

Kajian Konseptual Peran Dasar Probabilitas (Teorema Bayes) Dalam Algoritma Klasifikasi Pada Deep Learning Untuk Analisis Sentimen Ekonomi

Nopi Agustianti^{1,*}, Era Permata Sari²

^{1,2} STKIP Muhammadiyah, Pagar Alam, Indonesia

Jl. H.A. Rais Saleh No, 39 – 22. Pagar Alam, Indonesia Email :
nopiagustianti938@gmail.com, Permatasariera1@gmail.com

ABSTRAK

Kajian ini didorong oleh urgensi integrasi landasan pengetahuan matematika, khususnya Prinsip Peluang, dengan teknologi mutakhir Jaringan Saraf Tiruan Dalam (*Deep Learning/DL*) dalam konteks analisis data ekonomi untuk mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDGs 8 (Pekerjaan Layak) dan SDGs 9 (Inovasi). Meskipun Deep Learning terbukti penting dalam Analisis Sentimen Ekonomi— alat penting untuk mengambil keputusan berbasis data—Sayangnya, muncul kesenjangan epistemologis di mana landasan Probabilitas sering dianggap terpisah dari fondasi matematis algoritma *Artificial Intelligence* (AI). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memaparkan secara konseptual peran fundamental Teorema Bayes sebagai dasar teori bagi mekanisme klasifikasi pada *Deep Learning*. Metode yang digunakan adalah Kajian Pustaka (*Literature Review*) yang mendalam, dengan fokus pada analisis dan sintesis literatur ilmiah yang menghubungkan prinsip peluang, Teorema Bayes, Struktur Jaringan Saraf Tiruan, dan aplikasinya dalam konteks ekonomi digital. Hasil kajian menunjukkan bahwa prinsip Peluang Bersyarat, yang diwujudkan dalam formulasi Teorema Bayes, adalah pilar matematis yang mendasari fungsi aktivasi probabilistik (*softmax*) pada jaringan saraf tiruan DL. Secara implikatif, kajian ini menekankan perlunya reorientasi kurikulum Pendidikan Matematika agar lebih kontekstual dan relevan dengan tuntutan ilmu data untuk menghasilkan lulusan yang kompeten dalam mendukung pemecahan masalah ekonomi global.

Kata Kunci: Probabilitas, Teorema Bayes, Deep Learning, Analisis Sentimen Ekonomi

ABSTRAK

Kajian ini didorong oleh urgensi integrasi landasan pengetahuan matematika, khususnya Prinsip Peluang, dengan teknologi mutakhir Jaringan Saraf Tiruan Dalam (*Deep Learning/DL*) dalam konteks analisis data ekonomi untuk mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDGs 8 (Pekerjaan Layak) dan SDGs 9 (Inovasi). Meskipun Deep Learning terbukti penting dalam Analisis Sentimen Ekonomi— alat penting untuk mengambil keputusan berbasis data—Sayangnya, muncul kesenjangan epistemologis di mana landasan Probabilitas sering dianggap terpisah dari fondasi matematis algoritma *Artificial Intelligence* (AI). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memaparkan secara konseptual peran fundamental Teorema Bayes sebagai dasar teori bagi mekanisme klasifikasi pada *Deep Learning*. Metode yang digunakan adalah Kajian Pustaka (*Literature Review*) yang mendalam, dengan fokus pada analisis dan sintesis literatur ilmiah yang menghubungkan prinsip peluang, Teorema Bayes, Struktur Jaringan Saraf Tiruan, dan aplikasinya dalam konteks ekonomi digital. Hasil kajian menunjukkan bahwa prinsip Peluang Bersyarat, yang diwujudkan dalam formulasi Teorema Bayes, adalah pilar matematis yang mendasari fungsi aktivasi probabilistik (*softmax*) pada jaringan saraf tiruan DL. Secara implikatif, kajian ini menekankan perlunya reorientasi kurikulum Pendidikan Matematika agar lebih kontekstual dan relevan dengan tuntutan ilmu data untuk menghasilkan lulusan yang kompeten dalam mendukung pemecahan masalah ekonomi global.

Seminar Nasional (PROSPEK V) “**Deep Learning Dalam Pendidikan Ekonomi Untuk Mendukung SDGS**”17 Desember 2025 Program Studi Pendidikan Ekonomi, FIS, Universitas PGRI Mahadewa Indonesia

Kata Kunci: Probabilitas, *Teorema Bayes*, Deep Learning, Analisis Sentimen Ekonomi

PENDAHULUAN

Abad ke-21 menuntut adanya integrasi yang erat antara pengetahuan dasar (matematika) dengan perkembangan teknologi mutakhir, seperti Kecerdasan Buatan (AI) dan Jaringan Saraf Tiruan Dalam (Deep Learning). Kemampuan ini sangat krusial dalam analisis data berskala besar untuk mendukung kebijakan perusahaan yang tepat di berbagai sektor (Kwon et al., 2023). Dalam konteks nasional dan global, kemampuan menganalisis data ini secara langsung berkontribusi pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya pada SDGs 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi) dan SDGs 9 (Industri, Inovasi, dan Infrastruktur). Analisis sentimen ekonomi, yang memanfaatkan teknologi DL, telah menjadi alat penting untuk memprediksi tren pasar dan mengukur respons publik terhadap kebijakan ekonomi, sehingga memastikan pengambilan keputusan yang berbasis data (Chen & Li, 2021). Ironisnya, dalam praktik pendidikan matematika, masih terdapat kesenjangan konseptual yang serius; peserta didik dan pendidik sering gagal melihat relevansi langsung antara materi Prinsip Peluang yang diajarkan—khususnya Teorema Bayes—with penerapan teknologi *Deep Learning*. Padahal, pada dasarnya, prinsip-prinsip probabilistik, khususnya Teorema Bayes, merupakan dasar teori yang tak terelakkan bagi algoritma klasifikasi yang digunakan dalam Deep Learning (Goodfellow et al., 2019). Kesenjangan pemahaman ini secara signifikan menghambat kemampuan lulusan pendidikan matematika untuk berkontribusi secara optimal dalam era data science (Hastie et al., 2020),

Sehingga kajian mendalam untuk menjembatani pemahaman tersebut menjadi sangat mendesak. Tantangan terbesar dalam Analisis Sentimen Ekonomi modern adalah laju dan volume data yang tidak terstruktur dari berbagai sumber digital. Oleh karena itu, pembuat kebijakan tidak hanya memerlukan klasifikasi (positif/negatif) tetapi juga ukuran intimidasi (probabilitas) dari prediksi tersebut. Dimasukkannya peran Landasan Statistik Teorema Bayes menjadi krusial, karena Teorema Bayes menyediakan kerangka formal untuk mengintegrasikan keyakinan awal (prior) dengan bukti data baru (kemungkinan), menghasilkan kesimpulan yang lebih terinformasi (posterior). Dengan demikian, sangatlah penting bahwa pemahaman konteks yang kokoh mengenai Teorema Bayes bukan hanya masalah akademis, tetapi merupakan prasyarat penting untuk memastikan model Deep Learning yang digunakan dalam pengambilan keputusan ekonomi mampu menghasilkan estimasi risiko yang andal dan terukur. Kajian ini bertujuan mengisi kekosongan tersebut dengan membedah koneksi fundamental ini dan menyajikan penguatan reorientasi pendidikan matematika di Indonesia.

untuk membangun argumen tentang peran Teorema Bayes sebagai jembatan konseptualisasi antara Pendidikan Matematika dan teknologi DL dalam mendukung SDGs.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hubungan Konseptual antara Teorema Bayes dan Klasifikasi DL

Mekanisme klasifikasi pada Deep Learning dihilangkan kuat pada prinsip probabilistik yang diatur oleh Teorema Bayes. Meskipun Algoritma Jaringan Saraf Tiruan tidak selalu menggunakan rumus Bayes secara eksplisit di setiap neuron, prinsip inferensi probabilistik yang dianut oleh Teorema Bayes tetap mendasarinya melalui dua mekanisme utama:

- a. Bayes dalam Fungsi Biaya (Loss Function) dan Pelatihan Model: mentah JST (logits) menjadi distribusi probabilitas kelas. Ini adalah hasil akhir dari proses klasifikasi. Probabilitas yang dihasilkan, $P(Kelas = i|z)$, adalah representasi yang setara dengan probabilitas posterior dalam Teorema Bayes. $P(Kelas = i|z = z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_j e^{z_j}}$ Nilaiz_i adalah skor logit

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Kajian Pustaka (Literature Review) dengan jenis penelitian Kajian Konseptual. Data penelitian dikumpulkan melalui penelusuran dasar data akademik utama (contohnya Google Scholar, SINTA, ScienceDirect) dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang spesifik, antara lain: Probabilitas, Teorema Bayes, Deep Learning Classification, Analisis Sentimen Ekonomi, dan SDGs. Teknik analisis data yang digunakan adalah Analisis Konten Kualitatif dan Sintesis Konseptual. Tahapan analisis meliputi: (1) Reduksi Data, yaitu memilah sumber-sumber yang relevan dengan Teorema Bayes dan analisis sentimen; (2) Penyajian Data, yaitu mengelompokkan temuan literatur menjadi kluster teoritis; dan (3) Sintesis Konseptual, yaitu menghubungkan kluster-kluster tersebut

Dalam pelatihan DL, tujuan

utama adalah meminimalkan kerugian (loss) yang diukur, umumnya menggunakan Cross-Entropy Loss. Secara mendalam, inilah kunci matematisnya: Meminimalkan Cross-Entropy Loss adalah ekuivalen dengan mencari parameter JST yang memenuhi prinsip Maximum Likelihood Estimation (MLE). Dengan kata lain, model secara iteratif mencari bobot yang paling mungkin (kemungkinan maksimum) untuk menghasilkan data pelatihan yang diberikan (Goodfellow et al., 2019). Proses ini mereplikasi secara langsung logika inferensi probabilistik Teorema Bayes: bobot JST disesuaikan terus-menerus seolah-olah sedang memperbarui keyakinan (posterior) berdasarkan bukti baru

- b. Bayes dalam Fungsi Aktivasi Softmax: Fungsi Softmax yang terletak pada lapisan output bertanggung jawab mengubah skor untuk kelas *saya*. Softmax memastikan bahwa semua probabilitas output berjumlah satu, sehingga dapat diinterpretasikan sebagai model tingkat kepercayaan. Model akan memilih kelas *saya* yang memiliki probabilitas posterior tertinggi, sebuah proses yang secara statistik disebut Maximum A Posteriori (MAP) Estimation. Ini membuktikan bahwa hasil akhir DL diinterpretasikan secara probabilistik, di mana model keyakinan (posterior) terhadap suatu kelas didasarkan pada perhitungan peluang bersyarat

yang didorong oleh data.

2. Aplikasi Klasifikasi DL pada Analisis Sentimen Ekonomi (ASE)

Dalam ASE, model DL (seperti arsitektur Transformer) menerima masukan berupa teks berita atau laporan keuangan. JST memproses teks ini menjadi representasi numerik yang kaya akan fitur. Kemudian, lapisan Softmax pada output mengklasifikasikan sentimen menjadi tiga kategori (Positif, Negatif, Netral) dengan mengeluarkan nilai probabilitas posterior untuk setiap kelas: Sentimen Positif: (Contohnya: "Pertumbuhan investasi asing mencapai rekor tertinggi.") Sentimen Negatif: (Contohnya: "Kenaikan suku bunga diperkirakan memicu PHK.") Sentimen Netral: (Contohnya: "Pemerintah pemanggilan obligasi baru.") Akurasi dari kejadian ini—yang ditentukan oleh posterior—adalah kunci untuk memberikan indikasi real-time kepada pembuat kebijakan mengenai reaksi pasar dan masyarakat.

Kemampuan DL untuk memberikan nilai probabilitas ini (bukan sekadar label biner) memungkinkan pembuat kebijakan untuk menilai tingkat kepastian prediksi, sebuah kapabilitas yang penting dalam manajemen risiko ekonomi dan pengambilan keputusan strategi.

3. Implikasi Teoretis terhadap SDGs dan Pendidikan Matematika

Koneksi konsep yang kuat antara Teorema Bayes dan Deep Learning

memiliki dua memperkuat teori teoritis yang harus ditekankan:

Mendukung SDGs melalui Inferensi Risiko Kuantitatif: Kemampuan Algoritma Jaringan Saraf Tiruan Dalam, yang didasari Prinsip Peluang, untuk tidak hanya mengukur sentimen tetapi juga mengukur tingkat keyakinan (probabilitas) prediksi tersebut, memungkinkan pengambil keputusan ekonomi untuk melakukan inferensi risiko yang lebih baik.

Prediksi dengan probabilitas posterior rendah dapat diselesaikan dengan hati-hatid dan mempertimbangkan ulang. Inferensi risiko kuantitatif ini sangat penting untuk menjaga stabilitas ekonomi (SDGs 8) dan mendukung infrastruktur data yang kuat (SDGs 9), karena keputusan yang diambil berdasarkan data yang akurat dan mengukur sekelilingnya.

Reorientasi Kurikulum Matematika dan Urgensi di Indonesia: Kesenjangan konseptualisasi dalam pendidikan matematika dapat diatasi dengan menyajikan materi Probabilitas dan Peluang Bersyarat (Teorema Bayes) dalam konteks AI dan ilmu data. Reorientasi kurikulum ini bukan lagi pilihan, melainkan keniscayaan yang harus diprioritaskan oleh institusi pendidikan di Indonesia. Pemahaman yang kokoh akan Teorema Bayes dalam bingkai data science akan menghasilkan lulusan yang tidak hanya mampu melakukan perhitungan, tetapi juga

mampu mengartikulasikan dasar matematis dari setiap keputusan AI. Ini secara langsung meningkatkan relevansi dan daya saing mereka di pasar kerja berbasis data global

dan nasional, dan memastikan bahwa pembangunan berbasis AI di Indonesia didukung oleh fondasi matematika yang kuat.

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Penelitian ini dengan tegas menunjukkan bahwa konsep dasar Probabilitas, khususnya Teorema Bayes dan prinsip peluang bersyarat, merupakan pilar matematis yang tak terpisahkan dari klasifikasi algoritma dalam Deep Learning yang digunakan pada Analisis Sentimen Ekonomi. Teorema Bayes menyediakan kerangka teori untuk pembaruan keyakinan model, yang diimplementasikan secara probabilistik melalui fungsi aktivasi Softmax dan prinsip Maximum Likelihood Estimation. Relevansi ini menunjukkan bahwa pendidikan matematika memiliki peran sentral dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang mampu berkontribusi pada pengembangan teknologi AI dan, secara tidak langsung, mendukung penyusunan kebijakan yang tepat demi pencapaian target SDGs.

SARAN

Diharapkan institusi Pendidikan Matematika dapat mengintegrasikan aplikasi Data

Seminar Nasional (PROSPEK V) “**Deep Learning Dalam Pendidikan Ekonomi Untuk Mendukung SDGS**”17 Desember 2025 Program Studi Pendidikan Ekonomi, FIS, Universitas PGRI Mahadewa Indonesia
Science dan Deep Learning secara kontekstual
ke dalam materi Prinsip Peluang dan Statistika.
Hal ini bertujuan untuk menghilangkan
kesenjangan konseptual dan meningkatkan
kesadaran siswa mengenai penerapan praktis
dari matematika dasar dalam teknologi
mutakhir dan tantangan ekonomi global.

DAFTAR RUJUKAN

- Adibowo, S., Permana, R., & Santoso, B. (2025). BondBERT: Deep Learning Transformer untuk Klasifikasi Sentimen di Pasar Keuangan Volatilitas Rendah. *Jurnal Penambangan Data Keuangan*, 15(1), 45-62.
- Chen, Y., & Li, Q. (2021). Deep Learning untuk Analisis Sentimen Ekonomi: Tinjauan Model dan Aplikasi. *Jurnal Ilmu Data Keuangan*, 3(4), 18-35.
- Chollet, F. (2019). Deep Learning dengan Python (edisi ke-2). Manning Publications.
- Efron, B., & Hastie, T. (2022). Inferensi Statistik Era Komputer, Esensi Pembelajaran Statistik. Cambridge University Press.
- Gelman, A., Carlin, JB, Stern, HS, Dunson, DB, Vehtari, A., & Rubin, DB (2020). Analisis Data Bayesian (edisi ke-3).
- Chapman and Hall/CRC. Géron, A. (2022). Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow (edisi ke-3).
- O'Reilly Media. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2019). Deep Learning. Data Science into Education Curriculum for Sustainable Development Goals. *Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 28, 4501–4518.
- Liang, J., & Xu, H. (2023). Pembelajaran Mendalam Bayesian untuk Kuantifikasi Ketidakpastian dalam Pengujian Stres Keuangan dan Peramalan Risiko. *Keuangan Kuantitatif*, 23(7), 1101-1115.
- Liu, P., & Wang, Y. (2024). Meningkatkan Peramalan Ekonomi dengan Jaringan Saraf Bayesian: Fokus pada Prediksi PDB dan Kuantifikasi Ketidakpastian. *Pemodelan Ekonomi*, 134, Artikel 106642.
- MIT Press. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2020). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer Series in Statistics. Huang, Z., & Wang, L. (2020). Big Data and Economic Forecasting: The Role of Deep Learning in Sentiment Prediction. *International Journal of Forecasting*, 36(2), 501-518.
- Kwon, J., Lee, S., & Kim, H. (2023). Integrating Molinari, B., & Turino, F. (2018). Periklanan dan konsumsi agregat: Penilaian DSGE Bayesian. *Jurnal Ekonomi*, 613, 2106–

