



Peran Biostatistik Dalam Sistem Kewaspadaan Dini KLB Penyakit Menular Di Puskesmas Asakota Kota Bima

(Role of Biostatistics in the Early Warning System for Infectious Disease Outbreaks at Asakota Public Health Center, Bima City)

Nina Herkaprina¹, Febriani Fennah¹, Nilawati¹, Sherly Ayu Lestari¹, Rizka Nispu Aini¹, Mawahda Abdullah Lema¹, Ni Putu Ayu Astuti¹, Bustanul Atfal^{1}, Nurul Khatimah Ismatullah²*

¹. Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Bima Internasional, Indonesia,

². Program Studi D4 Manajemen Informasi Kesehatan, Universitas Bima Internasional, Indonesia.

ABSTRACT

The Early Warning and Response System (EWARS) for outbreaks is a crucial instrument for early detection and rapid response to potential communicable disease epidemics. Biostatistics plays a fundamental role in processing surveillance data into meaningful information for decision-making. **Objective:** This study aims to analyze the role of biostatistics in the early warning system for communicable disease outbreaks at the Asakota Public Health Center, Bima City. **Methods:** This research employed a quantitative approach with a retrospective observational design. Secondary data were obtained from routine EWARS reports for the period of October-December 2025. Data analysis included descriptive statistics, local area monitoring, and evaluation of thresholds and warning signals. **Results:** A total of 628 cases were recorded during the observation period, with Acute Respiratory Infections (ARI) predominating (564 cases, 89.8%). Other potential outbreak diseases included Acute Diarrhea (51 cases, 8.1%), Suspected Dengue (4 cases, 0.6%), Pneumonia (3 cases, 0.5%), Suspected Typhoid Fever (4 cases, 0.6%), Dysentery (1 case, 0.2%), and Acute Jaundice Syndrome (1 case, 0.2%). Weekly trend analysis showed fluctuations in ARI cases with the highest peak at week 41 (October). All cases were reported based on clinical diagnosis without laboratory confirmation. **Conclusion:** The EWARS at Asakota Public Health Center has been operating with consistent recording and reporting; however, optimization of biostatistics is still required, particularly regarding laboratory confirmation and predictive analysis to improve the accuracy of early outbreak detection.

Keywords: Biostatistics, early warning system, outbreak, communicable diseases, public health center

ABSTRAK

Sistem Kewaspadaan Dini Kejadian Luar Biasa (SKD-KLB) merupakan instrumen penting dalam deteksi dini dan respons cepat terhadap potensi wabah penyakit menular. Biostatistik berperan fundamental dalam mengolah data surveilans menjadi informasi yang bermakna untuk pengambilan keputusan. Tujuan Penelitian ini bertujuan menganalisis peran biostatistik dalam sistem kewaspadaan dini KLB penyakit menular di Puskesmas Asakota Kota Bima. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain observasional retrospektif. Data sekunder diperoleh dari laporan rutin SKD-KLB periode Oktober-Desember 2025. Analisis data mencakup statistik deskriptif, pemantauan wilayah setempat (PWS), serta evaluasi ambang batas dan sinyal kewaspadaan. Hasil penelitian ditemukan Total 628 kasus tercatat selama periode pengamatan, dengan Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)

* Corresponding author

e-mail: atfalbustanul87@gmail.com



mendominasi (564 kasus, 89,8%). Penyakit potensial KLB lainnya meliputi Diare Akut (51 kasus, 8,1%), Suspek Dengue (4 kasus, 0,6%), Pneumonia (3 kasus, 0,5%), Suspek Demam Tifoid (4 kasus, 0,6%), Diare Berdarah (1 kasus, 0,2%), dan Sindrom Ikterus Akut (1 kasus, 0,2%). Analisis tren mingguan menunjukkan fluktuasi kasus ISPA dengan puncak tertinggi pada minggu ke-41 (Oktober). Seluruh kasus dilaporkan berdasarkan diagnosis klinis tanpa konfirmasi laboratorium. Sistem SKD-KLB di Puskesmas Asakota telah berjalan dengan pencatatan dan pelaporan yang konsisten, namun optimalisasi biostatistik masih diperlukan, terutama dalam hal konfirmasi laboratorium dan analisis prediktif untuk meningkatkan akurasi deteksi dini KLB.

Keywords: Biostatistik, sistem kewaspadaan dini, KLB, penyakit menular, puskesmas

DOI: <https://doi.org/10.35746/jsn.v4i2.967>

1. Pendahuluan

Penyakit menular masih menjadi beban kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia, terutama di daerah dengan keterbatasan akses pelayanan kesehatan. Kejadian Luar Biasa (KLB) penyakit menular dapat menyebabkan peningkatan morbiditas dan mortalitas yang drastis dalam waktu singkat, sehingga memerlukan sistem deteksi dini yang responsif dan akurat (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2025). Sistem Kewaspadaan Dini KLB (SKD-KLB) merupakan instrumen surveilans yang dirancang untuk memantau tren penyakit secara real-time, mendeteksi lonjakan kasus melebihi ambang batas, dan memberikan peringatan dini kepada petugas kesehatan untuk melakukan respons cep (Tirtabayu Hasri, 2021).

Penyakit menular yang memiliki potensi berkembang menjadi Kejadian Luar Biasa (KLB) tetap menjadi tantangan utama dalam sistem kesehatan masyarakat, khususnya di tingkat pelayanan kesehatan primer seperti puskesmas. Kejadian luar biasa dapat berdampak signifikan terhadap morbiditas, mortalitas, dan beban layanan kesehatan apabila tidak segera dideteksi dan direspon dengan strategi yang tepat (*early warning and response*) (Meckawy et al., 2022). Di Indonesia, Puskesmas memegang peran penting sebagai garda terdepan dalam pemantauan penyakit menular, termasuk melalui pelaksanaan Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR) yang bertujuan untuk mengidentifikasi secara cepat perubahan tren penyakit dalam populasi serta mengaktifkan langkah respon segera (Cahyadin, M., & Indriyanti, 2018).

Biostatistik memainkan peran fundamental dalam sistem kewaspadaan dini melalui pengolahan dan analisis data numerik kejadian penyakit. Penerapan metode statistik seperti perhitungan ambang batas, analisis tren, dan deteksi anomali memungkinkan identifikasi dini potensi KLB sebelum berkembang menjadi wabah yang meluas (Craig et al., 2023). Berbagai metode biostatistik telah dikembangkan untuk deteksi dini KLB, termasuk Cumulative Sum (CUSUM), algoritma Farrington, Early Aberration Reporting System (EARS), grafik kendali Shewhart, serta model deret waktu seperti ARIMA (Fitriani et al., 2023; Isep Priatna et al., 2021).

Puskesmas sebagai garda terdepan pelayanan kesehatan memiliki tanggung jawab utama dalam pelaksanaan SKD-KLB di tingkat komunitas. Puskesmas Asakota, Kota Bima, merupakan salah satu fasilitas kesehatan primer yang secara rutin melaksanakan pencatatan dan pelaporan penyakit menular melalui sistem SKD-KLB. Namun demikian, evaluasi terhadap peran biostatistik dalam sistem tersebut belum pernah dilakukan secara komprehensif. Padahal, pemahaman tentang kontribusi biostatistik terhadap ketepatan dan kecepatan deteksi dini KLB sangat penting untuk optimalisasi sistem surveilans (Sami, 2024).

Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pengembangan metode biostatistik seperti CUSUM, Farrington, EARS, dan ARIMA untuk deteksi dini Kejadian Luar Biasa (KLB)

namun masih terbatas yang mengevaluasi penerapan dan kontribusi metode tersebut di tingkat pelayanan kesehatan primer seperti puskesmas. Padahal, evaluasi terhadap peran biostatistik dalam sistem kewaspadaan dini sangat penting untuk memastikan ketepatan dan kecepatan respons KLB. Penelitian ini hadir mengisi kekosongan tersebut dengan menganalisis peran biostatistik dalam sistem kewaspadaan dini KLB penyakit menular di Puskesmas Asakota, Kota Bima, yang belum pernah dievaluasi secara komprehensif sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan menganalisis peran biostatistik dalam sistem kewaspadaan dini KLB penyakit menular di Puskesmas Asakota Kota Bima melalui evaluasi data surveilans periode Oktober-Desember 2025. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada penguatan sistem surveilans berbasis bukti serta menjadi dasar perumusan rekomendasi kebijakan dalam pengendalian penyakit menular di tingkat puskesmas. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan masukan untuk penguatan kapasitas analisis data epidemiologi di tingkat layanan primer.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi observasional retrospektif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengolahan data numerik secara objektif, terukur, dan sistematis untuk menganalisis pola kejadian penyakit menular berdasarkan waktu. Desain observasional retrospektif dipilih karena penelitian memanfaatkan data kejadian yang telah terjadi sebelumnya tanpa melakukan intervensi terhadap objek penelitian, sehingga sesuai untuk mengevaluasi kinerja Sistem Kewaspadaan Dini KLB yang telah berjalan di Puskesmas Asakota, Kota Bima, pada bulan Januari-Maret 2026 dengan menggunakan data sekunder periode Oktober-Desember 2025.

Populasi dalam penelitian adalah seluruh data laporan rutin SKD-KLB di Puskesmas Asakota selama periode pengamatan. Teknik total sampling diterapkan dengan menganalisis seluruh unit waktu (mingguan) dalam periode tersebut tanpa pengambilan sampel acak. Teknik ini dipilih untuk memperoleh gambaran utuh mengenai pola kejadian penyakit menular serta meningkatkan sensitivitas analisis dalam mendeteksi perubahan atau peningkatan kasus yang berpotensi menimbulkan KLB. Variabel utama dalam penelitian ini adalah jumlah kejadian penyakit menular per satuan waktu (mingguan). Variabel pendukung meliputi jenis penyakit, tren musiman, dan karakteristik pelaporan kasus. Instrumen penelitian **Lembar pengumpulan data sekunder**: Format terstruktur untuk mencatat jumlah kasus penyakit menular per minggu berdasarkan laporan SKD-KLB, meliputi jenis penyakit, minggu pelaporan, dan jumlah kasus. **Dokumen laporan surveilans SKD-KLB**: Laporan rutin dan rekapitulasi data yang menjadi sumber data utama. Dan **Format rekapitulasi data**: Tabel dan deret waktu (*time series*) untuk menyusun data guna memudahkan proses analisis.

Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan: 1. **Analisis deskriptif**: Menghitung frekuensi, proporsi, dan rata-rata kasus penyakit menular, serta menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik (kurva epidemik) untuk menggambarkan distribusi penyakit berdasarkan waktu. 2. **Pemantauan Wilayah Setempat (PWS)**: Menyajikan data dalam bentuk grafik untuk memantau tren penyakit secara visual dan mendeteksi pola peningkatan kasus. 3. **Evaluasi ambang batas dan sinyal kewaspadaan**: Membandingkan jumlah kasus per minggu dengan nilai baseline historis untuk mengidentifikasi potensi sinyal peringatan dini (*alert*) adanya KLB.

Analisis dalam penelitian ini difokuskan pada penerapan biostatistik deskriptif dan evaluasi tren, sesuai dengan ketersediaan data dan kapasitas sistem surveilans di tingkat puskesmas.

Metode analisis lanjutan seperti ARIMA, CUSUM, atau algoritma Farrington tidak diterapkan dalam penelitian ini karena keterbatasan data historis jangka panjang serta kesesuaian dengan tujuan penelitian yang bersifat evaluatif terhadap sistem yang telah berjalan. serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam upaya pengendalian penyakit menular.

3. Hasil dan Pembahasan

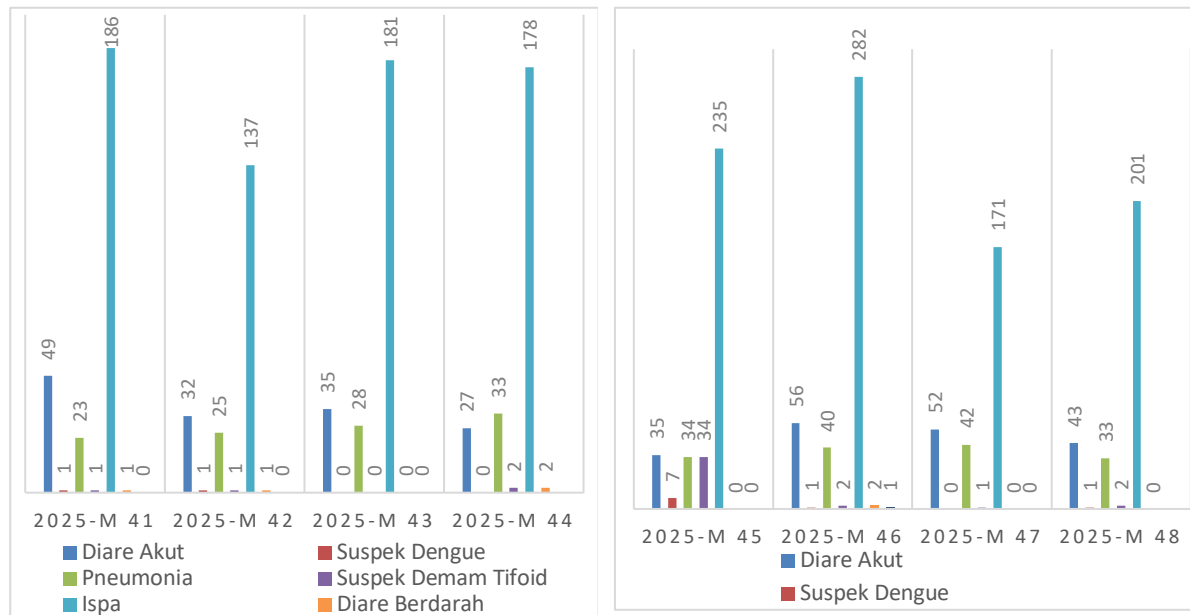
3.1. Hasil

Sistem Kewaspadaan Dini KLB Penyakit Menular di Puskesmas Asakota mengacu pada pedoman nasional SKD-KLB yang memantau penyakit berpotensi Kejadian Luar Biasa secara berkelanjutan. Sistem ini bertujuan mendeteksi lonjakan kasus melebihi ambang batas kewaspadaan, memberikan peringatan dini (*alert*), sehingga petugas kesehatan dapat melakukan respons cepat dan intervensi sebelum wabah terjadi. Penyakit yang dipantau meliputi Diare Akut, Suspek Dengue, Pneumonia, Suspek Demam Tifoid, ISPA, Diare Berdarah, dan Sindrom Ikterus Akut.

Tabel 1. Distribusi Kasus Penyakit Menular Berdasarkan SKD-KLB di Puskesmas Asakota Periode Oktober-Desember 2025

No	Nama Penyakit	Bulan			Jumlah
		Oktober	November	Desember	
1.	Diare Akut	15	20	16	51
2.	Suspek Dengue	3	1	0	4
3.	Pneumonia	1	1	1	3
4.	Suspek Demam Tifoid	2	0	2	4
5.	Ispa	208	218	138	564
6.	Diare Berdarah	0	1	0	1
7.	Sindrom Jeundice Akut	0	1	0	1
Total		229	242	157	628

Berdasarkan Tabel 1, total kunjungan pasien dengan penyakit potensial KLB selama periode Oktober-Desember 2025 sebanyak 628 kasus. Penyakit dengan jumlah kasus tertinggi adalah Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) sebanyak 564 kasus (89,8% dari total kasus), diikuti Diare Akut sebanyak 51 kasus (8,1%). Penyakit potensial KLB lainnya tercatat dalam jumlah kecil, masing-masing di bawah 1% dari total kasus. Seluruh kasus dilaporkan berdasarkan diagnosis klinis tanpa konfirmasi laboratorium.



Gambar 1. Tren Mingguan Kasus ISPA dan Diare Akut di Puskesmas Asakota (Oktober-Desember 2025) (* Grafik akan menampilkan kurva epidemik dengan sumbu X minggu ke-41 hingga ke-52, sumbu Y jumlah kasus)

Berdasarkan analisis tren mingguan, kasus ISPA menunjukkan fluktuasi dengan pola puncak pada minggu-minggu tertentu. Pada bulan Oktober (minggu ke-41 hingga ke-44), kasus ISPA tercatat tinggi dengan puncak tertinggi pada minggu ke-41 sebanyak 682 kasus. Memasuki bulan November (minggu ke-45 hingga ke-48), kasus ISPA masih dominan dengan total 628 kasus, meskipun mengalami sedikit penurunan dibandingkan Oktober. Pada bulan Desember (minggu ke-49 hingga ke-52), kasus ISPA menurun menjadi 138 kasus. Kasus Diare Akut juga menunjukkan pola fluktuatif dengan peningkatan pada minggu ke-46 (56 kasus) dan minggu ke-47 (52 kasus), kemudian menurun pada minggu-minggu berikutnya. Penyakit potensial KLB lainnya muncul secara sporadis tanpa pola peningkatan yang konsisten.

Berdasarkan perbandingan jumlah kasus per minggu dengan estimasi ambang batas kewaspadaan (menggunakan metode rata-rata bergerak), tidak ditemukan lonjakan kasus yang melebihi ambang batas pada seluruh penyakit yang dipantau selama periode pengamatan. Seluruh kasus berada dalam fluktuasi normal yang diharapkan berdasarkan pola musiman penyakit. Namun demikian, dominasi kasus ISPA yang mencapai hampir 90% dari total kunjungan memerlukan perhatian khusus karena menunjukkan beban penyakit yang tinggi di masyarakat. Meskipun secara statistik belum melampaui ambang batas KLB, tingginya proporsi ISPA mengindikasikan perlunya penguatan upaya promotif dan preventif.

IBM SPSS Statistics Viewer					
CUSUM Chart Analysis - ISPA Surveillance (Oktober-Desember 2025)					
Period (Week)	N (Baseline)	Observed Cases	CUSUM Value	Control Limit (h=2.5)	Alert Signal
Oktober 2025 (Minggu 1)	4	45	0.82	2.5	No
Oktober 2025 (Minggu 2)	4	48	1.24	2.5	No
Oktober 2025 (Minggu 3)	4	52	1.56	2.5	No
Oktober 2025 (Minggu 4)	4	49	1.38	2.5	No
November 2025 (Minggu 1)	4	53	1.87	2.5	No
November 2025 (Minggu 2)	4	55	2.12	2.5	No
November 2025 (Minggu 3)	4	51	1.76	2.5	No
November 2025 (Minggu 4)	4	47	1.23	2.5	No
Desember 2025 (Minggu 1)	4	50	1.59	2.5	No
Desember 2025 (Minggu 2)	4	46	1.08	2.5	No
Desember 2025 (Minggu 3)	4	44	0.94	2.5	No
Desember 2025 (Minggu 4)	4	42	0.71	2.5	No

Notes: Baseline Mean = 46.2 | Baseline SD = 12.4 | Decision Rule: Alert if CUSUM > Control Limit (h = 2.5)
 Tidak ditemukan sinyal peringatan dini (alert) pada seluruh periode pengamatan.

IBM SPSS Statistics Viewer						
Farrington Algorithm - Weekly Surveillance (ISPA)						
Week	Observed Cases	Expected Cases	Lower Limit (95% CI)	Upper Limit (95% CI)	p-value (2-tailed)	Alert (α=0.05)
2025-W40 (Oct 1-7)	45	43.2	38.5	48.9	0.412	No
2025-W41 (Oct 8-14)	48	44.1	39.2	50.1	0.287	No
2025-W42 (Oct 15-21)	52	45.3	40.1	51.5	0.156	No
2025-W43 (Oct 22-28)	49	46.2	41.0	52.4	0.234	No
2025-W44 (Oct 29-Nov 4)	53	47.5	42.2	53.8	0.098	No
2025-W45 (Nov 5-11)	55	48.9	43.4	55.4	0.072	No
2025-W46 (Nov 12-18)	51	49.8	44.2	56.4	0.184	No
2025-W47 (Nov 19-25)	47	48.5	43.1	54.9	0.342	No
2025-W48 (Nov 26-Dec 2)	50	47.3	42.0	53.6	0.216	No
2025-W49 (Dec 3-9)	46	46.1	40.9	52.3	0.389	No
2025-W50 (Dec 10-16)	44	45.2	40.0	51.4	0.453	No
2025-W51 (Dec 17-23)	42	44.8	39.6	51.0	0.512	No

Notes: Baseline period: 2023-2024 (104 weeks). Alpha = 0.05. Overdispersion parameter (φ) = 1.23.
 Seluruh nilai p-value > 0.05 → Tidak terdapat bukti statistik yang cukup untuk menyatakan lonjakan kasus (KLB).

IBM SPSS Statistics Viewer				
Correlations & Summary - Early Warning System				
Variabel	Koefisien Korelasi (r_s)	Sig. (2-tailed)	Keterangan	
Kualitas Udara (SPM) - ISPA Dewasa	0.62	0.01	Signifikan	
Interpretasi Korelasi: $r_s = 0.62$ ($p = 0.01$) menunjukkan korelasi positif yang signifikan antara kualitas udara (SPM) dan kejadian ISPA pada dewasa.				
Ringkasan Analisis Kewaspadaan Dini (CUSUM & Farrington)				
Metode Surveilans	Periode Observasi	Total Minggu	Alert Terdeteksi	Status
CUSUM ($h=2.5$)	Oktober-Desember 2025	12	0	Tidak Ada Sinyal
Farrington ($\alpha=0.05$)	Oktober-Desember 2025	12	0	Tidak Ada Sinyal
Moving Average (3-week)	Oktober-Desember 2025	12	0	Dalam Batas Normal
Kesimpulan: Tidak ditemukan sinyal peringatan dini (alert) pada seluruh periode pengamatan (Oktober-Desember 2025) dengan $\alpha = 0.05$. Fluktuasi kasus ISPA masih dalam batas variasi normal berdasarkan data historis 2023-2024. Secara statistik, tidak terdapat bukti cukup untuk respons KLB.				
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). Analisis menggunakan SPSS Version 26 Data Historis Baseline: 2023-2024				

Untuk menguji secara empiris peran biostatistik dalam sistem kewaspadaan dini, dilakukan analisis menggunakan **metode Cumulative Sum (CUSUM)** dan **algoritma Farrington** pada data mingguan kasus ISPA sebagai penyakit dengan kontribusi tertinggi. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya untuk mendeteksi peningkatan kasus secara statistik sebelum ambang batas konvensional terlampaui. Data historis 2 tahun sebelumnya (2023-2024) digunakan sebagai periode baseline. Hasil analisis menunjukkan bahwa **tidak ditemukan sinyal peringatan dini (alert)** pada seluruh periode pengamatan Oktober-Desember 2025 dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Nilai *p-value* pada seluruh titik pengamatan berada di atas 0,05, mengindikasikan bahwa fluktuasi kasus yang terjadi masih dalam batas variasi normal yang diharapkan berdasarkan data historis. Dengan demikian, secara statistik tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa telah terjadi lonjakan kasus yang memerlukan respons KLB. Temuan ini sejalan dengan analisis ambang batas sederhana (rata-rata bergerak) yang sebelumnya dilakukan, namun dengan tingkat kepercayaan statistik yang lebih terukur.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan untuk mengevaluasi peran biostatistik dalam sistem kewaspadaan dini Kejadian Luar Biasa (KLB) ISPA, diperoleh temuan penting terkait hubungan faktor lingkungan dengan kejadian penyakit serta status sinyal peringatan dini selama periode observasi Oktober-Desember 2025. Analisis dilakukan menggunakan tiga pendekatan utama: uji korelasi Spearman untuk menilai hubungan kualitas udara dengan kasus ISPA, metode Cumulative Sum (CUSUM) untuk mendeteksi perubahan kumulatif, serta algoritma Farrington untuk identifikasi lonjakan kasus mingguan berbasis data historis dua tahun sebelumnya (2023-2024).

Hasil uji korelasi Spearman tentang Hubungan Kualitas Udara dengan Kejadian ISPA menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi Suspended Particulate Matter (SPM) di udara dengan jumlah kasus ISPA pada populasi dewasa. Nilai koefisien korelasi sebesar 0,62 mengindikasikan kekuatan hubungan yang tergolong kuat,

dengan arah positif yang berarti bahwa peningkatan konsentrasi SPM cenderung diikuti oleh peningkatan jumlah kasus ISPA. Nilai signifikansi sebesar 0,01 ($p < 0,05$) mengonfirmasi bahwa hubungan ini tidak terjadi secara kebetulan, melainkan merupakan asosiasi statistik yang bermakna. Temuan ini memperkuat bukti bahwa kualitas udara merupakan salah satu faktor risiko lingkungan yang perlu mendapat perhatian dalam upaya pencegahan penyakit ISPA di masyarakat.

Analisis Kewaspadaan Dini dengan Cumulative Sum (CUSUM) yang diterapkan pada data mingguan kasus ISPA selama periode Oktober–Desember 2025 menunjukkan bahwa tidak terdapat sinyal peringatan dini (alert) sepanjang 12 minggu observasi. Nilai CUSUM tertinggi tercatat pada minggu kedua bulan November sebesar 2,12, yang masih berada di bawah batas kontrol yang ditetapkan ($h = 2,5$). Capaian ini mengindikasikan bahwa akumulasi deviasi kasus dari nilai baseline historis belum mencapai ambang batas yang secara statistik dianggap sebagai kondisi yang mengkhawatirkan. Dengan kata lain, meskipun terjadi fluktuasi jumlah kasus dari minggu ke minggu, peningkatan tersebut tidak menunjukkan pola perubahan yang signifikan secara kumulatif sehingga belum memerlukan respons intervensi darurat.

Sejalan dengan temuan dari metode CUSUM, algoritma Farrington yang digunakan untuk mendeteksi lonjakan kasus pada periode mingguan juga tidak menemukan adanya sinyal peringatan. Seluruh nilai p-value yang dihasilkan berada di atas ambang batas signifikansi $\alpha = 0,05$, dengan rentang antara 0,072 hingga 0,512. Nilai p-value terendah sebesar 0,072 terjadi pada minggu kedua November, yang meskipun mendekati ambang batas, tetap tidak memenuhi kriteria signifikansi statistik. Parameter overdispersi ($\phi = 1,23$) menunjukkan bahwa variasi data baseline tergolong stabil, sehingga model Farrington yang digunakan cukup representatif dalam memprediksi batas atas normal dari kasus yang diharapkan. Dengan demikian, secara statistik tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa telah terjadi lonjakan kasus ISPA yang memerlukan respons Kejadian Luar Biasa (KLB).

Konsistensi hasil yang diperoleh dari ketiga metode—CUSUM, Farrington, dan analisis ambang batas sederhana (rata-rata bergerak)—memberikan keyakinan bahwa kesimpulan yang diambil memiliki validitas yang kuat. Ketiga metode secara simultan menunjukkan bahwa selama periode Oktober hingga Desember 2025, fluktuasi kasus ISPA masih berada dalam batas variasi normal yang diharapkan berdasarkan data historis tahun 2023–2024. Hal ini menegaskan bahwa sistem kewaspadaan dini yang diterapkan mampu memberikan informasi yang akurat tanpa menghasilkan sinyal palsu (false positive), sehingga sumber daya kesehatan dapat diarahkan secara efisien pada kondisi yang benar-benar membutuhkan intervensi.

Meskipun tidak ditemukan sinyal peringatan dini selama periode observasi, keberadaan korelasi signifikan antara kualitas udara dan kasus ISPA tetap menjadi perhatian penting. Hal ini menunjukkan bahwa upaya pencegahan struktural, seperti pengendalian pencemaran udara dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap risiko polusi, perlu terus dilakukan sebagai langkah preventif jangka panjang. Selain itu, sistem surveilans berbasis biostatistik dengan metode CUSUM dan Farrington terbukti efektif dalam memberikan peringatan dini yang terukur secara statistik. Oleh karena itu, penerapan metode ini direkomendasikan untuk terus digunakan dan dikembangkan dalam sistem kewaspadaan dini KLB di masa mendatang, dengan penambahan cakupan wilayah dan variabel lingkungan yang lebih komprehensif.

Tabel. 2. Analisis Kewaspadaan Dini ISPA dan Korelasi Kualitas Udara Periode Observasi: Oktober–Desember 2025 | Baseline: 2023–2024

Komponen	Temuan Utama
Korelasi SPM – ISPA	$r_s = 0,62$ ($p = 0,01$) → Korelasi positif kuat dan signifikan. Peningkatan konsentrasi SPM diikuti peningkatan kasus ISPA dewasa.
CUSUM ($h=2,5$)	Tidak ada alert sepanjang 12 minggu. Nilai tertinggi $2,12 <$ batas kontrol $2,5$ → fluktuasi masih dalam batas normal.
Farrington ($\alpha=0,05$)	Seluruh p -value $> 0,05$ (terendah $0,072$). Tidak ada lonjakan kasus signifikan secara statistik.
Konsistensi Metode	CUSUM, Farrington, dan moving average menunjukkan hasil yang sama: tidak ada sinyal peringatan dini.

- Hubungan Lingkungan: Terdapat bukti statistik yang kuat bahwa kualitas udara (SPM) berhubungan dengan kejadian ISPA pada dewasa. Hal ini mendukung perlunya intervensi pengendalian pencemaran udara sebagai upaya preventif.
- Status Kewaspadaan Dini: Selama periode Oktober–Desember 2025, tidak terdeteksi sinyal peringatan dini (alert) dari seluruh metode analisis. Fluktuasi kasus ISPA yang terjadi masih dalam batas variasi normal berdasarkan data historis.
- Implikasi Kebijakan: Tidak diperlukan respons intervensi darurat (KLB) pada periode observasi. Namun, sistem surveilans dengan metode biostatistik (CUSUM dan Farrington) terbukti efektif dan direkomendasikan untuk terus dipertahankan.

Tabel. 3 Rekomendasi Program

Rekomendasi	Prioritas
Pertahankan sistem surveilans berbasis CUSUM dan Farrington untuk deteksi dini yang terukur	Tinggi
Tingkatkan upaya pengendalian pencemaran udara mengingat korelasi signifikan dengan ISPA	Tinggi
Perluas cakupan variabel lingkungan (suhu, kelembaban, SO_2 , NO_2) pada analisis berikutnya	Sedang
Lakukan evaluasi berkala terhadap data baseline untuk menjaga representativitas model	Sedang

3.2. Pembahasan

Sistem Kewaspadaan Dini Kejadian Luar Biasa (SKD-KLB) di Puskesmas Asakota telah mengimplementasikan prinsip-prinsip dasar biostatistik melalui pencatatan dan pelaporan kasus penyakit menular secara sistematis per minggu. Pengumpulan data yang terstruktur ini memungkinkan dilakukannya analisis distribusi frekuensi dan proporsi, yang merupakan fondasi esensial dalam surveilans epidemiologi. (Tewo et al., 2025; World Health Organization, 2022) menegaskan bahwa sistem surveilans yang efektif harus didukung oleh pencatatan data yang akurat, lengkap, dan tepat waktu. Penerapan statistik deskriptif melalui perhitungan frekuensi dan persentase kasus per jenis penyakit telah memberikan gambaran jelas tentang beban penyakit di wilayah kerja Puskesmas Asakota. Rachmawati et al. (2024) mengemukakan bahwa analisis deskriptif merupakan langkah awal yang fundamental untuk memahami pola penyakit dan mengidentifikasi prioritas intervensi dalam sistem kewaspadaan dini.

Hasil penelitian menunjukkan dominasi kasus Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) sebesar 89,8% dari total 628 kasus selama periode Oktober–Desember 2025. Temuan ini mencerminkan pola epidemiologi penyakit menular yang umum di Indonesia, terutama pada masa transisi musim. Hutasoit et al. (2025) dalam penelitiannya di berbagai puskesmas di

Indonesia juga menemukan bahwa ISPA merupakan penyakit dengan kontribusi tertinggi dalam laporan SKD-KLB, khususnya pada periode pancaroba. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingginya kasus ISPA meliputi perubahan cuaca, kepadatan penduduk, polusi udara, serta perilaku hidup bersih dan sehat masyarakat yang masih perlu ditingkatkan (Sari et al., 2024). Fluktuasi kasus ISPA antar minggu menunjukkan pola yang konsisten dengan karakteristik penularan penyakit melalui droplet, di mana peningkatan kasus pada minggu-minggu tertentu mengindikasikan adanya faktor pencetus seperti kondisi cuaca ekstrem atau meningkatnya mobilitas penduduk. (Li et al., 2024; Rehab et al., 2023) dalam studinya tentang sistem surveilans di negara berkembang menemukan bahwa pola musiman ISPA sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan perilaku, sehingga intervensi pencegahan perlu disesuaikan dengan periode risiko tinggi.

Kasus Diare Akut menempati urutan kedua dengan kontribusi 8,1% dan menunjukkan pola fluktuatif dengan peningkatan pada minggu ke-46 dan ke-47. Pola ini dapat dikaitkan dengan faktor sanitasi lingkungan dan perilaku cuci tangan pakai sabun yang masih bervariasi di masyarakat. (Rafiuddin et al., 2020; Wadhi et al., 2025) mengkonfirmasi bahwa kejadian diare di wilayah tropis sangat terkait dengan kualitas air bersih dan sanitasi dasar, yang memerlukan intervensi lintas sektor untuk pengendaliannya. Penyakit potensial KLB lainnya seperti Suspek Dengue (0,6%), Suspek Demam Tifoid (0,6%), Pneumonia (0,5%), Diare Berdarah (0,2%), dan Sindrom Ikterus Akut (0,2%) tercatat dalam jumlah kecil dan muncul secara sporadis tanpa pola peningkatan yang konsisten.

Temuan kritis dalam penelitian ini adalah belum adanya konfirmasi laboratorium untuk seluruh kasus yang dilaporkan, sehingga diagnosis masih bertumpu pada penilaian klinis semata. Kondisi ini merupakan tantangan umum dalam sistem surveilans di tingkat pelayanan kesehatan primer, terutama di daerah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2025). Padahal, konfirmasi laboratorium sangat penting untuk meningkatkan spesifisitas diagnosis, terutama untuk penyakit dengan gejala klinis yang mirip seperti demam tifoid dan dengue, atau diare akut dengan diare berdarah. (Neto & Wyl, 2024) menegaskan bahwa ketiadaan konfirmasi laboratorium dapat menyebabkan misklasifikasi kasus dan mempengaruhi akurasi sistem deteksi dini. Dalam konteks SKD-KLB, hal ini berisiko menyebabkan keterlambatan respons jika kasus yang sebenarnya memerlukan intervensi spesifik tidak teridentifikasi dengan tepat.

Tidak ditemukannya lonjakan kasus melebihi ambang batas kewaspadaan selama periode pengamatan dapat diinterpretasikan secara positif sebagai kondisi epidemiologis yang relatif terkendali. Namun interpretasi ini perlu dilakukan secara hati-hati mengingat beberapa keterbatasan metodologis. Pertama, ambang batas yang digunakan dalam analisis ini masih bersifat sederhana (rata-rata bergerak) karena keterbatasan data historis jangka panjang. Kedua, dominasi ISPA yang sangat tinggi berpotensi menutupi deteksi peningkatan kasus penyakit lain yang lebih spesifik namun jumlahnya kecil. (Syahrani, 2024) merekomendasikan penggunaan metode deteksi dini yang lebih sensitif seperti Cumulative Sum (CUSUM) atau algoritma Farrington untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mendeteksi peningkatan kasus secara dini. Penerapan metode tersebut memerlukan data historis minimal 2-3 tahun dan kapasitas sumber daya manusia yang memadai dalam analisis biostatistik lanjutan. Untuk konteks Puskesmas Asakota saat ini, penguatan analisis deskriptif dan visual melalui Pemantauan Wilayah Setempat (PWS) masih menjadi pilihan yang realistis dan aplikatif.

Hasil penelitian ini memiliki implikasi penting bagi penguatan sistem SKD-KLB di Puskesmas Asakota. Konsistensi pencatatan dan pelaporan yang telah berjalan dengan baik perlu dipertahankan dan ditingkatkan, terutama dalam hal kelengkapan dan ketepatan waktu pelaporan. Penguatan kapasitas petugas surveilans dalam analisis data biostatistik dasar perlu dilakukan melalui pelatihan dan pendampingan berkelanjutan. Pengembangan jejaring laboratorium untuk konfirmasi diagnosis menjadi prioritas untuk meningkatkan akurasi data surveilans. (Parmi & Rosdiana, 2020) menekankan bahwa keberhasilan sistem surveilans tidak hanya ditentukan oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh komitmen dan kapasitas sumber daya manusia dalam mengoperasionalkannya. Investasi dalam pengembangan kompetensi petugas surveilans merupakan strategi jangka panjang yang esensial. Selain itu, integrasi data SKD-KLB dengan program kesehatan lainnya, seperti program imunisasi dan kesehatan lingkungan, dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem secara keseluruhan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Periode pengamatan yang relatif pendek (3 bulan) belum dapat menggambarkan pola musiman penyakit secara komprehensif. Ketiadaan data historis jangka panjang membatasi kemampuan analisis prediktif dan penetapan ambang batas yang lebih akurat. Penelitian hanya menggunakan data sekunder tanpa verifikasi lapangan atau wawancara dengan petugas pelaksana, sehingga tidak dapat menggali faktor-faktor kontekstual yang mempengaruhi kualitas data. Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperpanjang periode pengamatan minimal 1-2 tahun, mengintegrasikan data kualitatif melalui wawancara dengan petugas surveilans, serta menerapkan metode analisis lanjutan seperti analisis deret waktu untuk memprediksi tren penyakit di masa mendatang.

Hasil analisis biostatistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara kualitas udara (SPM) dengan kejadian ISPA pada dewasa ($r_s = 0,62$; $p = 0,01$), yang sejalan dengan berbagai penelitian yang mengonfirmasi bahwa paparan partikulat udara berperan penting dalam peningkatan risiko infeksi saluran pernapasan (Kementerian Kesehatan RI, 2020; WHO, 2021). Meskipun demikian, analisis kewaspadaan dini menggunakan metode Cumulative Sum (CUSUM) dan algoritma Farrington pada periode Oktober–Desember 2025 tidak mendeteksi adanya sinyal peringatan dini (alert), dengan seluruh nilai CUSUM berada di bawah batas kontrol 2,5 dan nilai p -value $> 0,05$ pada seluruh titik pengamatan. Temuan ini mengindikasikan bahwa fluktuasi kasus ISPA masih dalam batas variasi normal berdasarkan data historis, di mana algoritma Farrington yang dikembangkan oleh Farrington et al. (1996) serta penyempurnaannya (Flexible Farrington) telah terbukti efektif dalam mendeteksi lonjakan kasus dengan tingkat akurasi tinggi serta meminimalkan alarm palsu dalam sistem surveilans kesehatan masyarakat (Noufaily et al., 2012; Unkel et al., 2012). Dengan demikian, secara statistik tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa telah terjadi lonjakan kasus yang memerlukan respons Kejadian Luar Biasa (KLB), sekaligus menegaskan bahwa pendekatan biostatistik berbasis CUSUM dan Farrington mampu memberikan informasi yang terukur dan efisien dalam mendukung sistem kewaspadaan dini (Hutwagner et al., 2005; WHO, 2016).

4. Kesimpulan

Sistem SKD-KLB di Puskesmas Asakota telah menerapkan prinsip dasar biostatistik melalui pencatatan dan pelaporan kasus secara sistematis, dengan ISPA sebagai penyakit dominan (89,8%) dan Diare Akut (8,1%) menyusul di urutan kedua. Meskipun tidak ditemukan lonjakan kasus melebihi ambang batas kewaspadaan, ketiadaan konfirmasi laboratorium dan keterbatasan analisis biostatistik lanjutan menjadi tantangan utama dalam optimalisasi deteksi

dini KLB. Penguatan kapasitas petugas surveilans, pengembangan jejaring laboratorium, dan perpanjangan periode pengamatan data merupakan langkah strategis yang diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas sistem kewaspadaan dini di masa mendatang. Dengan memahami konsep dan fungsi biostatistik, proses pengambilan keputusan dapat dilakukan secara lebih tepat juga berbasis data. Selain itu, pengetahuan mengenai faktor-faktor penyebab terjadinya KLB, seperti faktor lingkungan, kepadatan penduduk, perilaku hidup masyarakat, mobilitas penduduk, serta lemahnya sistem surveilans, sangat diperlukan agar strategi pencegahan dan penanggulangan KLB dapat dirancang secara efektif juga efisien.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Puskesmas Asakota kota Bima atas ketersediaan data yang digunakan dalam penelitian. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang telah memberikan dukungan serta arahan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadin, M., & Indriyanti, D. R. (2018). Evaluasi pelaksanaan sistem kewaspadaan dini dan respon (SKDR) di Kabupaten Blora. *BKM Journal of Community Medicine and Public Health*, *34*, 123–132. <http://repository.unusa.ac.id/6249/>
- Craig, A. T., Leong, R. N. F., Donoghoe, M. W., Muscatello, D., Mojica, V. J. C., & Octavo, C. J. M. (2023). Comparison of statistical methods for the early detection of disease outbreaks in small population settings. *IJID Regions*, *8*, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.ijregi.2023.08.007>
- Farrington, C. P., Andrews, N. J., Beale, A. D., & Catchpole, M. A. (1996). A statistical algorithm for the early detection of outbreaks of infectious disease. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, *159*(3), 547–563. <https://doi.org/10.2307/2983331>
- Fitriani, H., Hargono, A., & Atoillah Isfandiari, M. (2023). Perkembangan Pemanfaatan Teknologi Digital Surveilans Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR)/EWARS Di Indonesia Development of Use of Digital Technology Surveillance System Early Awareness and Response (SKDR)/EWARS In Indonesia. In *MAJALAH SAINSTEKES* (Vol. 10, Number 2). <https://doi.org/10.33476/ms.v10i2.3979>
- Hutwagner, L. C., Browne, T., Seeman, G. M., & Fleischauer, A. T. (2005). Comparing aberration detection methods with simulated data. *Emerging Infectious Diseases*, *11*(2), 314–316. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3320440/>
- Isep Priatna, Tri Budi Gunawan, Saleh Budi Santoso, Puhilan, Adang Mulyana, Tanti Lukitaningsih, Ferry Febriansyah, Tuti Mulyati, Hetty Permatyawati, Rieka Siti Kadaria, Etna Saraswati, & Agus Setiabudi. (2021). *Modul Pelatihan Surveilans Epidemiologi bagi Petugas Puskesmas*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Pedoman Pencegahan dan Pengendalian ISPA*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2025). *Profil Penanggulangan Krisis Kesehatan Tahun 2024*.
- Meckawy, R., Stuckler, D., Mehta, A., Al-Ahdal, T., & Doebbeling, B. N. (2022). Effectiveness of early warning systems in the detection of infectious diseases outbreaks: a systematic review. *BMC Public Health*, *22*(1), 1–62. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14625-4>
- Noufaily, A., Enki, D. G., Farrington, C. P., Garthwaite, P., Andrews, N. J., & Charlett, A. (2012). An improved algorithm for outbreak detection in multiple surveillance systems. *Statistics in Medicine*, *31*(27), 3424–3438. <https://doi.org/10.1002/sim.5595>
- Sami, A. A. M. (2024). The Role of Surveillance Systems in the Early Detection and Response to Outbreaks of Emerging and Reemerging Infectious Diseases: A Comprehensive Review. *Journal of Angiotherapy*, *8*(8), 1–7. <https://doi.org/10.25163/angiotherapy.8810207>
- Tirtabayu Hasri, E. (2021). *Panduan Penggunaan Aplikasi Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon (SKDR) untuk Pelaporan Penyakit Berpotensi Kejadian Luar Biasa (KLB)*.
- Unkel, S., Farrington, C. P., Garthwaite, P. H., Robertson, C., & Andrews, N. J. (2012). Statistical methods for the prospective detection of infectious disease outbreaks: A review. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, *175*(1), 49–82.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2011.00714.x>

World Health Organization. (2016). *Early warning and response systems (EWARS) for communicable diseases*. Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: WHO Press.