

## The use of statistical applications in defense

Eko Susetyo<sup>1</sup>, Adang Asep Supriyadi<sup>2</sup> dan Faonaso Harefa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Doktor Universitas Pertahanan, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Program Doktor Universitas Pertahanan, Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Mahasiswa Program Doktor Universitas Pertahanan, Jakarta, Indonesia.

---

### Article Info

#### Article history

Received : Jul 09 2025

Revised : Jul 17, 2025

Accepted : Jul 30, 2025:

---

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran aplikasi statistik dalam mendukung efektivitas sistem pertahanan dan militer di era modern. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh realitas strategis bahwa dalam era kontemporer, yang ditandai dengan meningkatnya kompleksitas ancaman dan percepatan perkembangan teknologi, kebutuhan akan data yang akurat serta analisis yang tepat menjadi elemen krusial dalam penyelenggaraan fungsi pertahanan negara. Di sisi lain, pemanfaatan aplikasi statistik dalam sistem pertahanan dan militer Indonesia masih belum mencapai tingkat optimal, sehingga diperlukan kajian yang lebih mendalam untuk memahami kontribusinya secara komprehensif. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi penerapan metode statistik dalam berbagai aspek pertahanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan statistik telah berkembang melampaui fungsi deskriptif dan kini menjadi instrumen analitik utama dalam deteksi ancaman siber, pengambilan keputusan operasional, evaluasi mutu pendidikan militer, serta pengujian sistem informasi digital. Metode statistik seperti *design of experiments*, *decision theory*, *regresi moderasi*, *analisis bibliometrik*, dan *hidden Markov model* telah digunakan secara luas dalam menghadapi kompleksitas multidomain secara sistematis dan berbasis data. Temuan ini konsisten dengan sejumlah teori relevan, termasuk Teori Statistik dalam Pertahanan, Teori Probabilitas dan Distribusi, Teori Desain Eksperimen, serta pendekatan *Explainable Artificial Intelligence (XAI)*. Secara konseptual dan praktis, penelitian ini menegaskan pentingnya institusionalisasi aplikasi statistik sebagai bagian integral dari transformasi manajemen pertahanan yang berbasis data.

---

### Abstract

This study aims to analyze the role of statistical applications in supporting the effectiveness of defense and military systems in the modern era. It is grounded in the strategic reality that, in an era characterized by increasingly complex threats and rapid technological advancements, the need for accurate data and precise analysis has become critical to the execution of national defense functions. Conversely, the utilization of statistical applications within Indonesia's defense and military systems remains suboptimal, necessitating an in-depth examination of their role and impact. This research employs a descriptive qualitative approach to identify and evaluate the application of statistical methods across various defense-related domains. The findings indicate that statistical approaches have evolved beyond descriptive functions and now serve as essential analytical tools in cyber threat detection, operational decision-making, quality assessment of military education, and the testing of digital information systems. Statistical methods such as *design of experiments*, *decision theory*, *moderated regression*, *biometric analysis*, and *hidden Markov models* are widely applied to systematically address multidomain complexities using data-driven approaches. These findings align with several theoretical frameworks, including the *Statistical Theory in Defense*, *Probability and Distribution Theory*, *Design of Experiments Theory*, and the *Explainable Artificial Intelligence (XAI)* framework. Conceptually and practically, this study underscores the urgency of institutionalizing statistical applications as an integral component of data-driven defense management transformation.

### Keywords:

Artificial Intelligence;  
Defense Management;  
Decision-Making;  
Driven Analysis; and  
Statistical Applications.

---

### Corresponding Author:

Faonaso Harefa,  
Managemen Pertahanan  
Universitas Pertahanan  
Matraman, Jakarta Timur, Jakarta, Indonesia  
faonaso.harefa@doktoral.idu.ac.id

*This is an open access article under the CC BY-NC license.*

---



## PENDAHULUAN

Dalam era modern yang ditandai oleh kompleksitas ancaman dan percepatan teknologi, kebutuhan akan data yang akurat dan analisis yang tepat dalam bidang pertahanan menjadi semakin penting (Galán et al., 2022). Statistik sebagai ilmu yang berfokus pada pengumpulan, pengolahan, analisis, dan interpretasi data, memainkan peran strategis dalam mendukung pengambilan keputusan militer dan kebijakan pertahanan secara ilmiah dan berbasis bukti (Jagtap et al., 2023). Aplikasi statistik dalam bidang pertahanan mencakup berbagai aspek, mulai dari analisis kebutuhan logistik, pemodelan risiko keamanan, perencanaan anggaran pertahanan, hingga evaluasi efektivitas sistem senjata dan operasi militer (Marín Díaz, Galdón Salvador, et al., 2023).

Kurangnya pengambilan keputusan berbasis data dalam lingkungan militer Indonesia telah dipetakan secara sistematis sebagai permasalahan utama yang menjadi fokus sentral dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil telaah terhadap dokumen kebijakan internal, laporan perencanaan operasional, serta wawancara dengan perwira menengah dan tinggi, ditemukan bahwa proses pengambilan keputusan di lingkungan TNI masih didominasi oleh pendekatan hierarkis dan intuitif, dengan minimnya penggunaan data empiris dan analisis berbasis sistem informasi. Permasalahan ini diidentifikasi tidak hanya sebagai hambatan dalam proses modernisasi kelembagaan, tetapi juga sebagai faktor penghambat dalam peningkatan efektivitas logistik, kesiapsiagaan operasional, dan adaptabilitas terhadap dinamika ancaman strategis. Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan kelemahan tersebut sebagai titik krusial yang perlu ditangani melalui pendekatan konseptual dan metodologis, termasuk pemetaan keterbatasan sistem data, analisis kesenjangan implementasi teknologi informasi, serta perumusan model integratif untuk mendorong pengambilan keputusan berbasis data dalam kerangka tata kelola pertahanan yang adaptif dan responsif.

Urgensi bahwa penyelenggaraan fungsi pertahanan negara pada era kontemporer menuntut pendekatan yang berbasis data dan analisis yang presisi, seiring dengan meningkatnya kompleksitas ancaman yang bersifat multidimensional, seperti ancaman siber, asimetris, dan teknologi disruptif (Budavári, 2024). Dalam hal ini, kebutuhan akan data yang akurat dan kemampuan untuk mengolah serta menafsirkan data secara tepat menjadi semakin vital, tidak hanya untuk mendeteksi dan merespons ancaman secara real-time, tetapi juga untuk merumuskan kebijakan pertahanan yang adaptif dan berbasis bukti (Stone, 2020). Percepatan perkembangan teknologi, seperti kecerdasan buatan, sistem senjata otonom, dan penginderaan berbasis data besar, telah mengubah lanskap pertahanan menjadi sangat dinamis dan tidak lagi dapat dikelola hanya dengan pendekatan konvensional (Ilovača, 2025). Oleh karena itu, kapasitas analitik berbasis statistik menjadi instrumen strategis yang tidak hanya mendukung efektivitas operasional, tetapi juga meningkatkan akuntabilitas dan efisiensi dalam pengambilan keputusan di lingkungan pertahanan (Macfeely & Barnat, 2017).

Dengan pendekatan statistik, lembaga pertahanan dapat mengidentifikasi pola ancaman, memprediksi skenario kontinjensi, serta mengoptimalkan alokasi sumber daya dalam rangka meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional (Fathurrohman, 2025). Statistik juga menjadi instrumen penting dalam pengembangan teknologi pertahanan berbasis kecerdasan buatan, sistem informasi geografis (GIS), dan pengolahan big data intelijen (Carrasco-Aguilar et al., 2022). Oleh karena itu, pemahaman terhadap aplikasi statistik tidak hanya relevan bagi kalangan akademisi, tetapi juga bagi praktisi dan pengambil kebijakan di lingkungan militer dan pertahanan (Khalaf et al., 2019). Penelitian ini akan membahas berbagai bentuk aplikasi statistik dalam bidang pertahanan, dengan menyoroti studi kasus dan pendekatan analitik yang digunakan untuk memperkuat sistem pertahanan suatu negara secara menyeluruh dan adaptif terhadap ancaman multidimensi (Marín Díaz, Galán Hernández, et al., 2023).

Rumusan masalah dan pertanyaan dalam penelitian ini difokuskan pada 4 aspek utama; 1) Bagaimana peran aplikasi statistik dapat mendukung efektivitas sistem pertahanan dan militer dalam menghadapi kompleksitas permasalahan operasional, strategis, dan manajerial?; 2) Sejauh mana pendekatan statistik berkontribusi terhadap deteksi ancaman siber, pengambilan keputusan operasional, evaluasi mutu pendidikan militer, dan pengujian sistem informasi di lingkungan pertahanan? 3) Bagaimana keterkaitan antara penerapan metode statistik seperti *design of experiments*, *decision theory*, *regresi moderasi*, *analisis bibliometrik*, dan *hidden Markov model* dengan penguatan interoperabilitas multidomain serta pengembangan kebijakan pertahanan berbasis data?; 4) Bagaimana

relevansi teori statistik dalam pertahanan, teori probabilitas dan distribusi, teori desain eksperimen, serta teori Explainable Artificial Intelligence (XAI) dalam menjelaskan urgensi institusionalisasi aplikasi statistik dalam sistem pertahanan modern?(Tchuente et al., 2024)

Tujuan penelitian ini secara teoritis adalah untuk menganalisis bagaimana relevansi dan kontribusi teori-teori statistik, probabilitas, desain eksperimen, serta Explainable Artificial Intelligence (XAI) dalam menjelaskan peran aplikasi statistik sebagai fondasi analitik dalam sistem pertahanan modern(Khoirunnisa & Sulistiani, 2024). Secara praktis penelitian ini dengan tujuan untuk menganalisis penerapan metode statistik dalam mendukung efektivitas pertahanan dan militer, khususnya dalam deteksi ancaman, pengambilan keputusan, evaluasi pendidikan, serta penguatan interoperabilitas dan kebijakan berbasis riset(Bandono et al., 2022).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk mengkaji secara mendalam bagaimana penerapan statistik dalam bidang militer dan pertahanan. Pendekatan ini dipilih karena mampu menjelaskan secara kontekstual bagaimana statistik digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan strategis, perencanaan operasi militer, manajemen logistik militer, serta penilaian efektivitas kebijakan pertahanan. Penelitian ini tidak menguji hipotesis secara kuantitatif, melainkan hanya untuk memberikan menggambarkan dan menganalisis peran statistik berdasarkan informasi dari berbagai kajian ilmiah yang relevan(KULYNYCH, 2024).

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengumpulan data dari artikel Scopus dan SINTA yang diterbitkan tahun 2020-2025, dengan fokus pada isu-isu seperti statistik dalam perencanaan pertahanan, pengambilan keputusan berbasis data, analisis risiko militer, dan pengelolaan logistik militer(Valeriu & Nistor, 2020).

Teknik analisis data yang dilakukan dengan dalam tiga tahap, meliputi; 1) reduksi data; 2) penyajian data dan dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi data, peneliti memilah informasi dari artikel yang telah dikumpulkan, mengelompokkan data berdasarkan tema seperti tahun penerbitan, Authors, metode statistik yang digunakan, dan tujuan penelitian(Jagtap et al., 2023). Untuk memastikan validitas data, peneliti memastikan bahwa artikel tersebut terindeks Scopus, SINTA, dan memiliki DOI dan E-ISSN (Galán et al., 2022).

Dalam penelitian ini landasan teori yang digunakan meliputi; 1) Teori Statistik dalam Pertahanan. Teori ini memberikan fondasi konseptual utama bagi penelitian dengan menegaskan bahwa statistik merupakan alat ilmiah yang tidak terpisahkan dari proses perumusan strategi dan pengambilan keputusan militer(Jackendoff, 2017). Dalam konteks ini, aplikasi statistik dalam pertahanan digunakan untuk mengelola dan menganalisis data hasil pengamatan, eksperimen, dan pengukuran operasional guna memperoleh informasi yang akurat, objektif, dan dapat diverifikasi. Statistik memungkinkan lembaga pertahanan untuk melakukan pemodelan prediktif, menganalisis efektivitas operasi, dan merancang strategi berbasis data dalam menghadapi kompleksitas lingkungan militer modern(Miller et al., 2020); 2)Teori Probabilitas dan Distribusi dalam Sistem Deteksi Militer. Teori ini menjelaskan bahwa penggunaan statistik dalam pertahanan sangat krusial dalam sistem pendeteksian dan klasifikasi sinyal, seperti pada sistem radar dan pengawasan taktis(Masnica & Stulrajter, 2021). Penggunaan distribusi probabilitistik, pengujian hipotesis, dan penetapan ambang batas berbasis statistik menjadi inti dari teknologi sensor dan sistem pengintaian modern. Dalam penelitian ini, teori ini memperkuat argumen bahwa statistik bukan hanya digunakan untuk analisis pasca-aksi, melainkan juga menjadi bagian aktif dari sistem deteksi dini, peringatan, dan pencegahan terhadap potensi ancaman(Bistrion & Piotrowski, 2021); dan 3) Teori Desain Eksperimen (DoE). DoE menjelaskan bagaimana aplikasi statistik digunakan dalam proses pengujian dan simulasi yang sistematis untuk memastikan keandalan dan efisiensi taktik serta alat pertahanan(Barredo Arrieta et al., 2020). Dalam penelitian ini, DoE menjadi dasar untuk memahami bagaimana eksperimen militer, termasuk simulasi strategi tempur, uji coba senjata, dan pelatihan operasional, dapat dirancang dengan pendekatan statistik agar hasilnya valid, terukur, dan dapat diandalkan. Hal ini menunjukkan bahwa statistik berfungsi sebagai jembatan antara pendekatan teoritis dan praktik teknis dalam pengembangan sistem pertahanan(Politis et al., 2017); dan 4) Teori Explainable Artificial Intelligence (XAI). Sebagai pendekatan terkini, teori XAI menunjukkan bahwa penggunaan statistik dalam pertahanan tidak hanya berhenti pada analisis data, tetapi juga mencakup kebutuhan untuk menjelaskan dan memverifikasi hasil model berbasis algoritma(Ortigossa et al., 2024). Dalam penelitian ini, XAI menjadi kerangka penting untuk mengevaluasi transparansi dan akuntabilitas model statistik dan pembelajaran mesin yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan militer.

Hal ini sangat relevan mengingat keandalan keputusan strategis di bidang pertahanan harus dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan logis (Gunning & Aha, 2019).

## PEMBAHASAN DAN DISKUSI

### Data Sekunder dari artikel Scopus tentang Penggunaan aplikasi Statistik dalam Pertahanan

Tabel 1. Data Sekunder dari artikel Scopus

| No | Author                                  | Judul Artikel   | Aplikasi Statistik Yang digunakan  | Tujuan   |
|----|---|---|--|--|
| 1  | Prof. (Dr.) Avinash S. Jagtap (2022)/Q1 | Role of Statistics in Defence   | Design of Experiment, distribusi probabilitas, dan decision theory digunakan dalam analisis data militer dengan dukungan tools seperti Excel, SPSS, R, Python, dan GIS (ArcGIS/QGIS) untuk meningkatkan efektivitas simulasi, prediksi, dan pengambilan keputusan strategis. | Meningkatkan akurasi pengambilan keputusan, efisiensi alokasi sumber daya, serta efektivitas perencanaan dan evaluasi operasi militer.           |
| 2  | Umar Fathurrohman et al., (2025)/Q4     | Quality of Military Education: Analysis of Perspectives from Aerospace Technology, Digital Literacy and Performance of Soldiers of the Indonesian National Army Air Force from Generation-Z | SPSS atau SmartPLS   | Mengukur pengaruh signifikan antara variabel bebas seperti perkembangan teknologi dirgantara, literasi digital, dan kinerja prajurit generasi Z. |

### Peran Strategis Penggunaan Aplikasi Statistik dalam Pertahanan

Statistik sebagai bagian integral dari pendekatan ilmiah telah mengalami ekspansi fungsional yang signifikan dalam sektor pertahanan dan militer. Melalui analisis artikel terindeks internasional Scopus, dapat diidentifikasi beberapa peran utama aplikasi statistik yang memberikan kontribusi nyata terhadap efektivitas organisasi militer, baik pada aspek operasional, manajerial, maupun edukatif. Berikut ini merupakan pengelompokan peran penggunaan aplikasi statistik dalam domain pertahanan dan militer, sebagai berikut:

**Penguatan Analisis Intelijen dan Deteksi Ancaman Siber.** Aplikasi statistik memiliki peran sentral dalam mendeteksi dan merespons ancaman siber melalui pendekatan berbasis *machine learning*, *anomaly detection*, dan *model klasifikasi biner*. Dalam konteks serangan DDoS (Distributed Denial of Service), statistik digunakan untuk menangani ketidakseimbangan data, melakukan resampling, serta mengevaluasi performa model prediktif melalui metrik seperti AUC dan F1-score. Model ini mendukung keamanan nasional dengan meningkatkan sensitivitas sistem dalam mengidentifikasi pola serangan siber yang kompleks dan adaptif.

**Pengambilan Keputusan Taktis dan Strategis Berbasis Data.** Statistik dalam bentuk *decision theory*, *design of experiments*, dan *predictive modeling* digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam berbagai skenario militer. Dalam pengembangan taktik penggunaan *robot swarm* dan klasifikasi sinyal radio di medan tempur, statistik memfasilitasi pembentukan model simulasi dan eksperimental yang mampu memperkirakan dampak operasional secara terukur. Hal ini meningkatkan keandalan keputusan dalam situasi dengan kompleksitas tinggi dan ketidakpastian lingkungan.

**Pemetaan Kekuatan Ilmiah dan Inovasi Teknologi Pertahanan.** Pendekatan bibliometrik berbasis aplikasi SciMAT, VOSviewer, dan *science mapping* digunakan untuk mengevaluasi tren ilmiah dalam riset pertahanan. Statistik dalam konteks ini berperan untuk memetakan struktur keilmuan, memvisualisasikan hubungan antar-peneliti dan institusi, serta mengidentifikasi tema strategis dalam teknologi pertahanan seperti *quantum computing*, *artificial intelligence*, dan *military machine learning*. Fungsi ini mendukung pengambilan kebijakan berbasis bukti dalam alokasi sumber daya riset dan pengembangan militer.

**Evaluasi Efektivitas Pendidikan dan Transformasi Digital Militer.** Statistik deskriptif dan inferensial (misalnya uji t, ANOVA, serta pemodelan regresi) digunakan untuk mengevaluasi kualitas

pendidikan militer, baik dari sisi kinerja akademik maupun persepsi peserta didik. Implementasi teknologi pembelajaran seperti *QR codes*, *Problem-Based Learning*, dan pelatihan pemrograman bagi prajurit TNI dianalisis secara statistik guna menilai dampaknya terhadap keterampilan berpikir logis dan adaptasi digital generasi prajurit masa kini. Peran statistik dalam konteks ini adalah untuk menguatkan basis evaluasi program pendidikan militer secara obyektif dan terstandar.

Modelisasi Perilaku Operasional dan Situasional. Melalui penerapan model statistik probabilistik seperti *Hidden Markov Model*, aktivitas dan pola perhatian kru pengawasan laut dapat dimodelkan untuk mendukung kesadaran situasional yang lebih akurat dan berbasis data. Peran statistik di sini tidak hanya sebagai alat pengukur, melainkan sebagai media representasi perilaku dinamis dalam misi militer berbasis sensor dan pengindraan jarak jauh. Manajemen Organisasi dan Sumber Daya Manusia Milite. Dalam konteks organisasi, aplikasi statistik digunakan untuk mengevaluasi pengaruh budaya organisasi, kepuasan kerja, dan ketersediaan fasilitas terhadap motivasi kerja personel militer. Melalui pemodelan interaksi moderasi dan regresi berganda, statistik berperan sebagai dasar ilmiah dalam penyusunan kebijakan manajemen SDM militer, khususnya dalam konteks peningkatan kinerja dan retensi prajurit. Optimalisasi Sistem Informasi dan Infrastruktur Digital. Statistik dalam pengujian perangkat lunak, seperti pengujian *black box*, digunakan untuk menilai keandalan sistem informasi akuntansi yang diterapkan di lingkungan militer. Fungsi ini menjadi esensial dalam menjamin kesesuaian sistem terhadap kebutuhan administratif dan pelaporan keuangan di satuan militer.

Secara keseluruhan, aplikasi statistik dalam pertahanan dan militer bukan sekadar alat bantu analisis, melainkan telah berkembang menjadi fondasi metodologis dalam berbagai aspek strategi militer modern. Fungsinya mencakup deteksi ancaman, pengambilan keputusan berbasis data, pemetaan keilmuan, evaluasi pendidikan, pemodelan operasional, penguatan manajemen organisasi, hingga optimasi sistem informasi. Ke depan, integrasi statistik dengan kecerdasan buatan dan teknologi digital lainnya akan semakin memperkuat kapabilitas pertahanan negara yang adaptif, responsif, dan berbasis bukti ilmiah.

### Aplikasi statistik dalam pertahanan

Metode statistik secara eksplisit seperti *regresi linear* atau *uji t*. Metode statistik secara eksplisit seperti regresi linear atau uji t merujuk pada teknik analisis statistik kuantitatif yang menggunakan formula matematis tertentu untuk mengukur hubungan, perbedaan, atau pengaruh antar variabel. Regresi Linear. Digunakan untuk mengetahui hubungan antara satu variabel bebas (X) dan satu variabel terikat (Y), dan untuk memprediksi nilai Y berdasarkan X.

$$\text{Rumus } Y = bX + \epsilon$$

Rumus  $Y = bX + \epsilon$  merupakan bentuk sederhana dari model regresi linear, yang menyatakan bahwa variabel dependen Y dipengaruhi secara linear oleh variabel independen X melalui koefisien regresi b, dengan  $\epsilon$  sebagai error atau penyimpangan dari nilai prediksi. Contoh: Meneliti pengaruh anggaran militer (X) terhadap tingkat kesiapsiagaan tempur (Y). Jika hasil regresi menunjukkan nilai  $b = 0,7$ , maka setiap kenaikan 1 unit anggaran menyebabkan kenaikan 0,7 unit dalam kesiapsiagaan.

Uji t (t-test). Digunakan untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara dua kelompok rata-rata. Rumus (untuk dua sampel independen):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Contoh: Menguji apakah ada perbedaan tingkat keberhasilan misi antara pasukan yang dilatih dengan teknologi AI dan pasukan yang tidak menggunakan AI. Jika nilai p-value  $< 0,05$ , maka perbedaannya signifikan secara statistik. Regresi linear mengukur pengaruh atau hubungan antar variabel dan Uji t mengukur perbedaan rata-rata antara dua kelompok. Kedua metode ini masuk dalam kategori statistik inferensial dan digunakan untuk membuat kesimpulan dari data sampel terhadap populasi, sangat penting dalam penelitian kuantitatif termasuk di bidang militer dan pertahanan.

Statistical Modeling, meliputi; analisis regresi, model ekonomi makro, dan simulasi skenario logistik untuk merancang kebijakan pertahanan. Aplikasi statistik dalam bidang pertahanan sangat luas meliputi; Deskripsi kondisi nyata, prediksi potensi dan risiko, evaluasi efektivitas kebijakan militer dan ekonomi. Metode statistik yang digunakan bisa berupa: Statistik deskriptif, Inferensial (uji statistik, regresi, estimasi), Pemodelan dan simulasi, Pengolahan data besar (*Big Data*) dan teknologi canggih lainnya. Statistik deskriptif. Pentingnya untuk pengumpulan, penyimpanan, dan pengolahan data

kuantitatif mengenai fenomena ekonomi militer seperti jumlah bantuan militer, kapasitas produksi pertahanan, dan dampak ekonomi akibat perang.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Rumus tersebut diatas menyatakan bahwa rata-rata (mean) dari suatu data adalah hasil penjumlahan seluruh nilai data ( $\sum X_i$ ) dibagi dengan jumlah data ( $n$ ).

$$\hat{Y}_t = a + bt$$

Rumus tersebut diatas merupakan model regresi linear sederhana untuk peramalan deret waktu (time series), di mana  $\hat{Y}_t$  adalah nilai prediksi pada waktu  $t$ ,  $a$  adalah konstanta (intersep), dan  $b$  adalah koefisien tren atau tingkat perubahan per waktu.

Analisis Faktor dan Pemodelan. Pemodelan kuantitatif tentang faktor-faktor yang memengaruhi pertahanan dan ekonomi, seperti; hubungan antara bantuan militer dan inflasi dan efektivitas belanja militer terhadap kesiapan tempur. Rumus Regresi Linier Berganda: Analisis input-output, model ekonomika, atau simulasi logistik:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon$$

Rumus tersebut diatas merupakan persamaan regresi linear berganda yang menggambarkan hubungan antara variabel dependen  $Y$  dan beberapa variabel independen  $X_1$  hingga  $X_n$ , dengan  $\beta_0$  sebagai intercept,  $\beta_1$  hingga  $\beta_n$  sebagai koefisien regresi, dan  $\epsilon$  sebagai error atau gangguan.

Probability and Probability Distribution Misalnya, untuk memodelkan kemungkinan deteksi target dalam operasi militer. Contoh: peluang deteksi sasaran dalam suatu lingkungan tempur.

$$P(x) = \frac{\text{jumlah kejadian sukses}}{\text{jumlah percobaan total}}$$

Rumus tersebut diatas menyatakan bahwa peluang suatu kejadian ( $P(x)$ ) dihitung dengan membagi jumlah kejadian sukses dengan jumlah percobaan total dalam sebuah eksperimen atau observasi.

Decision Theory. Digunakan untuk pemilihan strategi terbaik berdasarkan utilitas dan probabilitas hasil. Digambarkan melalui nilai ekspektasi utilitas:

$$EU(a) = \sum_i P(s_i|a) \cdot U(s_i)$$

Rumus tersebut diatas menyatakan expected utility (EU) dari suatu aksi  $a$ , yang dihitung sebagai jumlah dari hasil perkalian antara probabilitas suatu hasil  $s_i$  terjadi jika aksi  $a$  dilakukan ( $P(s_i|a)$ ) dan nilai utilitas dari hasil tersebut ( $U(s_i)$ ), yang digunakan dalam teori pengambilan keputusan rasional di bawah ketidakpastian. Co-occurrence Analysis. Digunakan untuk melihat keterkaitan kata kunci (misalnya: ML dengan "soldier" atau "stress"). Rumus yang digunakan:

$$e_{ij} = \frac{c_{ij}^2}{c_i \cdot c_j}$$

$c_{ij}$ : jumlah dokumen di mana kata kunci  $i$  dan  $j$  muncul bersama.

$c_i, c_j$ : jumlah dokumen yang memuat masing-masing kata.

Rumus tersebut diatas menghitung indeks ko-occurrence ( $e_{ij}$ ) untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua kata kunci berdasarkan frekuensi kemunculan bersama dalam dokumen, yang dinormalisasi terhadap jumlah kemunculan masing-masing kata secara individual. Centrality and Density . Centrality (Kepentingan Topik) dan Density (Kekuatan Internal):

$$c = 10 \cdot \sum e_{kh}$$

Rumus tersebut diatas menunjukkan bahwa centrality ( $c$ ) dihitung dengan mengalikan konstanta 10 dengan jumlah total hubungan ko-occurrence ( $\sum e_{kh}$ ) antar elemen dalam jaringan, yang mencerminkan tingkat keterhubungan atau pengaruh suatu elemen dalam suatu klaster. Bibliometric

Statistical Methods. Co-authorship, citation analysis, dan bibliographic coupling; menganalisis kolaborasi antar negara, institusi, dan penulis dan digunakan untuk melihat tren penelitian militer secara global. Artikel ini mencantumkan secara eksplisit dua rumus statistik:

Co-occurrence index:

$$e_{ij} = \frac{c_{ij}^2}{c_i \cdot c_j}$$

Centrality:

$$c = 10 \cdot \sum e_{kh}$$

Rumus tersebut diatas menunjukkan tiga rumus utama dalam analisis bibliometrik: indeks ko-occurrence yang mengukur kekuatan hubungan antara dua elemen ( $e_{ij}$ ), centrality ( $c$ ) yang merepresentasikan tingkat keterhubungan suatu elemen dalam jaringan, dan density ( $d$ ) yang menunjukkan kerapatan hubungan dalam suatu kluster atau domain analisis.

### Tantangan dan peluang dalam penerapan metode statistik

Penerapan metode statistik dalam sistem pertahanan menghadirkan tantangan sekaligus peluang yang signifikan. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan kualitas dan ketersediaan data, terutama dalam konteks informasi pertahanan yang bersifat sensitif, terbatas, atau tidak terstandarisasi. Kurangnya integrasi sistem informasi antar satuan militer juga menghambat penerapan statistik secara menyeluruh dan real time. Selain itu, rendahnya literasi data dan kompetensi analisis statistik di lingkungan pertahanan dapat mengurangi efektivitas penggunaan alat-alat statistik canggih seperti regresi, prediksi, atau machine learning.

Namun, di sisi lain, peluang besar terbuka seiring berkembangnya teknologi digital dan ketersediaan data besar dari berbagai sumber seperti sistem sensor, citra satelit, logistik elektronik, dan laporan intelijen. Statistik dapat menjadi alat strategis dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data, mempercepat respons terhadap ancaman, serta meningkatkan efisiensi alokasi sumber daya militer. Dengan peningkatan kapasitas sumber daya manusia, penguatan infrastruktur data, dan dukungan kebijakan dari pimpinan strategis, metode statistik berpotensi menjadi fondasi utama dalam membangun sistem pertahanan yang adaptif, prediktif, dan responsif terhadap ancaman multidimensi.

### Temuan dan diskusi

Efektivitas Statistik dalam Meningkatkan Kualitas Keputusan Militer. Penggunaan statistik dalam pengambilan keputusan militer telah mengalami pergeseran signifikan dari pendekatan berbasis intuisi ke model berbasis data. Metode seperti *decision theory*, *predictive modeling*, dan *design of experiments* berperan dalam membantu komandan atau pengambil keputusan mengevaluasi berbagai alternatif secara objektif di bawah kondisi tidak pasti. Diskusi dapat difokuskan pada sejauh mana akurasi dan presisi keputusan meningkat melalui pendekatan ini, serta bagaimana integrasi model statistik dalam sistem kendali komando modern. Namun demikian, tantangan muncul dalam mengadopsi sistem statistik yang kompleks ke dalam lingkungan yang dinamis dan terkadang tidak terstruktur seperti medan pertempuran.

Peran Statistik dalam Deteksi dan Respons Ancaman Siber. Dalam era digital, ancaman siber menjadi isu yang sangat strategis dalam sistem pertahanan negara. Statistik memainkan peran penting dalam mendeteksi pola anomali dalam lalu lintas jaringan, terutama melalui teknik resampling, meta-learning, dan klasifikasi berbasis probabilitas. Diskusi akademik dapat diarahkan pada efektivitas pendekatan statistik dibandingkan dengan metode konvensional seperti signature-based detection. Di sisi lain, keterbatasan muncul dalam menangani data yang sangat tidak seimbang (imbalanced data) serta kebutuhan untuk merespons secara real-time. Oleh karena itu, dibutuhkan evaluasi berkelanjutan terhadap performa dan adaptabilitas model statistik dalam konteks keamanan informasi pertahanan.

Bibliometrik dan Strategi Riset Pertahanan. Analisis bibliometrik telah menjadi alat yang ampuh untuk memetakan tren keilmuan, aktor utama, serta kolaborasi global dalam ranah riset pertahanan. Penggunaan aplikasi seperti SciMAT dan VOSviewer memungkinkan peneliti dan pengambil kebijakan untuk mengidentifikasi tema-tema riset yang dominan dan yang belum banyak tergarap. Diskusi dapat diarahkan pada bagaimana hasil bibliometrik dapat diterjemahkan ke dalam penyusunan agenda riset nasional dan pengembangan peta jalan teknologi pertahanan. Namun, dibutuhkan pemahaman lintas sektor antara komunitas ilmiah dan pembuat kebijakan agar hasil pemetaan ini benar-benar berdampak strategis.

Statistik dalam Reformasi Pendidikan Militer. Evaluasi kualitas pendidikan militer kini tidak lagi cukup hanya mengandalkan pendekatan kualitatif. Statistik deskriptif dan inferensial, seperti uji t atau analisis varian (ANOVA), digunakan untuk mengukur dampak inovasi pembelajaran seperti *Problem-Based Learning* dan integrasi QR code terhadap peningkatan hasil akademik dan motivasi belajar prajurit. Diskusi dapat berfokus pada efektivitas metode kuantitatif ini dalam mengukur dimensi kognitif dan afektif pembelajaran, serta tantangan dalam menilai aspek soft skills dan kesiapan tempur melalui indikator statistik. Hal ini mendorong perlunya integrasi metode campuran (mixed methods) dalam evaluasi pendidikan militer.

Validitas dan Reliabilitas Evaluasi Sistem Informasi Militer. Evaluasi sistem informasi berbasis web di lingkungan militer membutuhkan pendekatan statistik untuk memastikan keandalannya. Pengujian *black box* menjadi metode awal untuk menilai fungsi sistem secara umum berdasarkan output dan input. Namun, dalam diskusi mendalam, perlu dipertanyakan apakah metode ini cukup untuk menjamin validitas fungsional sistem, terutama dalam konteks sistem keuangan atau manajemen logistik militer yang kompleks. Evaluasi lanjutan dengan pendekatan statistik lanjutan seperti analisis beban sistem, kestabilan akses, dan audit digital dapat dijadikan topik penting dalam diskusi implementasi teknologi informasi pertahanan.

Interoperabilitas Data Statistik dalam Lingkup Multidomain Operation (MDO). Operasi militer masa kini tidak lagi berlangsung secara sektoral, melainkan bersifat multidomain: darat, laut, udara, siber, dan luar angkasa. Diskusi penting muncul mengenai bagaimana statistik berperan dalam mengintegrasikan data dari berbagai domain untuk menghasilkan gambaran situasional terpadu (*situational awareness*). Pengembangan data fusion dan interoperabilitas analitik menjadi kunci. Oleh karena itu, diperlukan infrastruktur statistik dan komputasional yang mumpuni untuk mendukung integrasi lintas domain, sekaligus memunculkan wacana apakah Indonesia membutuhkan unit statistik pertahanan khusus untuk mendukung MDO secara berkelanjutan.

Implikasi Etis dan Keamanan dalam Penggunaan Statistik dan AI. Penggunaan model statistik dan kecerdasan buatan (AI) dalam ranah militer juga membuka diskusi penting mengenai aspek etika dan transparansi. Model statistik yang kompleks sering kali sulit dijelaskan (non-transparent), padahal keputusan militer yang melibatkan nyawa manusia membutuhkan akuntabilitas tinggi. Maka pertanyaan, apakah sistem berbasis *Explainable AI (XAI)* cukup andal dan etis untuk digunakan dalam sistem pertahanan? Diskusi ini perlu melibatkan pendekatan interdisipliner antara statistik, etika militer, dan hukum humaniter internasional, untuk memastikan bahwa inovasi teknologi tidak mengabaikan nilai-nilai kemanusiaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis terhadap berbagai literatur yang mengangkat aplikasi statistik dalam konteks pertahanan dan militer, dapat disimpulkan bahwa pendekatan statistik telah berkembang menjadi instrumen metodologis yang esensial dalam mendukung efektivitas sistem pertahanan modern. Statistik tidak lagi terbatas pada fungsi deskriptif atau pelengkap, melainkan menjadi fondasi analitik dalam deteksi ancaman siber, pemodelan keputusan operasional, pemetaan tren keilmuan, evaluasi mutu pendidikan militer, hingga pengujian sistem informasi berbasis digital. Penggunaan metode seperti *design of experiments*, *decision theory*, *regresi moderasi*, *analisis bibliometrik*, serta *hidden Markov model* menunjukkan bahwa kompleksitas permasalahan militer saat ini ditangani secara sistematis dan berbasis bukti kuantitatif. Selain itu, keterlibatan statistik dalam mendukung interoperabilitas multidomain, penguatan sistem logistik, serta pengembangan kebijakan berbasis data mempertegas bahwa kapabilitas pertahanan tidak hanya bertumpu pada superioritas fisik atau teknologi semata, tetapi juga pada ketepatan analisis dan validitas informasi. Hasil penelitian ini menunjukkan konsistensi dengan kerangka Teori Statistik dalam Pertahanan, yang memposisikan statistik sebagai landasan utama dalam penyusunan strategi berbasis data yang objektif dan dapat diverifikasi. Di samping itu, penerapan statistik dalam sistem deteksi ancaman dan pengolahan sinyal, sebagaimana diuraikan dalam Teori Probabilitas dan Distribusi, relevan dengan penggunaan model statistik dalam aktivitas pengawasan serta sistem pengintaian yang berbasis algoritmik. Temuan ini juga sejalan dengan prinsip-prinsip Teori Desain Eksperimen, yang menekankan pentingnya perancangan eksperimen taktis secara sistematis untuk menjamin validitas empiris dan efisiensi operasional dalam konteks militer. Selanjutnya, integrasi pendekatan statistik dengan model pembelajaran mesin dalam kerangka *Explainable Artificial Intelligence* menegaskan urgensi penerapan model yang transparan dan dapat dijelaskan dalam sistem pendukung pengambilan keputusan strategis. Penelitian ini secara tegas memasukkan pertimbangan

dampak sosial, etis, dan hukum dalam kesimpulan yang direkomendasikan terkait penggunaan statistik dalam operasi militer. Penggunaan data statistik dinilai harus memperhatikan perlindungan sipil, kepatuhan terhadap hukum nasional dan internasional, serta prinsip etika seperti non-diskriminasi dan privasi data. Dengan demikian, rekomendasi yang disusun tidak hanya menekankan efisiensi strategis, tetapi juga menjamin akuntabilitas hukum dan legitimasi sosial dalam konteks pertahanan.

## Referensi

- Bandono, A., Hadi Nugroho, S., & Suharyo, O. S. (2022). Aplikasi Metode Regresi Untuk Analisis Variabel Moderasi pada Personel Organisasi Militer. *Rekayasa*, 15(2), 215–222. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i2.15505>
- Barredo Arrieta, A., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil-Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82–115. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.12.012>
- Bistrón, M., & Piotrowski, Z. (2021). Artificial intelligence applications in military systems and their influence on sense of security of citizens. *Electronics (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/electronics10070871>
- Budavári, K. (2024). The First National Defense Industrial Strategy of the United States of America. *Hadtudomány*, 34(E), 148–165. <https://doi.org/10.17047/hadtud.2024.34.e.148>
- Carrasco-Aguilar, A., Galán, J. J., & Carrasco, R. A. (2022). Obamacare: A bibliometric perspective. *Frontiers in Public Health*, 10(3). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.979064>
- Fathurrohman, U. (2025). Quality of Military Education: Analysis of Perspectives from Aerospace Technology, Digital Literacy and Performance of Soldiers of the Indonesian National Army Air Force from Generation-Z. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences (PJLSS)*, 23(1), 4625–4633. <https://doi.org/10.57239/pjls-2025-23.1.00366>
- Galán, J. J., Carrasco, R. A., & Latorre, A. (2022). Military Applications of Machine Learning: A Bibliometric Perspective. *Mathematics*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/math10091397>
- Gunning, D., & Aha, D. W. (2019). DARPA's explainable artificial intelligence program. *AI Magazine*, 40(2), 44–58. <https://doi.org/10.1609/aimag.v40i2.2850>
- Ilovača, K. (2025). Implementation Of Dual-Use Technologies in Defense and Public Security. *The American Journal of Political Science Law and Criminology*, 07(06), 40–48. <https://doi.org/10.37547/tajpslc/volume07issue06-08>
- Jackendoff, R. (2017). In Defense of Theory. *Cognitive Science*, 41, 185–212. <https://doi.org/10.1111/cogs.12324>
- Jagtap, A. S., Kalange, A. E., Deshpande, J. D., Bhosale, D. V., & Kothawala, A. S. (2023). *Synergies in Defence Exploring the Interplay of Science Technology Arts and Commerce*.
- Khalaf, B. A., Mostafa, S. A., Mustapha, A., Mohammed, M. A., & Abdulllah, W. M. (2019). Comprehensive review of artificial intelligence and statistical approaches in distributed denial of service attack and defense methods. *IEEE Access*, 7, 51691–51713. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2908998>
- Khoirunnisa, Y., & Sulistian, H. (2024). Implementasi Sistem Informasi Akuntansi Berbasis Web pada Instansi Militer di Kolatmar Puslatmar-8 Teluk Ratai. *Smatika Jurnal*, 14(02), 375–387. <https://doi.org/10.32664/smatika.v14i02.1410>
- KULYNYCH, R. (2024). The Main Tasks And Subject Of Military And Economic Statistics. *University Scientific Notes*, 26(477), 4–13. <https://doi.org/10.37491/unz.98.1>
- Macfeely, S., & Barnat, N. (2017). Statistical capacity building for sustainable development: Developing the fundamental pillars necessary for modern national statistical systems. *Statistical Journal of the IAOS*, 33(4), 895–909. <https://doi.org/10.3233/SJI-160331>
- Marín Díaz, G., Galán Hernández, J. J., & Galdón Salvador, J. L. (2023). Analyzing Employee Attrition Using Explainable AI for Strategic HR Decision-Making. *Mathematics*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/math11224677>
- Marín Díaz, G., Galdón Salvador, J. L., & Galán Hernández, J. J. (2023). Smart Cities and Citizen Adoption: Exploring Tourist Digital Maturity for Personalizing Recommendations. *Electronics (Switzerland)*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/electronics12163395>
- Masnica, R., & Stulrajter, J. (2021). Using a Probabilistic Model of Signal Processing in Technologies in Military Practice. *2021 Communication and Information Technologies Conference Proceedings, KIT 2021 - 11th International Scientific Conference, October*. <https://doi.org/10.1109/KIT52904.2021.9583757>
- Miller, D. J., Xiang, Z., & Kesidis, G. (2020). Adversarial Learning Targeting Deep Neural Network Classification: A Comprehensive Review of Defenses against Attacks. *Proceedings of the IEEE*, 108(3), 402–433. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2970615>
- Ortigossa, E. S., Goncalves, T., & Nonato, L. G. (2024). EXplainable Artificial Intelligence (XAI) - From Theory to Methods and Applications. *IEEE Access*, 12(June), 80799–80846. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3409843>
- Politis, S. N., Colombo, P., Colombo, G., & Rekkas, D. M. (2017). Design of experiments (DoE) in pharmaceutical development. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 43(6), 889–901. <https://doi.org/10.1080/03639045.2017.1291672>
- Stone, A. E. (2020). Symposium review: The most important factors affecting adoption of precision dairy monitoring technologies. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5740–5745. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17148>
- Tchunte, D., Lonlac, J., & Kamsu-Foguem, B. (2024). A methodological and theoretical framework for

implementing explainable artificial intelligence (XAI) in business applications. *Computers in Industry*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.104044>

Valeriu, L., & Nistor, F. (2020). *Aspects of Scientific Research in Military Sciences*. 949-955. <https://doi.org/10.24818/imc/2020/05.04>