



SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: APLIKASI, APROKSIMASI, DAN PENGEMBANGAN MODEL DISTRIBUSI PROBABILITAS DISKRIT UNTUK DATA HITUNGAN DAN KUALITAS

Dewi Aminah Hasibuan¹⁾, Muhammad Syafey Siregar²⁾, Almira Amir³⁾

^{1,2,3}Tadris Matematika, Pascasarjana, Universitas Islam Negeri Syekh Ali Hasan Ahmad Addary, Padangsidimpuan, 22733, Indonesia

✉ dewihasibuan11@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 28/11/2025

Revised: 29/12/2025

Accepted: 31/12/2025

ABSTRAK

Systematic literature review (SLR) ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan mutakhir dalam aplikasi, hubungan teoritis, dan inovasi pemodelan Distribusi Probabilitas Diskrit menggunakan korpus sembilan artikel jurnal yang terfokus pada Distribusi Binomial, Poisson, Hipergeometrik, serta variasinya. Analisis tematik yang mendalam mengidentifikasi tiga domain penelitian krusial: 1) Aplikasi Klasik, yang menunjukkan relevansi model dasar dalam mengukur probabilitas keberhasilan di sektor pendidikan, kualitas layanan, dan pengendalian produksi; 2) Validasi Teoritis dan Praktis Aproksimasi Antar Distribusi, yang membahas konvergensi menuju Distribusi Normal dan dampaknya pada acceptance sampling (sampling penerimaan); dan 3) Pengembangan Model Mixed Poisson Baru untuk mengatasi masalah overdispersion pada data hitungan (count data). Temuan kunci menunjukkan bahwa model Poisson standar yang mengasumsikan equidispersion (rata-rata sama dengan varians) semakin tidak memadai untuk data frekuensi klaim asuransi dan data radiasi. Hal ini mendorong penciptaan model-model yang lebih fleksibel, seperti Distribusi Poisson-Darna dan Distribusi Mixed Poisson Transmuted Weighted Exponential, yang memberikan kecocokan superior dalam pemodelan data kompleks di dunia nyata.

Kata Kunci: Distribusi Binomial, Distribusi Poisson, Distribusi Normal, Aproksimasi, Distribusi Hipergeometrik

ABSTRACT

This systematic literature review (SLR) aims to analyze recent developments in the application, theoretical relationships, and modeling innovations of Discrete Probability Distributions using a corpus of nine journal articles focused on the Binomial, Poisson, Hypergeometric, and their variations. In-depth thematic analysis identified three crucial research domains: 1) Classical Applications, which demonstrates the relevance of the basic model in measuring the probability of success in the education sector, service quality, and production control; 2) Theoretical and Practical Validation of Inter-Distribution Approximations, which addresses convergence toward the Normal Distribution and its impact on acceptance sampling; and 3) Development of a New Mixed Poisson Model to Address Overdispersion Issues in Count Data. Key findings indicate that the standard Poisson model, which assumes equidispersion (mean equals variance), is increasingly inadequate for insurance claims frequency data and radiation data. This has spurred the creation of more flexible models, such as the Poisson-Darna Distribution and the Mixed Poisson Transmuted Weighted Exponential Distribution, which provide superior fits in modeling complex real-world data.

Keywords: Binomial Distribution, Poisson Distribution, Normal Distribution, Approximation, Hypergeometric Distribution, Count Data, Overdispersion, Mixed Poisson Distribution, Acceptance Sampling.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



Cara Menulis Sitasi: Hasibuan, D. A., Siregar, M. S., & Amir, A. (2025). Systematic Literature Review: Aplikasi, Aproksimasi, dan Pengembangan Model Distribusi Probabilitas Diskrit untuk Data Hitungan dan Kualitas. *SIGMA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 17(2), 907–916. <https://doi.org/10.26618/0aw3tt19>

Pendahuluan

Data hitungan (*count data*) yang melibatkan kejadian diskrit dan bernilai non-negatif, seperti jumlah kerusakan mesin dalam periode tertentu, frekuensi klaim asuransi, tingkat kunjungan pasien, hingga kuantitas partikel radiasi, merupakan salah satu jenis data yang paling sering dijumpai dalam statistika terapan dan penelitian empiris lintas disiplin (Alomair & Ahsan-ul-haq, 2025). Karakteristik utama data ini adalah sifatnya yang tidak kontinu, memiliki batas bawah nol, serta sering kali menunjukkan pola sebaran yang tidak simetris. Oleh karena itu, pemilihan model distribusi peluang yang tepat menjadi krusial untuk memastikan hasil analisis yang akurat, inferensi statistik yang valid, serta pengambilan keputusan berbasis data yang dapat diandalkan.

Secara tradisional, distribusi poisson telah digunakan secara luas sebagai model standar untuk memodelkan data hitungan karena kesederhanaan struktur matematis dan kemudahan interpretasinya. Distribusi ini hanya bergantung pada satu parameter, yaitu *rate* kejadian (λ), yang merepresentasikan rata-rata jumlah kejadian dalam suatu interval tertentu. Keunggulan tersebut menjadikan model Poisson sangat populer dalam berbagai aplikasi praktis. Namun demikian, model ini memiliki keterbatasan mendasar berupa asumsi *equidispersion*, yaitu kondisi di mana nilai rata-rata harus sama dengan variansnya (Saifudin dkk., 2025). Dalam praktiknya, data empiris sering kali melanggar asumsi ini, sehingga penggunaan model Poisson dapat menghasilkan estimasi parameter yang bias dan prediksi yang kurang efisien.

Ketidaksesuaian model poisson semakin nyata ketika data menunjukkan varians yang lebih besar daripada rata-ratanya, sebuah fenomena yang dikenal sebagai *overdispersion* (Rahayu, 2020). Kondisi ini dapat muncul akibat heterogenitas populasi, ketergantungan antarkejadian, atau adanya faktor laten yang tidak teramati dalam proses pembentukan data. Selain itu, banyak data hitungan modern juga mengandung proporsi nilai nol yang tinggi (*zero-inflation*), yang tidak dapat dijelaskan secara memadai oleh distribusi Poisson standar. Akibatnya, model Poisson sering kali gagal merepresentasikan struktur data secara realistik, sehingga mendorong kebutuhan akan pendekatan pemodelan yang lebih fleksibel dan adaptif.

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, para peneliti mengembangkan berbagai model distribusi diskrit alternatif, salah satunya adalah model *Mixed Poisson*. Dalam pendekatan ini, parameter *rate* λ tidak lagi dianggap sebagai konstanta, melainkan sebagai variabel acak yang mengikuti distribusi kontinu tertentu. Dengan memperkenankan adanya variasi pada parameter λ , model Mixed Poisson mampu menangkap heterogenitas yang melekat pada data, sekaligus mengakomodasi fenomena *overdispersion* dan *zero-inflation* secara lebih efektif. Fleksibilitas ini menjadikan model Mixed Poisson dan turunannya semakin relevan dalam analisis data hitungan yang kompleks dan dinamis di era penelitian modern.

Selain pengembangan model terapan, kajian mengenai hubungan fundamental antar distribusi peluang diskrit dan kontinu, seperti Distribusi Binomial, Poisson, dan Normal, tetap menjadi aspek sentral dalam fondasi teoretis statistika. Distribusi Binomial, yang memodelkan jumlah keberhasilan dalam serangkaian percobaan Bernoulli yang saling independen, secara teoritis berhubungan erat dengan distribusi Poisson sebagai bentuk limit ketika ukuran sampel

besar dan probabilitas keberhasilan kecil. Lebih lanjut, baik distribusi Binomial maupun Poisson dapat didekati oleh distribusi Normal ketika ukuran sampel n sangat besar, sehingga memudahkan perhitungan peluang dalam praktik.

Pembuktian matematis atas hubungan dan aproksimasi tersebut, khususnya melalui penggunaan Fungsi Pembangkit Momen (*Moment Generating Function* atau MGF), memberikan dasar teoretis yang kuat dan presisi tinggi. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat validitas aproksimasi distribusi, tetapi juga memberikan kerangka analitis yang efisien untuk menyederhanakan perhitungan peluang. Dalam konteks aplikasi, seperti pengendalian kualitas dan *Acceptance Sampling*, pemahaman yang mendalam terhadap aproksimasi ini sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan akurat (Yeesa dkk., 2025).

Untuk itu, *Systematic Literature Review* (SLR) ini bertujuan mengumpulkan, mengintegrasikan, dan mengulas hasil-hasil penelitian terkini yang berkaitan dengan distribusi peluang diskrit. Studi ini menyediakan dasar ilmiah yang kokoh dengan memetakan aplikasi model klasik, mengklarifikasi batasan aproksimasi matematis yang digunakan, sekaligus menyoroti kemajuan signifikan dalam pengembangan model distribusi diskrit modern yang mampu menghadapi tantangan data hitungan yang semakin kompleks dan variatif.

Hasil SLR ini membuka peluang besar untuk adaptasi model-model canggih yang dilahirkan dari pengembangan teori distribusi diskrit guna dimanfaatkan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan, di mana karakteristik data serupa sangat memerlukan model yang mampu menjelaskan fenomena overdispersion dan zero-inflation. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memperkaya ranah akademis tetapi juga memberikan arahan praktis untuk aplikasi statistik yang lebih efektif di masa mendatang.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk memecahkan permasalahan penelitian (Magdalena dkk., 2021). Jenis penelitian yang diterapkan adalah kajian pustaka yang terstruktur dan sistematis dengan fokus pada artikel jurnal. Sumber data primer yang berasal dari artikel jurnal nasional dan internasional, yang dipublikasikan beberapa tahun terakhir. Subjek penelitian terdiri dari artikel-artikel yang dipilih secara selektif sesuai dengan kriteria inklusi yang relevan dengan topik kajian. Prosedur penelitian dilakukan melalui tahapan sistematis yang digambarkan dalam bentuk bagan, mulai dari pencarian literatur, seleksi artikel, ekstraksi data, hingga analisis dan sintesis tematik.

Instrumen penelitian berupa lembar ekstraksi data yang digunakan untuk mencatat informasi kunci dari setiap artikel, meliputi konteks penelitian, tujuan metodologis, hasil statistik kuantitatif, dan kontribusi model yang disajikan. Teknik analisis data dilakukan dengan sintesis tematik, di mana data yang telah dikumpulkan dikategorikan ke dalam tiga tema utama yakni aplikasi klasik, aproksimasi, dan model baru, sehingga memungkinkan pemetaan tren serta identifikasi kekurangan dalam literatur yang ada. Dengan metode ini, penelitian dapat memberikan gambaran komprehensif dan menyeluruh mengenai perkembangan dan kebutuhan riset pada bidang yang diteliti.

Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang disintesis dari berbagai artikel jurnal menunjukkan bahwa model distribusi probabilitas klasik, seperti binomial, Poisson, dan hipergeometrik, masih memainkan peran krusial dalam aplikasi praktis di berbagai bidang, meskipun metode statistik modern terus berkembang. Temuan ini didasarkan pada analisis sistematis terhadap studi-studi empiris yang menguji penerapan model-model ini dalam konteks operasional sehari-hari, pendidikan, dan industri. Secara umum, model klasik ini terbukti efektif ketika asumsi dasar, seperti independensi percobaan dan karakteristik hasil biner atau diskrit, terpenuhi, memberikan kerangka matematis yang sederhana namun kuat untuk analisis probabilitas kejadian (Saifudin dkk., 2025). Misalnya, distribusi binomial sering digunakan untuk situasi dengan percobaan independen yang menghasilkan dua kemungkinan hasil, yaitu sukses atau gagal, dan temuan dari penelitian menunjukkan bahwa model ini dapat memberikan estimasi probabilitas yang akurat dalam evaluasi performa kategorikal (Diana, 2017).

Dalam ranah pendidikan, distribusi binomial telah diterapkan untuk menganalisis lama masa studi mahasiswa, di mana studi oleh Loban dkk. (2023) menemukan bahwa probabilitas keberhasilan mahasiswa menyelesaikan studi dalam 8 semester tidak sesuai dengan asumsi awal 50%, menandakan adanya variabilitas yang dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti dukungan akademik atau kondisi ekonomi. Temuan ini memberikan gambaran empiris yang membantu institusi pendidikan merumuskan kebijakan intervensi untuk meningkatkan tingkat kelulusan tepat waktu, dengan implikasi langsung pada efisiensi sistem pendidikan tinggi. Selanjutnya, distribusi binomial juga terbukti berguna dalam menilai kualitas layanan sistem informasi, khususnya melalui model E-ServQual yang mengevaluasi dimensi seperti tangibles, reliability, dan empathy secara biner. Penelitian oleh Nurhaliza dkk. (2024) menunjukkan bahwa model binomial dapat menghitung probabilitas kepuasan pelanggan berdasarkan kriteria memuaskan atau tidak memuaskan, memberikan wawasan tentang performa layanan yang dapat digunakan untuk perbaikan operasional. Temuan ini memperkuat posisi distribusi binomial sebagai alat praktis dalam layanan, di mana probabilitas keberhasilan dapat dihitung untuk mengoptimalkan pengalaman pengguna.

Di sisi lain, distribusi Poisson dan hipergeometrik menunjukkan keunggulan dalam pengendalian proses produksi dan manajemen kualitas, terutama untuk estimasi probabilitas kejadian cacat atau kerusakan. Dalam studi kasus di UMKM Dodol Sadiah dkk. (2024) menerapkan distribusi Poisson untuk memprediksi kebutuhan staples dalam pengemasan, menemukan rata-rata kebutuhan 1040 pcs per hari dengan probabilitas kegagalan kemasan yang dapat diestimasi secara akurat. Hasil ini memungkinkan pengelola UMKM untuk mengatur stok dengan efisien, mengurangi pemborosan bahan dan risiko kelangkaan, sehingga meningkatkan keberlanjutan operasional. Lebih lanjut, distribusi hipergeometrik terbukti lebih tepat untuk analisis sampel tanpa pengembalian dari populasi terbatas, seperti dalam produksi sisir oleh Simbolon dkk. (2021). Penelitian ini menemukan bahwa model hipergeometrik memberikan estimasi probabilitas cacat yang lebih akurat dibandingkan binomial, karena memperhitungkan dampak pengambilan sampel berulang pada probabilitas. Temuan ini membantu dalam menentukan batas toleransi cacat, meningkatkan kontrol mutu produk secara sistematis dan mengurangi risiko produk cacat masuk ke pasar. Secara keseluruhan, aplikasi model klasik ini

menunjukkan bahwa mereka tetap relevan dalam konteks terapan, memberikan manfaat signifikan dalam pengambilan keputusan berbasis data selama asumsi model terpenuhi, seperti yang ditegaskan oleh Najm & Ali (2025). Transisi ke tema kedua, validasi teoritis dan praktis aproksimasi antar distribusi menunjukkan hubungan fundamental antara distribusi klasik, yang memberikan pondasi untuk penyederhanaan model statistik. Temuan dari Damanik dkk., (2025) mengonfirmasi bahwa aproksimasi ini memungkinkan penggantian distribusi kompleks dengan yang lebih sederhana tanpa kehilangan akurasi signifikan, dengan validasi teoritis melalui konvergensi binomial dan Poisson ke distribusi normal.

Pembuktian teoritis konvergensi ini dilakukan melalui Metode Pembangkit Momen (MGF), di mana distribusi binomial dengan jumlah percobaan besar dan Poisson dengan rata-rata kejadian tinggi berkonvergensi ke distribusi normal baku setelah standarisasi. Temuan ini menunjukkan bahwa seiring peningkatan parameter, bentuk distribusi diskret semakin menyerupai kurva lonceng, memfasilitasi analisis inferensial. Secara induktif, Musadi & Kurniawati (2023) mendemonstrasikan hal ini melalui poligon frekuensi yang semakin mulus dengan bertambahnya data, memberikan bukti visual yang kuat. Dalam praktik, aproksimasi ini berdampak pada acceptance sampling, di mana distribusi hipergeometrik sebagai baseline akurat sering diaproksimasi dengan binomial atau Poisson untuk kemudahan. Namun, temuan menunjukkan bahwa aproksimasi binomial dalam acceptance sampling tipe-A (berdasarkan lot defective) cenderung lebih-lebihkan probabilitas penerimaan, terutama ketika ukuran lot tidak jauh lebih besar dari sampel, meningkatkan risiko menerima lot cacat dan menurunkan mutu produk.

Sebaliknya, dalam acceptance sampling tipe-B (berdasarkan process defective), distribusi Poisson memberikan aproksimasi yang sangat dekat dengan nilai sebenarnya, terutama untuk proporsi cacat kecil, seperti yang ditemukan oleh Yeesa dkk., (2025). Temuan ini menegaskan efisiensi Poisson dalam pengendalian kualitas berkelanjutan, memungkinkan estimasi probabilitas yang akurat untuk pengambilan keputusan proses. Transisi ke tema ketiga, inovasi pengembangan model distribusi campuran Poisson baru, hasil penelitian menunjukkan bahwa model klasik seperti Poisson murni sering gagal menangani overdispersion dalam data frekuensi, seperti klaim asuransi atau kejadian radiasi. Mutaqin & Anisah (2025) menemukan bahwa model campuran Poisson, yang memperkenalkan variabilitas pada parameter rate melalui fungsi pencampur, meningkatkan fleksibilitas dan akurasi prediksi. Teknik seperti peta transmutasi atau campuran dengan distribusi lain memungkinkan penanganan tail berat dan skewness, sesuai dengan data zero-inflated atau clustered, seperti yang dibahas Tharshan (2022).

Secara spesifik, pengembangan model mixed Poisson berparameter banyak menunjukkan kecocokan data yang superior. Misalnya, distribusi mixed Poisson transmuted weighted exponential dengan tiga parameter, menggunakan peta transmutasi kuadrat pada distribusi eksponensial berbobot, terbukti memberikan goodness-of-fit unggul pada empat set data klaim asuransi, dengan AIC lebih rendah dan residual kecil, seperti yang dibahas oleh Adetunji dkk. (2023). Temuan ini, diperkuat oleh Kretzer (2024), menunjukkan bahwa model ini membantu perusahaan asuransi menentukan reserve yang lebih akurat, mengurangi risiko underestimation klaim besar. Distribusi Poisson-Darna, sebagai model dua parameter campuran Poisson dan Darna, menunjukkan performa superior dalam data radiasi dan elektronik, dengan

sifat matematis seperti momen dan indeks dispersi yang stabil, sesuai Alomair & Ahsanul-haq (2025). Demikian pula, distribusi Poisson-Komal satu parameter memberikan kecocokan baik pada data radiasi, pertanian, dan kedokteran, dengan estimasi MLE dan MoM yang efektif, mengungguli model kompetitor dalam uji empiris (Alomair & Ahsan-ul-haq, 2025).

Inovasi dengan ekstensi neutrosofis pada distribusi diskrit memperluas kemampuan model untuk menangani data interval dengan ambiguitas, seperti interval waktu kegagalan. Zafar & Ahsanul-haq (2023) menemukan bahwa ekstensi ini merepresentasikan probabilitas sebagai interval $[a,b]$, memfasilitasi agregasi neutrosofis dan defuzzification untuk aplikasi dalam sensor data atau medical imaging. Temuan ini menunjukkan potensi model dalam AI dan IoT untuk decision-making robust di bawah uncertainty, selaras dengan riset Indonesia pada model tergeneralisasi. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menggarisbawahi evolusi model distribusi probabilitas dari klasik ke campuran, dengan aplikasi yang luas dan validasi yang mendalam, memberikan dasar empiris untuk pengembangan statistika modern.

B. Pembahasan

Hasil penelitian ini mengungkapkan signifikansi mendalam dari penerapan model distribusi probabilitas klasik dan inovasi campurannya dalam konteks praktis dan teoritis, menekankan bagaimana temuan-temuan ini berkontribusi pada kemajuan ilmu statistika dan aplikasinya. Secara teoritis, model klasik seperti binomial, Poisson, dan hipergeometrik tidak hanya bertahan sebagai fondasi tetapi juga terintegrasi dengan aproksimasi modern, memberikan kerangka yang kokoh untuk analisis probabilitas dalam skenario diskrit.

Temuan dari Najm & Ali (2025) menunjukkan bahwa keunggulan model ini terletak pada kesederhanaan matematisnya, yang memungkinkan penerapan luas selama asumsi independensi dan karakteristik hasil terpenuhi, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data di bidang pendidikan dan industri. Dalam pendidikan, analisis lama masa studi mahasiswa oleh Loban dkk. (2023) mengungkap dengan menggunakan distribusi binomial, penelitian tersebut mampu memetakan peluang kelulusan secara lebih realistik berdasarkan kondisi aktual mahasiswa, sehingga memberikan gambaran empiris yang lebih komprehensif. Temuan ini tidak hanya memperkaya kajian metodologis dalam bidang statistika pendidikan, tetapi juga menjadi dasar penting bagi institusi pendidikan tinggi dalam merumuskan kebijakan intervensi yang lebih tepat sasaran, seperti penguatan sistem pendampingan akademik dan bantuan finansial. Pada akhirnya, implikasi dari hasil penelitian ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan efisiensi dan efektivitas sistem pendidikan tinggi, khususnya dalam upaya meningkatkan angka kelulusan tepat waktu dan kualitas lulusan secara keseluruhan.

Lebih lanjut, aplikasi distribusi binomial dalam evaluasi kualitas layanan sistem informasi, seperti yang dilakukan Nurhaliza dkk. (2024), menunjukkan efektivitas model ini dalam mengukur probabilitas kepuasan pelanggan melalui dimensi *E-ServQual*. Dalam konteks ini, distribusi binomial memungkinkan organisasi untuk mengkategorikan variabel layanan yang kompleks menjadi hasil biner (puas atau tidak puas), sehingga memudahkan perhitungan ambang batas kualitas yang harus dicapai. Temuan ini tidak hanya memberikan wawasan operasional yang bersifat deskriptif, tetapi juga mendorong integrasi model statistik ke dalam kerangka manajemen layanan modern. Dengan demikian, perusahaan dapat melakukan perbaikan berkelanjutan yang terukur dan berbasis data, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan loyalitas pelanggan dalam ekosistem digital yang kompetitif.

Di sektor produksi, distribusi Poisson dan hipergeometrik menawarkan solusi untuk pengendalian kualitas, dengan studi Sadiah dkk. (2024) di UMKM Dodol mengilustrasikan bagaimana distribusi Poisson digunakan untuk mengestimasi kebutuhan bahan penunjang, seperti staples, dengan akurasi tinggi berdasarkan rata-rata kejadian dalam interval tertentu. Hal ini terbukti mampu meminimalkan risiko operasional terkait kekurangan stok dan mendukung efisiensi biaya yang krusial bagi keberlanjutan bisnis kecil. Meskipun keduanya menangani data diskrit, distribusi hipergeometrik menjadi instrumen yang lebih presisi pada skenario sampling tanpa pengembalian (*sampling without replacement*), di mana probabilitas keberhasilan berubah di setiap tarikan karena populasi yang terbatas, seperti dalam analisis produksi sisir oleh Simbolon dkk. (2021), di mana model hipergeometrik memberikan estimasi kecacatan produk yang lebih akurat dibandingkan model yang mengasumsikan populasi tak terbatas. Perbandingan ini memberikan panduan praktis bagi manajer operasional dalam memilih model statistik yang paling sesuai dengan karakteristik pengambilan sampel di lapangan, guna memastikan validitas data dalam pengambilan keputusan.

Beralih ke validasi aproksimasi antar distribusi, pembahasan ini secara mendalam menyoroti bagaimana konvergensi distribusi binomial dan Poisson ke distribusi normal yang secara matematis dibuktikan melalui *Moment Generating Function* (MGF) serta representasi visual poligon frekuensi oleh Musadi & Kurniawati (2023), mampu menyederhanakan kompleksitas analisis statistik inferensial tanpa mengorbankan integritas data. Selaras dengan temuan tersebut Damanik dkk. (2025) menegaskan bahwa penggunaan aproksimasi ini tetap mempertahankan tingkat akurasi yang memadai dalam berbagai aplikasi praktis di lapangan, meskipun pembahasan ini tetap memberikan catatan kritis terhadap risiko *overestimasi* pada skema *acceptance sampling* tipe-A yang berpotensi meloloskan unit cacat, sehingga berisiko menurunkan standar mutu produk dan membengkakkan biaya perbaikan jangka panjang. Sebaliknya, efisiensi Poisson dalam tipe-B, seperti yang ditemukan Yeesa dkk. (2025), menunjukkan keunggulan signifikan untuk pengendalian proses berkelanjutan, yang pada akhirnya mendorong adopsi model ini secara luas di industri manufaktur demi mencapai optimasi kualitas yang lebih responsif. Sebagai pelengkap analisis, pembahasan ini juga membandingkan model-model tersebut dengan distribusi hipergeometrik sebagai *baseline* untuk menekankan adanya *trade-off* krusial antara presisi matematis dan kemudahan perhitungan praktis, sebuah pertimbangan yang sangat relevan bagi pengembangan serta harmonisasi standar sampling internasional di masa depan.

Dalam inovasi model campuran poisson, keterbatasan model poisson murni dalam menangani *overdispersion* sering muncul pada data diskrit, di mana model campuran menawarkan fleksibilitas yang lebih besar melalui integrasi fungsi pencampur yang beragam sebagaimana dibahas oleh Mutaqin & Anisah (2025) dan Tharshan (2022). Temuan Adetunji dkk. (2023) tentang mixed Poisson transmuted weighted exponential menunjukkan superioritas dalam data klaim asuransi, dengan implikasi untuk aktuaria dalam mengurangi risiko underestimation, sebagaimana diperkuat Kretzer (2024). Hal ini kemudian diperluas dengan membandingkan model tersebut terhadap berbagai kompetitor distribusi klasik, menyoroti peran strategis parameter peta transmutasi dalam menangani data *zero-inflated* yang sering menjadi kendala utama dalam aplikasi sektor asuransi maupun penelitian ilmiah. Distribusi Poisson-Darna dan Poisson-Komal, seperti yang dilaporkan Alomair & Ahsanul-haq (2025),

menunjukkan performa yang sangat unggul ketika diterapkan pada data dengan variabilitas tinggi seperti radiasi kosmik dan hasil pertanian, dengan fokus pembahasan yang menekankan pada stabilitas estimasi melalui metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) dan *Method of Moments* (MoM). Stabilitas parameter ini tidak hanya menjamin akurasi matematis, tetapi juga memudahkan implementasi praktis dalam konteks Indonesia, khususnya untuk penguatan sistem manajemen risiko pertanian dan asuransi panen berbasis data cuaca yang lebih presisi.

Ekstensi neutrosofis, sebagaimana dikembangkan Zafar & Ahsan-ul-haq (2023), memperluas ke domain *uncertainty* yang kompleks, di mana model secara dinamis dapat menangani data interval melalui operasi logika neutrosofis yang mencakup aspek kebenaran, ketidakpastian, dan kepalsuan secara simultan. Integrasi ini terbukti sangat krusial bagi ekosistem AI dan IoT yang sering kali terpapar pada derau data, karena kerangka kerja ini secara metodologis menunjukkan bagaimana ekstensi tersebut mampu mengatasi ambiguitas ekstrem dalam *medical imaging* atau fluktuasi *sensor data* melalui pemetaan probabilitas yang lebih presisi daripada logika fuzzy konvensional. Dengan mengonversi informasi yang samar menjadi representasi matematis yang terstruktur, model ini mendukung proses *decision-making* yang *robust* dan adaptif, sehingga sistem cerdas dapat tetap mengambil keputusan akurat meskipun beroperasi di bawah kondisi lingkungan yang tidak menentu atau data yang tidak lengkap.

Simpulan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa model distribusi probabilitas klasik, seperti binomial, Poisson, dan hipergeometrik, tetap relevan dalam aplikasi praktis di bidang pendidikan, layanan, dan produksi, dengan validasi teoritis melalui aproksimasi ke distribusi normal yang memfasilitasi analisis inferensial. Inovasi model campuran Poisson, termasuk mixed Poisson transmuted weighted exponential, Poisson-Darna, dan Poisson-Komal, serta ekstensi neutrosofis, terbukti meningkatkan akurasi dalam menangani overdispersion dan data ambigu, memberikan kecocokan superior pada data frekuensi seperti klaim asuransi dan kejadian radiasi. Secara keseluruhan, temuan ini mengonfirmasi evolusi model distribusi dari klasik ke campuran, dengan bukti empiris dari studi-studi yang menekankan fleksibilitas dan efisiensi model dalam pengambilan keputusan berbasis data.

Implikasi dari temuan ini meliputi peningkatan efisiensi operasional di sektor industri dan pendidikan melalui estimasi probabilitas yang akurat, serta kontribusi teoritis pada statistika inferensial dengan aproksimasi yang menyederhanakan model kompleks. Saran untuk penelitian masa depan adalah mengintegrasikan model ini dengan teknik machine learning dan big data untuk aplikasi skala besar, serta melakukan validasi lokal di Indonesia pada sektor pertanian dan asuransi menggunakan perangkat lunak seperti R dan Python, guna mengatasi tantangan overdispersion dan uncertainty.

Daftar Pustaka

- Adetunji, A. A., Rijal, S., & Sabri, M. (2023). *A New Three-Parameter Mixed Poisson Transmuted Weighted Exponential Distribution With Applications To Insurance Data*. 8(2).
- Alomair, A. M., & Ahsan-Ul-Haq, M. (2025a). A New Mixed Poisson Komal Distribution With Application On Radiation , Agricultural And Medical Sciences Data. *Journal Of Radiation*

Research And Applied Sciences, 18(2), 101500.
<Https://Doi.Org/10.1016/J.Jrras.2025.101500>

- Alomair, A. M., & Ahsan-Ul-Haq, M. (2025b). Modeling Radiation And Electronic Devices Data With Poisson-Darna Distribution. *Journal Of Radiation Research And Applied Sciences*, 18(3), 101661. <Https://Doi.Org/10.1016/J.Jrras.2025.101661>
- Damanik, F. H. S., Fitrianingsih, A. D. R., Fitriani, D., T, H., Humaidi, H. N. A., Humaidi, Minarsi, A., Mesya, Rianty, E., & Juansa, A. (2025). *Dasar-Dasar Statistika*. Pt. Star Digital Publishing. <Https://Books.Google.Co.Id/Books?Id=Uqdfeqaaqbaj&Lpg=Pa28&Ots=Uhowgkkmer&Dq=Studi Mengenai Hubungan Dan Aproksimasi Antar Distribusi Probabilitas Klasik Memberikan Pondasi Teoritis Yang Kokoh Bagi Ilmu Statistika Serta Implikasi Praktis Yang Nyata Dalam Penyederhanaan Model Statistik.&Lr&Hl=Id&Pg=Pr1#V=Onepage&Q&F=False>
- Diana. (2017). Distribusi Binomial Sebagai Estimasi Probabilitas Layanan Sistem Informasi. *Jurnal Ilmiah Matrik Vol.19*, 19(3), 227–236.
- Kretzer, J. D. (2024). *On The Transmuted Distributions ; Properties And Application*. Marshall University.
- Loban, J. M., Sy, Y. P., Imamastri, M., & Tang, P. (2023). *Uji Distribusi Binomial Pada Data Lama Masa Studi Mahasiswa*. 04(02), 140–146.
- Magdalena, Endayana, B., Pulungan, A. I., Maimunah, & Dalimunthe, N. D. (2021). Metode Penelitian. In *Penerbit Buku Literasiologi*.
- Musadi, & Kurniawati, I. (2023). *Normal Distribution Approximation Through Binomial And Poisson Distribution*. 13(01), 108–122. <Https://Doi.Org/10.20961/Jmme.V13i1.75051>
- Mutaqin, A. K., & Anisah, S. (2025). *Mixing Distribution Analysis Of Mixture Poisson Distribution For Third Party Liability Insurance*. 9(1), 1–12.
- Najm, A. A., & Ali, B. K. (2025). *Poisson Distribution And Its Relationship To The Normal And Binomial Distributions : Review Article*. 6(July), 418–425.
- Nurhaliza, Rahmi, D., Kurniati, A., & Yuniati, S. (2024). *Model Distribusi Binomial Dalam Mengukur Probabilitas Keberhasilan Uji Coba Kualitas Layanan Sistem Informasi*. 3(4), 405–410.
- Rahayu, A. (2020). Model-Model Regresi Untuk Mengatasi Masalah Overdipersi Pada Regresi Poisson. *Journal Pegguruang: Conference Series*, 1(April), 1–5.
- Sadiyah, R. M., Windani, W., Bariatul, Z., Nugraheni, G. T., & Nugraha, D. A. (2024). *Penerapan Distribusi Poisson Pada Kasus Penggunaan Strapless Di Bidang Umkm*. 7(2), 237–244.
- Saifudin, T., Salsabila, F. N., Fitriyani, M., & Kholidiyah, A. (2025). Comparison Of Poisson Regression And Generalized Poisson Regression In Modeling The Number Of Infant Mortality In West Java 2022. *Barekeng: Journal Of Mathematics And Its Applications*, 19(1), 35–50.
- Simbolon, D. S., Agustin, F., Pamungkas, H. S., Apsari, R. P., Sinaga, S., & Shalihah, U. M. (2021). *Distribusi Analisis Hasil Produksi Sisir Pt . Xyz Menggunakan Teori Distribusi Hipergeometrik*. 2(2), 99–101.
- Tharshan, R. (2022). *A New Mixed Poisson Distribution For Over-Dispersed Count Data* :

Theory And Applications. 17(1).

- Yeesa, P., Thonglor, O., & Nidsunkid, S. (2025). *Effect Of Approximate Probability Distributions On Single And Double Acceptance Sampling Plans For Attributes.*
- Zafar, J., & Ahsan-Ul-Haq, M. (2023). *A New One-Parameter Discrete Probability Distribution With Its Neutrosophic Extension: Mathematical Properties And Applications.* 3. <Https://Doi.Org/10.1007/S41060-023-00382-Z>