

Sistem Pengawasan Siber Berbasis *Machine Learning* untuk Mendeteksi Distribusi Produk Farmasi Ilegal

Machine Learning-Based Cyber Surveillance System for Detecting Illegal Pharmaceutical Product Distribution

Christian Victor Burdam¹; Marselino Flora Paepadaseda^{2*}; Angjelita Christy Katili³; Yugo Ade Anugrah Taruk Padang⁴; Muhammad Nur Arafah⁵; Firman Aziz⁶

¹⁻⁴ Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan, Jayapura 99225, Indonesia

⁵ Irmex Digital Akademika, Makassar 90551, Indonesia

¹christian.victor@pom.go.id; ²marselino@pom.go.id; ³angjelita.christy@pom.go.id; ⁴yugoadeanugrah@pom.go.id; ⁵mnurarafah18@gmail.com;

⁶firman.aziz@unpacti.ac.id

* Corresponding author

Abstrak

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam pola distribusi produk farmasi, termasuk meningkatnya peredaran produk ilegal melalui media sosial dan platform perdagangan elektronik. Kondisi ini memperumit pengawasan post-market karena distribusi berlangsung cepat, masif, dan sulit terdeteksi melalui mekanisme konvensional. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pengawasan siber berbasis machine learning untuk mendeteksi distribusi produk farmasi ilegal serta memetakan sebaran spasial pelanggaran di wilayah Papua dan Papua Pegunungan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan data patroli siber periode Triwulan I tahun 2026 sebanyak 162 entitas pelanggaran. Model klasifikasi yang digunakan adalah Support Vector Machine (SVM) dan Random Forest (RF) dengan skenario pembagian data 70:30, 80:20, dan 90:10 serta evaluasi menggunakan metrik accuracy, precision, recall, weighted F1-score, dan macro F1-score. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Random Forest secara konsisten mengungguli Support Vector Machine dengan akurasi mencapai 93,88%–100%, sedangkan SVM menghasilkan akurasi 87,76%–94,12% pada seluruh skenario pengujian. Validasi menggunakan 3-Fold Cross Validation menunjukkan bahwa Random Forest memiliki rata-rata akurasi 89,51% dengan standar deviasi 0,0231, lebih tinggi dibandingkan SVM dengan rata-rata akurasi 83,33% dan standar deviasi 0,0400, yang menunjukkan bahwa Random Forest memiliki performa lebih stabil dan kemampuan generalisasi yang lebih baik. Analisis spasial mengidentifikasi Kota Jayapura sebagai wilayah dengan konsentrasi pelanggaran tertinggi, sehingga mendukung penerapan risk-based surveillance. Integrasi machine learning dan analisis spasial terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi deteksi, stabilitas model, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam pengawasan farmasi digital.

Kata Kunci: Machine Learning; Pengawasan Digital; Random Forest; Support Vector Machine; Farmasi

Abstract

The rapid development of digital technology has significantly transformed pharmaceutical distribution patterns, including the increasing circulation of illegal products through social media and e-commerce platforms. This condition complicates post-market surveillance due to the fast, massive, and difficult-to-detect nature of digital distribution using conventional monitoring approaches. This study aims to develop a machine learning-based cyber surveillance system for detecting illegal pharmaceutical product distribution and mapping spatial patterns of violations in Papua and Papua Pegunungan regions. A quantitative experimental approach was employed using cyber patrol data from the first quarter of 2026 consisting of 162 violation records. The classification models used were Support Vector Machine (SVM) and Random Forest (RF) with data splitting scenarios of 70:30, 80:20, and 90:10, evaluated using accuracy, precision, recall, weighted F1-score, and macro F1-score. The results show that Random Forest consistently outperforms Support Vector Machine, achieving accuracy ranging from 93.88% to 100%, while SVM achieved accuracy between 87.76% and 94.12% across all testing scenarios. Furthermore, 3-Fold Cross Validation indicates that Random Forest achieves a higher average accuracy of 89.51% with a lower standard deviation of 0.0231 compared to SVM, which records an average accuracy of 83.33% with a standard deviation of 0.0400, indicating better stability and generalization capability. Spatial analysis identifies Jayapura City as the region with the highest concentration of violations, supporting a risk-based surveillance approach. The integration of machine learning and spatial analysis is proven to enhance detection accuracy, model stability, and data-driven decision-making in digital pharmaceutical surveillance.

Keywords: Machine Learning; Digital Surveillance; Random Forest; Support Vector Machine; Pharmaceutical

Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital telah mengubah pola distribusi produk farmasi, termasuk meningkatnya peredaran produk ilegal melalui media sosial dan platform perdagangan elektronik yang memperumit pengawasan *post-market* pada ekosistem pemasaran digital [1] [2] [3]. Kemudahan akses dan luasnya jangkauan transaksi menjadikan ekosistem

digital rentan dimanfaatkan untuk distribusi produk tanpa izin edar, bahan berbahaya, dan produk mengandung bahan kimia obat [4]. Kondisi ini menimbulkan tantangan baru bagi otoritas pengawas karena distribusi berlangsung cepat dan sulit terdeteksi melalui mekanisme konvensional [5], [6], [7]. Keterbatasan pengawasan manual dalam memproses volume data digital mendorong perlunya sistem patroli siber yang adaptif dan berbasis data. Dalam konteks ini, machine learning menjadi pendekatan potensial karena mampu mengidentifikasi pola distribusi ilegal secara lebih cepat dan akurat dibandingkan metode konvensional [8], [9], [10].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa algoritma klasifikasi seperti Support Vector Machine dan Random Forest memiliki performa baik pada data heterogen. Random Forest unggul dalam menangani data kompleks dan distribusi kelas tidak seimbang, sedangkan Support Vector Machine efektif dalam membangun batas keputusan pada ruang fitur berdimensi tinggi [11],[6],[12]. Namun, implementasinya pada sistem pengawasan siber farmasi yang terintegrasi dengan analisis spasial masih relatif terbatas. Padahal, integrasi klasifikasi prediktif dan analisis spasial penting untuk mendukung *risk-based surveillance* melalui identifikasi wilayah prioritas secara lebih presisi [13], [14], [15].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan integrasi analisis spasial dan klasifikasi machine learning pada patroli siber farmasi di wilayah Papua dan Papua Pegunungan. Kebaruan penelitian terletak pada kombinasi pemetaan spasial sebaran pelanggaran dengan evaluasi komparatif algoritma klasifikasi untuk mendukung sistem pengawasan farmasi digital berbasis data. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi performa algoritma Support Vector Machine dan Random Forest, menguji stabilitas model melalui validasi silang, serta memetakan sebaran geografis pelanggaran guna mendukung penguatan sistem pengawasan farmasi digital yang lebih adaptif dan presisi.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan memanfaatkan teknik klasifikasi *machine learning* untuk mendeteksi distribusi produk farmasi ilegal pada platform digital. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data patroli siber, *preprocessing* data, analisis spasial, implementasi model klasifikasi, serta evaluasi performa model [16].

A. Dataset Penelitian

Dataset diperoleh dari hasil patroli siber Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Jayapura selama periode Triwulan I tahun 2026 yang mencakup wilayah Provinsi Papua dan Papua Pegunungan. Data terdiri atas **162 entitas pelanggaran** yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu **Tanpa Izin Edar (TIE)**, **Bahan Berbahaya (BB)**, dan **Bahan Kimia Obat (BKO)**. Variabel penelitian meliputi jenis pelanggaran, platform digital, lokasi temuan, serta atribut pendukung lainnya yang relevan dalam proses klasifikasi.

B. Preprocessing Data

Tahap *preprocessing* dilakukan untuk meningkatkan kualitas data sebelum proses pemodelan. Proses ini mencakup pembersihan data, penghapusan duplikasi, normalisasi atribut numerik, transformasi variabel kategorikal menggunakan teknik *encoding*, serta pembagian dataset ke dalam skenario pelatihan dan pengujian dengan rasio **70:30**, **80:20**, dan **90:10**.

C. Analisis Spasial

Analisis spasial digunakan untuk memetakan distribusi geografis pelanggaran menggunakan metode *heatmap* berbasis koordinat lokasi temuan. Tahap ini bertujuan mengidentifikasi wilayah dengan konsentrasi pelanggaran tertinggi sebagai dasar penerapan pendekatan *risk-based surveillance*.

D. Implementasi Model Machine Learning

Penelitian ini mengevaluasi dua algoritma klasifikasi utama, *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* (RF). SVM diimplementasikan dengan membangun *hyperplane* pemisah optimal antar-kelas melalui Persamaan (1):

$$f(x) = w^T x + b \quad (1)$$

dengan w sebagai vektor bobot, x sebagai fitur masukan, dan b sebagai bias. Sementara itu, *Random Forest* bekerja melalui agregasi sejumlah *decision tree* untuk menghasilkan prediksi final menggunakan mekanisme *majority voting* sesuai Persamaan (2):

$$H(x) = \text{mode}\{h_1(x), h_2(x), \dots, h_n(x)\} \quad (2)$$

di mana $H(x)$ merupakan hasil prediksi akhir model, $h_i(x)$ merupakan prediksi dari *decision tree* ke- i , dan n menyatakan jumlah total pohon keputusan dalam *ensemble*. Pendekatan ini digunakan untuk meningkatkan stabilitas prediksi dan memitigasi risiko *overfitting* pada dataset patroli siber.

E. Evaluasi Model

Performa model dievaluasi menggunakan beberapa metrik, yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, *weighted F1-score*, dan *macro F1-score*. Metrik tersebut digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengklasifikasikan distribusi produk farmasi ilegal secara komprehensif, termasuk kinerja pada masing-masing kelas serta keseimbangan prediksi antar kelas. Untuk menguji stabilitas model, digunakan metode **3-Fold Cross Validation** dengan membagi

dataset menjadi tiga bagian yang digunakan secara bergantian sebagai data latih dan data uji. Nilai rata-rata akurasi dan standar deviasi dari setiap fold digunakan untuk menilai tingkat *robustness* model terhadap variasi data serta kemampuan generalisasi model pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.

F. Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan pengumpulan data patroli siber terkait distribusi produk farmasi ilegal, kemudian dilanjutkan dengan *preprocessing* data untuk pembersihan dan persiapan analisis. Selanjutnya dilakukan analisis spasial untuk memetakan sebaran pelanggaran, serta pelatihan model menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* (RF). Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik klasifikasi, kemudian divalidasi dengan *3-Fold Cross Validation* untuk menguji stabilitas dan generalisasi. Tahap akhir adalah analisis hasil dan interpretasi. Hasil dan Diskusi

Hasil dan Diskusi

Hasil

A. Dataset Penelitian

Penelitian ini mengevaluasi tren pelanggaran distribusi sediaan farmasi di wilayah Provinsi Papua dan Papua Pegunungan berdasarkan data hasil patroli siber periode triwulan I tahun 2026.

Tabel 1. Dataset Penelitian

Jenis Pelanggaran	Facebook	Instagram	Shopee	Tokopedia	Total
BB	10	0	0	2	12
BKO	20	0	0	0	20
TIE	108	1	14	7	130
Total	138	1	14	9	162

Berdasarkan tabulasi data pada Tabel 1, ditemukan bahwa kategori pelanggaran Tanpa Izin Edar (TIE) merupakan kasus yang paling dominan dengan total 130 temuan. Sementara itu, pelanggaran kategori Bahan Berbahaya (BB) dan Bahan Kimia Obat (BKO) menunjukkan frekuensi yang relatif berdekatan, masing-masing sebanyak 12 dan 20 kasus. Dari aspek kanal distribusi digital, platform Facebook teridentifikasi sebagai media sosial yang paling dominan digunakan dalam aktivitas pelanggaran distribusi produk kefarmasian di pasar *post-market*. Hal ini mengindikasikan perlunya fokus pengawasan yang lebih intensif pada ekosistem platform tersebut di wilayah terkait.

B. Analisis Spasial Sebaran Lokasi Pelanggaran

Pemetaan spasial diimplementasikan sebagai instrumen *data-driven* untuk mengidentifikasi zona kerawanan operasional (*hotspot*) dalam ekosistem digital.



Gambar 1. Heatmap Lokasi Sebaran Data

Berdasarkan analisis *heatmap* pada Gambar 1, konsentrasi pelanggaran tertinggi terdeteksi di wilayah Kota Jayapura (dominasi kategori TIE dengan 95 kasus), diikuti oleh Kabupaten Jayapura dan Kabupaten Biak Numfor. Identifikasi geografis ini memberikan parameter kontekstual yang krusial bagi otoritas pengawas untuk menerapkan *strategi risk-based surveillance*. Dengan memetakan densitas pelanggaran secara spasial, pengawasan *post-market*

dapat dilakukan secara lebih presisi, efisien, dan terfokus pada wilayah yang memiliki aktivitas distribusi produk farmasi ilegal paling masif.

C. Implementasi Model Machine Learning

Tahap implementasi model dilakukan melalui serangkaian skenario pembagian data untuk mengevaluasi performa klasifikasi serta menguji kapasitas generalisasi masing-masing algoritma terhadap karakteristik dataset yang terbatas. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi model dengan kemampuan prediktif paling optimal dalam mendeteksi distribusi produk farmasi ilegal pada ekosistem digital.

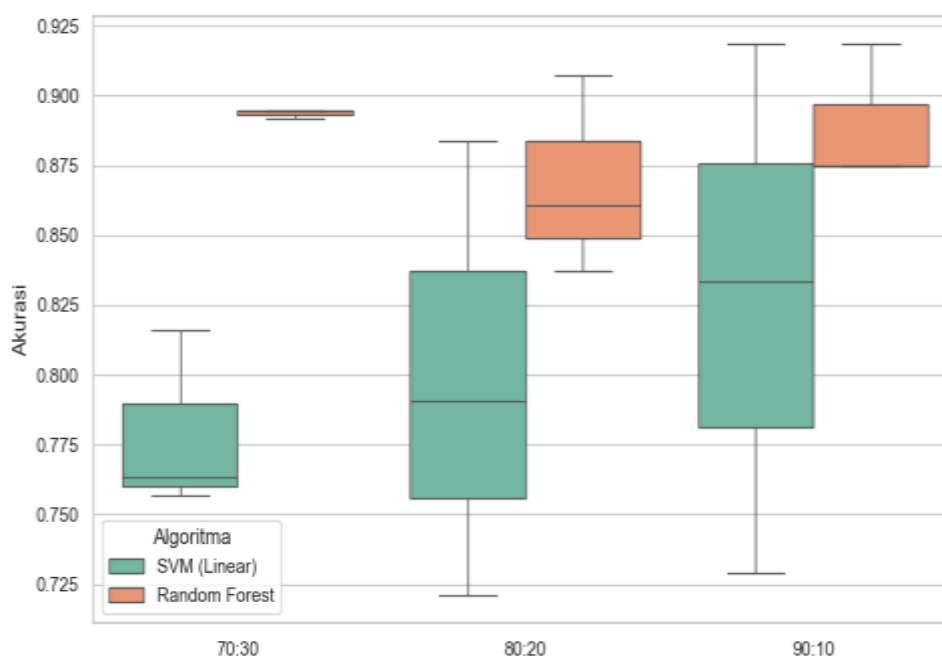
Tabel 2. Perbandingan Model

<i>Skenario</i>	<i>SVM</i>	<i>RF</i>
70:30	87.76	93.88
80:20	93.94	100.00
90:10	94.12	100.00

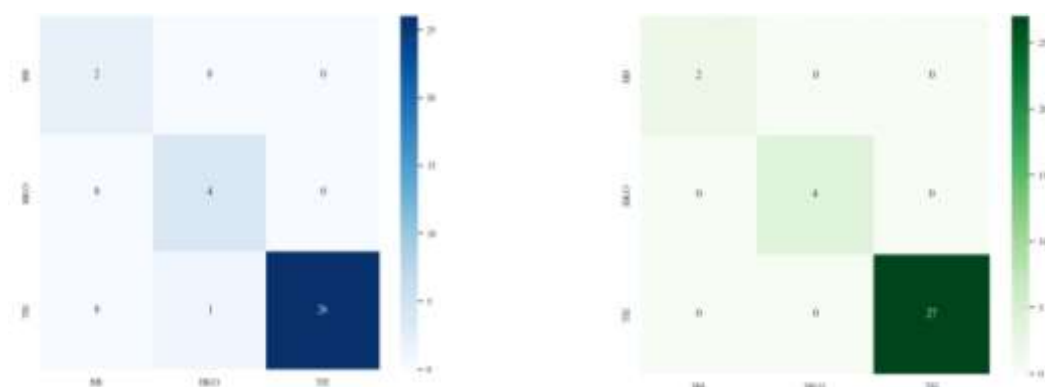
Tabel 3. Evaluasi Metrik Klasifikasi

<i>Model</i>	<i>Split</i>	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>Weighted F1</i>	<i>Macro F1</i>
SVM	70:30	87.76	89.05	87.76	88.24	76.29
RF	70:30	93.88	93.30	93.88	93.48	84.45
SVM	80:20	93.94	95.56	93.94	94.29	88.35
RF	80:20	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
SVM	90:10	94.12	96.08	94.12	94.60	92.10
RF	90:10	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Hasil evaluasi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa *Random Forest* secara konsisten menghasilkan akurasi lebih tinggi dibandingkan *Support Vector Machine* pada seluruh skenario pengujian. *Random Forest* mencapai akurasi maksimum 100% pada partisi 80:20 dan 90:10, sedangkan akurasi tertinggi *Support Vector Machine* sebesar 94,12% pada partisi 90:10. Peningkatan akurasi pada proporsi data latih yang lebih besar menunjukkan bahwa performa kedua model dipengaruhi oleh representativitas data pelatihan. Temuan pada Tabel 3 memperkuat keunggulan *Random Forest* pada seluruh metrik evaluasi. Pada partisi 70:30, *Random Forest* mencatat weighted F1-score 93,48% dan macro F1-score 84,45%, lebih tinggi dibandingkan *Support Vector Machine* sebesar 88,24% dan 76,29%. Hal ini menunjukkan kemampuan *Random Forest* yang lebih baik dalam menjaga keseimbangan klasifikasi antar kelas, termasuk kategori minoritas. Meskipun *Random Forest* mencapai nilai sempurna pada partisi 80:20 dan 90:10, hasil tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena ukuran data uji yang terbatas. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa *Random Forest* lebih efektif dalam klasifikasi distribusi produk farmasi ilegal, sehingga validasi lanjutan menggunakan *3-Fold Cross Validation* diperlukan untuk memastikan stabilitas dan kemampuan generalisasi model.



Gambar 2. Akurasi Model Berdasarkan Partisi Data



a) *Support Vector Machine*

b) *Random Forest*

Gambar 3. Confusion Matrix

Analisis *confusion matrix* menunjukkan bahwa *Random Forest* memiliki tingkat *true positive* yang lebih tinggi pada kelas TIE dibandingkan *SVM*, dengan tingkat kesalahan klasifikasi antar kelas yang lebih rendah. Hal ini mengindikasikan kemampuan model *ensemble* dalam mempelajari batas keputusan yang lebih kompleks pada distribusi data pelanggaran.

D. Evaluasi K-Fold Cross Validation

Untuk menjamin ketangguhan (*robustness*) sistem pengawasan, dilakukan validasi lanjutan menggunakan metode 3-Fold Cross Validation.

Tabel 4. Evaluasi Stabilitas Model

<i>Algoritma</i>	<i>Fold 1</i>	<i>Fold 2</i>	<i>Fold 3</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Dev</i>
SVM	81.48%	88.99%	79.63%	83.33%	0.0400
Random Forest	88.89%	87.04%	92.59%	89.51%	0.0231

Sebagaimana disajikan pada Tabel 4, *Random Forest* secara konsisten mengungguli SVM dengan rata-rata akurasi (mean) sebesar 89,51% dan tingkat stabilitas yang lebih tinggi, ditunjukkan oleh nilai standar deviasi yang rendah (0,0231). Sebaliknya, SVM menunjukkan varians yang lebih besar (0,0400) dengan rata-rata akurasi 83,33%. Hasil ini mengonfirmasi bahwa meskipun terdapat risiko *overfitting* pada pengujian partisi tunggal, secara keseluruhan *Random Forest* tetap merupakan model yang lebih reliabel dan stabil untuk mendeteksi distribusi produk farmasi ilegal dalam sistem pengawasan siber ini.

Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *machine learning* pada sistem pengawasan siber efektif dalam meningkatkan deteksi distribusi produk farmasi ilegal pada platform digital. Dominasi pelanggaran kategori Tanpa Izin Edar pada platform Facebook mengindikasikan pergeseran pola distribusi ilegal dari kanal konvensional menuju ekosistem digital, sehingga diperlukan pendekatan pengawasan yang lebih adaptif dan berbasis otomasi. Dari aspek performa, *Random Forest* secara konsisten menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan *Support Vector Machine* pada seluruh skenario evaluasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan ensemble learning lebih efektif dalam menangani karakteristik dataset yang heterogen dan tidak seimbang, serta lebih mampu menjaga konsistensi klasifikasi antar kelas, termasuk kategori minoritas. Meskipun beberapa skenario menghasilkan akurasi sempurna, hasil tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena keterbatasan ukuran dataset yang berpotensi meningkatkan risiko *overfitting*. Oleh karena itu, validasi menggunakan *3-Fold Cross Validation* menjadi penting untuk memastikan stabilitas model. Hasil validasi menunjukkan bahwa *Random Forest* memiliki tingkat konsistensi yang lebih tinggi, sehingga lebih layak dipertimbangkan untuk implementasi operasional. Analisis spasial yang mengidentifikasi Kota Jayapura sebagai wilayah dengan konsentrasi pelanggaran tertinggi mendukung penerapan strategi *risk-based surveillance*, yaitu pengawasan yang difokuskan pada wilayah dan platform digital dengan tingkat kerawanan lebih tinggi. Secara praktis, integrasi machine learning dalam patroli siber berpotensi menjadi sistem pendukung keputusan yang mampu meningkatkan efisiensi deteksi, mempercepat investigasi, dan mendukung pengawasan farmasi digital yang lebih presisi.

Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa sistem pengawasan siber berbasis *machine learning* efektif untuk mendeteksi distribusi produk farmasi ilegal pada platform digital di wilayah Papua dan Papua Pegunungan. *Random Forest* menunjukkan performa terbaik dengan rata-rata akurasi 89,51%, standar deviasi 0,0231, dan akurasi maksimum 100%

pada partisi 80:20 dan 90:10, lebih unggul dibandingkan *Support Vector Machine* yang memperoleh rata-rata akurasi 83,33% dengan standar deviasi 0,0400. Integrasi analisis spasial juga berhasil mengidentifikasi Kota Jayapura sebagai wilayah dengan tingkat kerawanan distribusi tertinggi, sehingga mendukung pendekatan pengawasan berbasis data dan risiko. Penelitian ini masih terbatas pada ukuran dataset yang relatif kecil (162 entitas) dan distribusi kelas yang tidak seimbang dengan dominasi kategori TIE. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan teknik penyeimbangan data, memperluas cakupan temporal dataset, serta mengintegrasikan *Natural Language Processing* dan dashboard pemantauan *real-time* untuk meningkatkan kemampuan generalisasi dan implementasi operasional sistem.

Deklarasi Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan, baik secara finansial, personal, maupun profesional, yang dapat memengaruhi objektivitas, pelaksanaan, atau hasil dari penelitian ini. Penelitian ini dilakukan murni untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan penguatan sistem pengawasan siber di bidang komoditi farmasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Jayapura atas penyediaan data patroli siber Triwulan I tahun 2026 serta dukungan fasilitas operasional selama penelitian ini berlangsung. Apresiasi juga disampaikan kepada tim ke deputian terkait yang telah memberikan masukan berharga dalam interpretasi hasil analisis spasial dan penentuan kategori kerawanan produk.

Ketersediaan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder hasil patroli siber internal Balai Besar POM di Jayapura periode Triwulan I tahun 2026 yang terdiri dari 162 entitas pelanggaran. Dikarenakan adanya regulasi terkait kerahasiaan data penegakan hukum (law enforcement) dan perlindungan data taktis pengawasan post-market, dataset ini bersifat privat dan tidak dapat diakses secara terbuka oleh publik. Pihak yang memerlukan informasi lebih lanjut mengenai karakteristik agregat data dapat menghubungi korespondensi penulis atas izin otoritas terkait.

Penggunaan Ai Dan Deklarasi Penggunaan Ai Generatif

Dalam penyusunan artikel ini, penulis menggunakan alat bantu berbasis Large Language Models (LLM) untuk mengoptimalkan penerjemahan abstrak dwibahasa dan memeriksa tata bahasa naskah. Penulis telah meninjau serta menyunting seluruh konten hasil teks tersebut secara manual, dan bertanggung jawab penuh atas keaslian ide, interpretasi data, serta seluruh isi publikasi ini.

Daftar Pustaka

- [1] M. Sihite, D. O. Suparwata, M. N. Arafah, dan S. Uhai, "SWOT Analysis of the Strategy of Digital Transformation of SMEs," *Int. J. Business, Law, Educ.*, vol. 6, no. 2, hal. 1546–1555, 2025.
- [2] M. A. Ejung *et al.*, "Optimizing Machine Learning for Digital Surveillance and Pharmaceutical Product Risk Assessment," *Integr. J. Pharm. Innov.*, vol. 2, no. 1, hal. 37–53, 2026.
- [3] S. Wijaya dan A. Satory, "Consumer Protection in the Circulation of Illegal Cosmetics in Indonesia: An Analysis of Business Ethics, Legal Regulations, and Corporate Governance.," *Cerdika J. Ilm. Indones.*, vol. 6, no. 5, hal. 1983, 2026.
- [4] S. Hajar dan S. N. Putri, "Analisis Kebijakan Publik Terhadap Peredaran Kosmetik Tanpa Izin BPOM: Studi Kasus Shopee dan Tiktok Shop," *J. Stud. Interdisip. Perspekt.*, vol. 25, no. 1, hal. 30–36, 2025.
- [5] A. S. Azali, Miftakhul Yusron, dan Endang Darmawan, "Narrative Review: Tantangan dan Strategi Pemanfaatan Big Data dalam Farmakovigilans di Indonesia," *Pharm. J. Farm. Indones. (Pharmaceutical J. Indones.)*, vol. 22, no. 1 SE-PHARMACY, hal. 50–54, Agu 2025, doi: 10.30595/pharmacy.v22i1.26614.
- [6] C. V. Burdam, M. N. Arafah, dan B. Y. R. Burdam, "Implementation of Decision Support System for Illegal Cosmetic Detection in Papua Based Machine Learning," *J. Syst. Comput. Eng.*, vol. 7, no. 1, hal. 116–123, 2026.
- [7] A. B. A. Lagho, M. N. Arafah, W. S. Paiman, dan N. Narto, "Analisis Profil Keamanan Kosmetik Balai Besar POM di Jayapura Menggunakan Pendekatan Machine Learning," *Indones. J. Innov. Multidisipliner Res.*, vol. 4, no. 1 SE-Articles, hal. 1–10, Mar 2026, doi: 10.69693/ijim.v4i1.480.
- [8] M. I. Setyawan, A. Mardamsyah, A. Anindito, dan D. C. Budiman, "AI-based cyber patrol system for media sentiment analysis on online news regarding the Indonesian Air Force," *J. Mandiri IT*, vol. 14, no. 3 SE-Articles, hal. 356–367, Jan 2026, doi: 10.35335/mandiri.v14i3.497.
- [9] K. A. Nugroho, "Deteksi Anomali Trafik Jaringan dan Aktivitas Pengguna Menggunakan Isolation Forest

- untuk Meningkatkan Keamanan Jaringan,” *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 5, no. 5 SE-, hal. 1365–1376, Mei 2025, doi: 10.52436/1.jpti.790.
- [10] R. F. Syam, W. Rimalia, dan M. N. Arafah, “Deep Learning, NLU Aspect-Based Sentiment Analysis of Kimia Farma Pharmaceutical Services Using IndoBERT Deep Learning,” *Integr. J. Pharm. Innov.*, vol. 2, no. 1, hal. 29–36, 2026.
- [11] M. Mardewi, N. Yarkuran, S. Sofyan, dan F. Aziz, “Klasifikasi Kategori Obat Menggunakan Algoritma Support Vector Machine,” *J. Pharm. Appl. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, hal. 27–32, 2023.
- [12] “Analisis Kinerja Intrusion Detection System Berbasis Algoritma Random Forest Menggunakan Dataset Unbalanced HoneyNet BSSN,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 4 SE-Ilmu Komputer, hal. 867–876, Agu 2024, doi: 10.25126/jtiik.1148911.
- [13] D. R. Nursidah, A. Fauzan, dan M. A. Setya Adhiwibawa, “Spatial Classification of Sentinel-2 Satellite Images with Machine Learning Approach,” *Geoplanning J. Geomatics Planning; Vol 12, No 2*, 2025, doi: 10.14710/geoplanning.12.2.253-266.
- [14] “Machine Learning-Based Mapping of Mangrove Forest Changes from Sentinel-2 in Balikpapan Bay, East Kalimantan,” *J. Ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 17, no. 3 SE-Articles, hal. 549–557, doi: 10.29244/jitkt.17.3.67707.
- [15] “Spatial Prediction of Stunting Incidents Prevalence Using Support Vector Regression Method,” *Indones. J. Data Sci.*, vol. 4, no. 2 SE-Data Science, hal. 71–77, doi: 10.56705/ijodas.v4i2.68.
- [16] I. H. R. Hatta *et al.*, *Integrasi Data Mining dan Sistem Pendukung Keputusan dalam Sistem Informasi*. CV. Garis Ilmu Press, 2026.