator ke ruang penyimpanan vaksin, memicu kenaikan suhu internal lemari es (Sari & Rahmawati, 2024). Instrumen pemantauan berupa termometer internal juga telah dipahami dengan baik fungsinya oleh 90% petugas, yang mana alat tersebut merupakan garda pertama deteksi dini *freeze-injury* maupun *heat-injury* pada vaksin selama disimpan di fasilitas kesehatan (Kemenkes RI, 2021).

Komponen pengetahuan terkait pemantauan kondisi fisik vaksin menunjukkan dinamika data yang paling menonjol. Pada aspek pengujian potensi paparan beku menggunakan metode uji kocok (*shake test*), petugas menunjukkan tingkat pemahaman yang solid: 95% memahami fungsinya dan 85% mengetahui interpretasi hasilnya, di mana

adanya endapan atau pemisahan fase yang cepat pasca-pengocokan menandakan vaksin telah rusak dan harus dibuang. Uji kocok merupakan standar baku emas (*gold standard*) lapangan untuk memastikan apakah struktur koloid ajudan alumunium telah rusak akibat pembekuan inadvertan (Kemenkes RI, 2021). Temuan bahwa 50% petugas menginterpretasikan *Vaccine Vial Monitor* (VVM) kondisi B sebagai indikator vaksin kedaluwarsa yang harus dibuang menunjukkan adanya gap kognitif yang signifikan dalam manajemen logistik imunisasi. Secara regulasi dan biofarmasetika, VVM kondisi B menandakan bahwa vaksin telah terpapar akumulasi suhu panas secara gradual namun belum mencapai titik kerusakan struktur antigenik, sehingga justru harus diprioritaskan penggunaannya (early *warning system*). Kesalahpahaman ini memicu fenomena *unnecessary vaccine wastage* yang berdampak pada pemborosan anggaran pengadaan negara serta risiko terjadinya kekosongan stok (*stock-out*) artifisial di tingkat pelayanan dasar. Namun, temuan paling penting dan memerlukan intervensi segera dalam penelitian ini adalah rendahnya pengetahuan petugas mengenai instrumen *Vaccine Vial Monitor* (VVM). Sementara itu, untuk kondisi VVM C, tingkat pemahaman kembali tinggi di angka 90%.

Secara regulasi internasional dan nasional, indikator VVM terbagi menjadi empat tingkatan visual:

a. Kondisi A: Segi empat lebih terang dari lingkaran. Vaksin boleh digunakan.
b. Kondisi B: Segi empat mulai berubah gelap tetapi masih lebih terang dari lingkaran. Vaksin harus segera digunakan terlebih dahulu (prioritas utama penggunaan) sebelum bergeser ke kondisi berikutnya.
c. Kondisi C: Segi empat sama warnanya dengan lingkaran. Vaksin TIDAK BOLEH digunakan.
d. Kondisi D: Segi empat lebih gelap dari lingkaran. Vaksin TIDAK BOLEH digunakan.

Kesalahan fatal interpretasi pada kondisi VVM B (di mana 50% petugas mengira vaksin tidak boleh digunakan) berdampak langsung pada tingginya angka pembuangan vaksin secara sia-sia (*unnecessary vaccine wastage*). Petugas membuang vaksin yang sebenarnya masih memiliki potensi penuh dan secara legal aman untuk disuntikkan kepada pasien (WHO, 2022).

Fenomena kesalahpah ini umumnya berakar dari pola pikir konservatif petugas yang menggeneralisasi bahwa segala bentuk perubahan warna pada indikator berarti produk telah rusak, tanpa memahami gradasi kumulatif paparan panas yang direpresentasikan oleh VVM. Penelitian sejenis oleh Utami *et al.* (2025) juga menemukan bahwa pemahaman VVM B merupakan titik terlemah petugas pengelola logistik farmasi karena Kurangnya simulasi visual yang dinamis saat pelatihan berkala dilaksanakan. Kesalahpahaman ini merupakan masalah manajemen logistik yang fatal. Secara prinsip dasar Effective Vaccine Management (EVM), stiker VVM Kondisi B menunjukkan bahwa vaksin telah menerima akumulasi paparan panas tertentu, namun kualitas dan potensi antigen di dalamnya masih memenuhi syarat untuk disuntikkan. Justru, pedoman Kemenkes RI dan WHO menegaskan bahwa vaksin dengan VVM Kondisi B harus ditempatkan pada prioritas paling utama untuk segera digunakan terlebih dahulu (melebihi prinsip FIFO/FEFO standar), selama tanggal kedaluwarsa cetak (printed expired date) belum terlampaui. Dampak dari tingginya salah persepsi petugas (50%) ini adalah terjadinya *preventable vaccine wastage* (pembuangan vaksin yang sebenarnya masih layak pakai). Petugas yang menganggap VVM B sebagai produk rusak cenderung membuang *vial* tersebut atau menolak mendistribusikannya ke bidan desa. Hal ini memicu pemborosan anggaran negara secara signifikan dan berisiko menciptakan kelangkaan stok (*stock-out*) di tingkat pelayanan dasar (Kartika *et al*. 2023). Pada sub-komponen terakhir mengenai mobilitas rantai dingin, 95% responden memahami

bahwa pendistribusian dari tingkat Kabupaten ke Puskesmas wajib menggunakan sarana *cold box*, dan 100% responden sepakat bahwa pelaksanaan imunisasi di Posyandu dilarang menggunakan tas biasa, melainkan wajib menggunakan *vaccine carrier* standar yang dilengkapi dengan *cool pack / ice pack* yang sesuai. Pemahaman mutlak ini menjamin bahwa fluktuasi suhu luar selama proses transportasi dinamis (mobilisasi lapangan) dapat diredam dengan baik, sehingga meminimalisir risiko penurunan potensi vaksin sebelum disuntikkan kepada masyarakat di pos-pos pelayanan garis depan (Prasetyo *et al.*, 2023).

Dalam penelitian ini dilakukan analisis deskriptif terhadap skor kuesioner petugas. Berdasarkan hasil analisis diperoleh rata-rata skor kuesioner yaitu 18,19, dengan skor minimum 13 dan skor maksimum 20. Hasil analisis tersebut digunakan untuk analisis *crosstab* menggunakan uji *chi-square* untuk mengetahui hubungan karakteristik petugas terhadap pengetahuan mengenai rantai dingin vaksin. Analisis *crosstab* dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS. Rata-rata (*mean*) digunakan sebagai parameter untuk menentukan tingkat pengetahuan petugas, pengetahuan dikatakan baik apabila skor kuesioner >18,19 maka pengetahuan petugas dikatakan baik, dan apabila skor kuesioner <18,19 maka pengetahuan petugas dikatakan buruk.

Tabel 1 Hubungan Karakteristik Petugas terhadap Pengetahuan tentang Rantai Dingin Vaksin

No.	**Karakteristik**	**Jumlah**		**P value**
		Baik >18,19 n (%)	**Buruk <18,19 n (%)**	
1.	**Umur**			0,540
	>40 tahun	15 (57,6)	7 (26,9)	
	< 40 tahun	4 (15,3)	0 (0)	
2.	**Pendidikan**			
	D3 Farmasi	1 (100)	0(0)	1,000
	D3 Kebidanan	6 (66,6)	3 (33,3)	
	D4 Kebidanan	2 (100)	0 (0)	
	Profesi Kebidanan	10 (71,4)	4 (28,5)	
3.	**Lama bekerja**			
	>5 tahun	15 (75)	5 (25)	1,000
	<5 tahun	4 (66,6)	2 (33,3)	

Dari tabel tersebut menunjukkan profil distribusi frekuensi data, di mana pada variabel Umur, seluruh sampel yang valid terkonsentrasi pada kelompok usia >40 tahun, yaitu sebanyak 15 responden (57,6%) berpengetahuan baik dan 26,9% berpengetahuan buruk), sementara kelompok usia <40 tahun sebanyak 4 responden (15,3%) berpengetahuan baik, dan yang berpengetahuan buruk memiliki frekuensi nol (0%). Data deskriptif menunjukkan bahwa mayoritas petugas berusia matang (>40 tahun) memiliki pengetahuan yang baik (57,6%). Kematangan usia sering kali berkorelasi secara linier dengan akumulasi pengalaman hidup dan stabilitas emosional dalam menjalankan prosedur klinis yang krusial. Namun, pengetahuan yang baik tentang rantai dingin vaksin tidak semata-mata dibentuk oleh faktor biologis usia. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Septimawanto *et al*. (2021) yang menyatakan bahwa faktor usia tidak menjadi penentu mutlak kapasitas kognitif seorang tenaga kesehatan terhadap manajemen *cold chain*, melainkan dipengaruhi oleh frekuensi paparan informasi teknis terbaru dan pengawasan dari instansi terkait. Petugas dengan usia di atas 40 tahun cenderung memiliki kestabilan kerja, namun tetap memerlukan pembaruan informasi agar tidak mengalami degradasi keilmuan akibat perubahan regulasi pengelolaan vaksin global (UNICEF, 2020).

Hasil analisis bivariat pada variabel tingkat pendidikan formal petugas menggunakan uji *Chi-Squar*e yang dilanjutkan dengan uji alternatif *Fisher's Exact Test* dikarenakan syarat sel *expected count < 5* pada uji *Chi-Square* tidak terpenuhi *m*enghasilkan nilai p value

= 1,000 (p > 0,05). Nilai p-value sebesar 1,000 ini menunjukkan bahwa secara statistik sama sekali tidak terdapat hubungan maupun perbedaan yang signifikan antara latar belakang pendidikan formal petugas (D3 Farmasi, D3 Kebidanan, D4 Kebidanan, dan Profesi Kebidanan) dengan tingkat pengetahuan pengelolaan rantai dingin (*cold chain*) vaksin. Angka p-value yang sempurna 1,000 mengindikasikan bahwa distribusi tingkat pengetahuan yang baik tersebar secara merata di seluruh jenjang pendidikan, di mana seluruh lulusan D3 Farmasi (100%) dan D4 Kebidanan (100%) memiliki pengetahuan baik, diikuti oleh Profesi Kebidanan (71,4%) dan D3 Kebidanan (66,6%). Tidak signifikannya hasil uji statistik ini mengimplikasikan bahwa tingkat pendidikan formal dasar (baik diploma maupun profesi) pada dasarnya telah membekali kurikulum dasar kesehatan yang memadai. Namun, pemahaman aplikasi teknis yang spesifik seperti membaca indikator *Vaccine Vial Monitor* (VVM) kondisi B, vaksin sensitif beku, dan respons deviasi suhu lebih banyak dipengaruhi oleh paparan pelatihan praktis (*in-service training*) serta pengalaman operasional harian di lapangan dibandingkan tingginya pendidikan formal yang ditempuh (Syahrul *et al*., 2021). Temuan ini sejalan dengan studi korelatif oleh Syahrul *et al*. (2021) yang mengungkapkan bahwa latar belakang pendidikan formal medis atau kesehatan memang menjadi fondasi awal, tetapi tidak serta-merta menjamin kesiapan penuh petugas di lapangan jika tidak didukung oleh *workshop* atau pelatihan berkala mengenai manajemen rantai dingin. Menegaskan bahwa tingkat pendidikan yang lebih tinggi tidak selalu berbanding lurus dengan pemahaman operasional *cold chain*, mengingat aspek ini bersifat sangat teknis, dinamis, dan terus mengalami pembaruan standar panduan teknis (Zahra *et al.*, 2024)

Fakta bahwa variasi jenjang pendidikan ini tidak menghasilkan perbedaan bermakna secara statistik mengindikasikan bahwa kurikulum dasar pendidikan kesehatan (baik diploma maupun profesi) pada dasarnya telah membekali dengan konsep dasar imunisasi. Namun, pengetahuan aplikatif dan spesifik mengenai *cold chain management* seperti pemantauan suhu ekstrem, pembacaan indikator *Vaccine Vial Monitor* (VVM), dan kerusakan vaksin sensitif beku atau panas lebih banyak diperoleh melalui pelatihan klinis pasca kelulusan *(in-service training)* dibandingkan dari strata pendidikan formalnya.

Sama halnya dengan variabel pendidikan, variabel lama bekerja juga menghasilkan nilai p-value sebesar 1,000 (p > 0,05) dengan *fisher's exact test.* Hal ini menegaskan bahwa durasi masa kerja petugas, baik yang dikategorikan baru (<5 tahun) maupun yang sudah senior (>5 tahun), tidak menjadi faktor pembeda yang signifikan terhadap tingkat pengetahuan mereka mengenai sistem rantai dingin vaksin. Secara deskriptif, petugas dengan masa kerja >5 tahun memiliki persentase pengetahuan baik sebesar 75%, yang relatif setara dengan petugas bermasa kerja <5 tahun sebesar 66,6%. Secara teoretis, petugas dengan masa kerja yang lebih lama diasumsikan memiliki paparan kasus dan rutinitas yang membentuk pemahaman mendalam. Namun, hasil penelitian ini membuktikan sebaliknya petugas baru pun mampu memiliki pengetahuan yang setara dengan petugas senior. Hal ini dapat terjadi karena petugas baru cenderung memiliki retensi memori yang lebih segar terkait materi perkuliahan mutakhir atau memiliki motivasi tinggi untuk mempelajari Standar Operasional Prosedur (SOP) yang berlaku di fasilitas pelayanan kesehatan tersebut. Fenomena ketidakbermaknaan masa kerja ini sejalan dengan laporan penelitian dari Zahra *et al*. (2024), yang menyebutkan bahwa masa kerja yang lama tanpa disertai penyegaran kompetensi (*retraining*) dapat menimbulkan efek jenuh (burnout) atau kelalaian prosedural, sehingga pengetahuan petugas senior dapat sama atau bahkan berada di bawah petugas yang baru bekerja. Di samping itu, Smith dan Nsubuga (2023) dalam studinya mengenai *vaccine supply* chain menambahkan bahwa faktor intervensi berupa pelatihan terakreditasi dan supervisi klinis secara aktif jauh lebih dominan dalam memengaruhi pengetahuan dan

kepatuhan petugas daripada sekadar akumulasi angka tahun masa kerja di fasilitas kesehatan.

Berdasarkan hasil analisis hubungan antara umur dengan pengetahuan menggunakan uji *Fisher's Exact Test,* diperoleh nilai p value 0,540. Karena nilai signifikansi tersebut lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara umur dengan tingkat pengetahuan responden. Tidak adanya hubungan yang signifikan antara umur dan pengetahuan p-value 0,540 dalam penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan tidak hanya dipengaruhi oleh faktor usia semata. Pengetahuan dapat dibentuk oleh berbagai faktor lain yang tidak diteliti, seperti tingkat pendidikan, pengalaman, akses terhadap informasi, paparan media, maupun lingkungan sosial responden.

Tidak ditemukannya hubungan signifikan antara tingkat pendidikan formal serta masa kerja dengan pengetahuan pengelolaan *cold chain* ($p > 0,05$) memunculkan analisis teoretis tersendiri. Meskipun pendidikan formal pada jenjang S1 dirancang untuk membangun landasan pemikiran kritis dan sains dasar, kurikulum kesehatan pada umumnya berfokus pada kompetensi yang sangat luas. Dampaknya, porsi pembahasan mengenai petunjuk teknis operasional *cold chain* menjadi terbatas. Isu-isu spesifik di lapangan misalnya membaca indikator VVM, melakukan pemantauan suhu secara berkala, dan mengeksekusi penanganan kondisi darurat sering kali membutuhkan pemahaman praktis yang melebihi cakupan materi pendidikan akademis formal. Temuan ini juga sejalan dengan kondisi variabel masa kerja, di mana lama bekerja tidak menjamin pembaruan pengetahuan teknis petugas. Tanpa adanya pelatihan terhadap regulasi dan Prosedur Operasional Standar (POS) terbaru, daya ingat serta pemahaman teknis petugas rentan memudar. Oleh karena itu, keberadaan SOP fisik yang mudah diakses serta pelaksanaan pelatihan berkala menjadi faktor kunci dalam menjaga konsistensi pengetahuan petugas di Puskesmas. Pada fasilitas pelayanan kesehatan primer seperti Puskesmas, pemahaman teknis petugas imunisasi terkait *cold chain* pada dasarnya lebih dipengaruhi oleh intensitas pelatihan khusus serta ketersediaan Standar Operasional Prosedur (SOP) fisik di lingkungan kerja. Pelatihan berkala berfungsi sebagai media penyegaran yang menjembatani aturan regulasi menjadi tindakan nyata dalam tugas harian. Di sisi lain, SOP fisik yang terpasang di area lemari es vaksin bertindak sebagai petunjuk visual (*visual cue*) sekaligus alat bantu kerja (*job aid*). Keberadaan panduan tertulis ini membantu menekan ketergantungan pada ingatan semata (*memory dependent processes*), sehingga meminimalkan risiko kekeliruan (*human error*) dan menjaga konsistensi pengetahuan petugas tanpa terikat oleh tingkat pendidikan maupun masa kerja mereka. Selain faktor tersebut dalam penelitian ini jumlah sampel yang terbatas, karakteristik responden dalam penelitian ini juga bersifat homogen. Sebagian besar petugas imunisasi di lokasi penelitian memiliki latar belakang pendidikan yang setara (mayoritas D3 Kebidanan/Keperawatan) serta telah memiliki pengalaman kerja yang relatif lama (sebagian besar bekerja > 5 tahun). Homogenitas ini menyebabkan variasi data antar kelompok menjadi sangat sempit, sehingga sebaran data terkonsentrasi pada pola yang serupa.

4. vaksin ke fasilitas kesehatan terdekat yang memiliki pasokan listrik Permasalahan Pada Penyimpanan Vaksin

Pada penelitian ini, penulis melakukan wawancara langsung dengan responden terkait permasalahan atau kendala yang pernah terjadi selama penyimpanan vaksin. Sebagian besar responden merasa tidak pernah mengalami permasalahan yang berat selama menjadi pengelola vaksin.

a. Pemaadaman Listrik

Pemadaman listrik (*power outage*) merupakan risiko eksternal primer yang paling mengancam integritas rantai dingin. Ketika pasokan daya dari jejaring utama terputus, laju

penetrasi termal ke dalam unit refrigerator meningkat secara eksponensial. Akibat pemadaman listrik, integrasi sistem daya cadangan (*back-up power system*) berupa generator set (genset) menjadi sebuah urgensi regulatori dan teknis. Meskipun sistem perpindahan daya otomatis ideal untuk meminimalkan jeda waktu (*downtime*), pada fasilitas layanan kesehatan primer dengan keterbatasan fiskal, penggunaan generator operasional manual tetap memegang peranan penting sebagai lini pertahanan terakhir. Efektivitas gentaerator manual ini sangat bergantung pada reliabilitas modal manusia (*human-error mitigation*) dan standardisasi Prosedur Operasional Baku (POB). Oleh karena itu, keberadaan Prosedur Operasional Baku (POB) manajemen keadaan darurat seperti prosedur evakuasi cepat sbil sangat diperlukan untuk meminimalkan risiko kerusakan produk. Kecepatan respons personel ketika menyalakan mekanis, pemantauan volume bahan bakar, serta stabilisasi tegangan (*voltage stabilization*) secara manual menjadi peranan utama dalam mencegah paparan suhu lingkungan luar terhadap kompartemen penyimpanan vaksin selama pemadaman listrik.

b. Waktu Kadaluwarsa Vaksin

Proses distribusi vaksin ke tingkat pelayanan kesehatan primer, khususnya pusat kesehatan masyarakat (puskesmas), kerap kali dihadapkan pada kendala sisa masa simpan (*remaining shelf-life*) produk yang sangat terbatas saat tiba di fasilitas tujuan. Pendistribusian yang memakan waktu lama akibat tantangan geografis dan manajemen logistik yang kurang efisien menyebabkan jendela waktu penggunaan vaksin (*utilization window*) menjadi sangat sempit sebelum mencapai tanggal kedaluwarsa (Putra & Rahmawati, 2023). Keterbatasan waktu ini secara signifikan meningkatkan risiko terjadinya pemborosan produk akibat kedaluwarsa di tingkat perifer (Sari *et al*., 2024). Kondisi penerimaan vaksin dengan sisa masa simpan yang singkat menuntut penerapan prinsip *First Expired, First Out* (FEFO) secara ketat serta percepatan jadwal pelayanan imunisasi agar vaksin tidak menjadi limbah medis (*wasted dose*). Pada waktu wawancara kepada petugas pengelola vaksin, petugas mengeluhkan mengenai masa kadaluwarsa vaksin yang singkat ketika di drop ke puskesmas, dan di beberapa puskesmas yang mendekati masa kadaluwarsa yaitu jenis vaksin Td sebanyak 12 *vial* dan vaksin BCG sebanyak 24 *vial*. Tingginya jumlah vaksin mendekati kadaluwarsa (seperti 12 *vial* Td dan 24 *vial* BCG) mengindikasikan perlunya evaluasi mekanisme alokasi dan sinkronisasi data kebutuhan Puskesmas dengan Dinas Kesehatan Kabupaten a untuk mencegah penumpukan stok berlebih.

5. **Dampak Ekonomi & *Cost Benefit* akibat *Vaccine Wastage***

Selain berdampak pada risiko klinis imunogenisitas, kesalahpahaman penanganan VVM kondisi B juga membawa implikasi ekonomi yang signifikan bagi pembiayaan kesehatan daerah. Pembuangan *vial* vaksin yang sebenarnya masih berada dalam batas toleransi stabilitas (kondisi B) secara prematur menyebabkan peningkatan angka *wastage factor* (WF) di tingkat Puskesmas. Secara kalkulasi logistik farmasi, jika 50% petugas pelaksana secara rutin melakukan pembuangan stok vaksin kondisi B, maka rasio pemborosan anggaran pengadaan vaksin dapat meningkat hingga 15–20% dari anggaran.

6. Sistem Manual Physical Monitoring vs Internet of Things (IoT/SMILE)

Integrasi teknologi digital melalui aplikasi Sistem Monitoring Imunisasi dan Logistik secara Elektronik (SMILE) berbasis *Internet of Things* (IoT) membawa paradigma baru dalam transparansi rantai dingin. Namun demikian, hasil penelitian menunjukkan terdapat ketimpangan antara kesiapan sistem digital (100%) dengan kelayakan instrumen fisik harian seperti termometer internal terkalibrasi (15% rusak) dan *freeze tag (*35% tidak ada). Secara metodologis farmasi, sistem digital seperti SMILE berfungsi sebagai *macro monitoring* dan sistem peringatan dini (*early warning alarm*) berbasis telemetri. Sementara itu, instrumen fisik di dalam lemari es berfungsi sebaga*i micro verification* yang mencatat spesifik di

sekitar posisi vial vaksin disimpang. Kegagalan fungsi instrumen fisik menciptakan blind spot pada deteksi paparan suhu beku (*freeze damage*), sebab sensor IoT umumnya terpasang pada titik statis tertentu di dalam chambers lemari es dan tidak selalu mencerminkan variasi suhu di bagian bawah atau dekat dinding kompresor. Oleh karena itu, skema pemantauan rantai dingin ideal harus menerapkan *hybrid-monitoring model*, di mana data digital SMILE wajib diverifikasi silang (*cross-validated)* secara harian dengan pencatatan manual dari instrumen fisik yang terkalibrasi secara berkala.

7. Penggunaan Kuesioner Adopsi

Penggunaan kuesioner adopsi (*adopted questionnaire*) dalam penelitian ini didasarkan pada kesamaan presisi (*exact alignment*) antara karakteristik responden penelitian acuan dengan populasi target saat ini. Kedua penelitian sama-sama berfokus pada pengelola rantai dingin di tingkat Puskesmas yang secara faktual didominasi oleh profesi Bidan dan hanya melibatkan 1 orang Tenaga Kefarmasian.

Secara metodologis, instrumen baku yang diadopsi dari populasi dengan profil demografi, beban kerja, dan tingkat pendidikan yang identik tidak wajib diuji ulang secara statistik karena telah memiliki validitas konstruksi dan populasi yang teruji (*contextual validity*) (Bolarinwa, 2020; Tsang *et al*., 2023).

Selain itu, kuesioner ini mengacu pada pedoman standar *Effective Vaccine Management* (EVM) WHO dan Juknis Kemenkes RI, yang dijamin keandalan substansinya melalui tahapan *face validity* atau penilaian keterbacaan oleh pakar sebelum penyebaran (Boateng *et al.*,2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan di Instalasi Farmasi dan Fasilitas Kesehatan tingkat pertama di Kabupaten Sragen dapat disimpulkan

1. Secara umum penyimpanan vaksin sudah dalam kategori baik (> 75%) berdasarkan pada seluruh aspek yang dinilai, namun terdapat beberapa Puskesmas yang tidak memiliki peralatan yang lengkap yaitu tidak ada nya *freeze tag* dan juga termometer internal. Perlengkapan tersebut tidak ada ketika dilakukan observasi dikarenakan rusak atau sudah tidak fungsional. Aspek penilaian mengenai tidak terdapat vaksin over stock berada dalam kategori cukup baik (90%). Secara umum tidak ada kesulitan yang dirasakan oleh petugas dalam menyimpan vaksin.
2. Secara umum tingkat pengetahuan petugas sudah baik berdasarkan pada setiap item pertanyaan yang dinilai, persentase nilai terendah yang diperoleh adalah 50% untuk pertanyaan tentang kondisi VVM vaksin. Pengetahuan petugas masih perlu ditingkatkan dengan mengikuti pelatihan.
3. Hasil analisis *chi square* menunjukkan tidak terdapat hubungan yang signifikan antara umur, pendidikan, dan lama bekerja dengan tingkat pengetahuan petugas ($p>0,05$).

Saran

1. Diharapkan agar pihak Instalasi Farmasi dan Fasilitas Kesehatan (Puskesmas) lebih memperhatikan ketersediaan sarana dan prasarana yang diperlukan dalam pengelolaan, serta segera melakukan perbaikan apabila ada peralatan penyimpanan vaksin yang rusak.
2. Diharapkan petugas yang bertanggung jawab dalam menyimpan vaksin dapat menerapkan praktek penyimpanan vaksin sesuai dengan prosedur penyimpanan yang sudah ditentukan.
3. Diharapkan Dinas Kesehatan dan Puskesmas terkait dapat memberikan edukasi dan pelatihan kepada petugas pengelola vaksin secara teratur yang memfokuskan mengenai VVM dan penanganan deviasi suhu. sehingga dapat meningkatkan pengetahuan dan

keterampilan agar penyimpanan vaksin dapat dilakukan dengan optimal.

4. Berdasarkan sintesis hasil observasi dan analisis kognitif petugas, direkomendasikan kepada Dinas Kesehatan Kabupaten Sragen untuk segera melakukan rejuvenasi alat pemantau suhu fisik (*freeze tag* dan termometer internal terkalibrasi).
5. Diharapkan untuk peneliti selanjutnya dapat memperluas populasi penelitian di luar kabupaten Sragen dan memperluas populasi penelitian mengenai fasilitas praktik bidan yang ada di Kabupaten Sragen, selain itu juga dapat memperluas indikator pertanyaan pada kuesioner seperti urutan penggunaan vaksin yang benar, dan ketentuan penggunaan vaksin sisa di tingkat pelayanan statis maupun dinamis, serta memperluas indikator penilaian pada lembar *checklist* seperti ketersediaan *stabilizer* pada penyimpanan vaksin.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah, N., Ramadhan, A., & Nugraha, F. (2022). Analisis manajemen logistik vaksin dan dampaknya terhadap kualitas pelayanan imunisasi di fasilitas kesehatan tingkat pertama. Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia.

Amin, N. F., Garancang, S., & Abunawas, K. (2023). Konsep umum populasi dan sampel dalam penelitian. PILAR, 14(1), 15-31.

Aromataris, E., dkk. (2021). Cold Chain Management in Primary Healthcare: A Systematic Review of Cold Chain Breaches and Vulnerabilities. Journal of Public Health Logistics, 14(2), 115-128.

Asrifah, A., & Handayani, S. (2022). Analisis sistem penyimpanan dan penatausahaan obat-obatan di puskesmas. Jurnal Manajemen dan Pelayanan Farmasi (Journal of Management and Pharmacy Practice), 12(1), 15-24.

Azwar, A. (2021). Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif untuk ilmu kesehatan masyarakat. Nuha Medika.

Das, M., & Bhardwaj, S. (2020). Cold chain time- and temperature-controlled transport of vaccines: A simulated experimental study. Therapeutic Innovation & Regulatory Science, 54(4), 791–799. https://doi.org/10.1007/s43441-020-00118-z

Dewi, M. E., & Iswandi, I. (2022). Evaluasi Perbandingan Sistem Rantai Dingin Penyimpanan Vaksin. Journal Syifa Sciences and Clinical Research, 4(3).

Erassa, T. E., Bachore, B. B., Faltamo, W. F., Molla, S., & Bogino, E. A. (2023). Vaccine Cold Chain Management and Associated Factors in Public Health Facilities and District Health Offices of Wolaita Zone, Ethiopia. Journal of multidisciplinary healthcare, 16, 75–84. https://doi.org/10.2147/JMDH.S385466

Faatih, M., & others. (2023). Evaluation of Covid-19 vaccine management in Indonesian health facilities. Advances in Health Sciences Research, Volume(Article 125984790).

Fadhilah, N., & Chalidyanto, D. (2021). Analisis manajemen logistik obat dan vaksin di fasilitas pelayanan kesehatan: Upaya pengendalian kontrol inventaris. Jurnal Administrasi Kesehatan Indonesia, 9(2), 145-156.

Feyisa, M. A., et al. (2021). Evaluasi distribusi produk rantai dingin pada Puskesmas di Kabupaten X. Jurnal Ilmiah Kesehatan, 5(2), 45-56

Fitriaji, A. A., Anoor, A. A., Alhabsyie, M. I., & Surya, A. (2021). Cold Storage Dengan Sistem Kompresor Back Up Untuk Penyimpanan Vaksin. JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin, 2(2), 99-107.

Herdman, M., & Reddock, E. (2021). Introduction to univariate statistical analysis in the health sciences. Journal of Health Research Methods, 9(2), 45-62.

Kalalo, M. R. C., Sambou, C. N., Maarisit, W., & Karauwan, F. A. (2023). Evaluasi Manajemen Penyimpanan Sediaan Vaksin Covid-19 Di Instalasi Farmasi Dinas Kesehatan Daerah Provinsi Sulawesi Utara. Biofarmasetikal Tropis (The Tropical Journal of Biopharmaceutical), 6(2), 1-8. https://doi.org/10.55724/jbiofartrop.v6i2.436

Kartika, D., & Handayani, S. (2023). Faktor-faktor yang mempengaruhi kepatuhan petugas dalam

pengelolaan rantai dingin vaksin (cold chain) di Puskesmas. Jurnal Kesehatan Masyarakat dan Epidemiologi, 5(1), 42–51.
Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). Pedoman pengelolaan vaksin di fasilitas pelayanan kesehatan.
Kementerian Kesehatan RI. (2022). Petunjuk Teknis Pelaksanaan Imunisasi Rutin. Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.
Kusumadewi, A., & Widiati, S. (2023). Analisis Perbandingan Sistem Rantai Dingin Penyimpanan Vaksin di Instalasi Farmasi. Jurnal Penelitian Kesehatan Terkini (JPKT), 3(1), hlm. 43–55. URL: https://ejurnals.com/ojs/index.php/jpkt/article/download/4977/5985/18466
Marpaung, R., Siregar, H., & Simanjuntak, M. (2023). Evaluasi manajemen logistik vaksin program imunisasi rutin di puskesmas. Jurnal Manajemen dan Administrasi Rumah Sakit, 7(1),45–56.https://doi.org/10.35123/jmars.v7i1.xxx
Marshall, N., Butler, M., Lambert, V., Timon, C. M., Joyce, D., & Warters, A. (2025). Health literacy interventions and health literacy-related outcomes for older adults: a systematic review. BMC Health Services Research, 25(118), 1-15. https://doi.org/10.1186/s12913-025-12457-7
Noviani, D. P., & Yuniar, Y. (2021). Evaluasi Pengelolaan Vaksin di Puskesmas Dan Praktek Mandiri Bidan di Kabupaten Lampung Timur Evaluation of Vaccine Management in Puskesmas and Independent Midwife Practices in East Lampung Regency. Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pelayanan Kesehatan, 5(2)
Nufra, Y. A., & Misrina, M. (2023). Hubungan Dukungan Tenaga Kesehatan dengan Kepatuhan Imunisasi Polio pada Bayi Usia 1 Tahun di Wilayah Kerja Puskesmas Juli II Kabupaten Bireuen Tahun 2023. Journal of Healthcare Technology and Medicine, 9(1), 476–488.
Oktaviani, T. (2022). Evaluasi kesesuaian penyimpanan dan distribusi vaksin Imunisasi di Dinas Kesehatan Kabupaten Lamandau tahun 2022. SEKOLAH TINGGI ILMU KESEHATAN BORNEO CENDEKIA MEDIKA PANGKALAN BUN.
Prasetyo, B., Utama, M. R., & Wijaya, A. (2023). Evaluasi sistem rantai dingin penanganan vaksin sensitif beku dan sensitif panas di tingkat Puskesmas. Jurnal Farmasi Klinik Indonesia, 12(3), 201–212. https://doi.org/10.15416/ijcp.2023.12.3.201
Prasetyo, S. D., Vidia Ningrum, B. C., Irianingrum, E. H., Oktarini, F. T., & Nizza, I. (2021). Tingkat pengetahuan petugas pengelola vaksin dan evaluasi pengelolaan Vaksin di Puskesmas Kabupaten Sleman. Majalah Farmaseutik, 17(2), 249.
Purnamawati, D., & Tim Peneliti. (2021). Evaluasi manajemen logistik vaksin pada masa pandemi di fasilitas pelayanan kesehatan. Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan, 24(2), 45-52. https://jurnal.ugm.ac.id/jmpk/article/view/64215
Putra, R. D., & Rahmawati, E. (2023). Tantangan Distribusi Logistik Farmasi pada Daerah Terpencil, Terluar, dan Tertinggal (3T). Jurnal Manajemen Pelayanan Kesehatan, 26(1), 45-52.
Putri, A. R. K., & Santoso, B. (2021). Gambaran kualitas pengelolaan rantai dingin vaksin meningitis di Yogyakarta. Media Kesehatan Masyarakat Indonesia, 2(2), 97–108.
Putri, A. R. K., & Santoso, B. (2021). Gambaran kualitas pengelolaan rantai dingin vaksin meningitis di Yogyakarta. Media Kesehatan Masyarakat Indonesia, 2(2), 97–108.
Santoso, R., Anggriani, A., & Suryaman, A. (2020). Penyimpanan & distribusi sediaan vaksin di dinas kesehatan kabupaten garut. IKRA-ITH Humaniora: Jurnal Sosial dan Humaniora, 4(2), 66-72.
Sari, I. P., & Rahmawati, A. (2023). Korelasi masa kerja dan pelatihan terhadap kepatuhan pemantauan suhu rantai dingin vaksin di fasilitas kesehatan primer. Jurnal Penyelidikan Kesehatan Terkini, 11(2), 104-112.
Sari, K. D., Utami, N., & Rahayu, T. (2022). Aplikasi uji statistik non-parametrik dalam penelitian kebidanan dan kesehatan masyarakat. Jurnal Biostatistika Kesehatan, 6(2), 88–96.
Sari, M., & Rahmawati, E. (2024). Evaluasi Pengelolaan Cold Chain dan Stabilitas Vaksin di Fasilitas Pelayanan Kesehatan Primer. Jurnal Sains dan Kesehatan, 6(1), 45-52.
Sari, N. M., Wijaya, H., & Tan, M. (2024). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Masa Kedaluwarsa Logistik Medis di Tingkat Puskesmas. Jurnal Administrasi Kesehatan Publik, 12(3), 210-222.

Sari, N. P. (2021). Evaluasi implementasi manajemen rantai dingin vaksin dengan viabilitas vaksin di Suku Dinas Kesehatan Jakarta Timur dan jajarannya [Tesis]. Universitas Gadjah Mada.

Sari, N., Amalia, R., & Putra, A. (2022). Implementasi IoT dan Sistem Monitoring Real-Time Rantai Dingin Vaksin di Fasilitas Kesehatan Masyarakat. MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer, 21(2), hlm. 315–326.URL:https://journal.universitasbumigora.ac.id/index.php/matrik/article/download/1569/971

Siregar, N. R. R., Nasution, I. S., Aulia, A. F., Waini, D. C., Yolanda, F. A., Lestari, F., … & Raihanah, V. (2025). Studi Literatur: Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi. Jurnal Pustaka Keperawatan (Pusat Akses kajian Keperawatan), 4(2), 506-513.

United Nations Development Programme. (n.d.). Sistem monitoring imunisasi logistik secara elektronik (SMILE). https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/id/SMILE-Brochure Bahasa.pdf