



UJMAS

UMBARA JOURNAL OF MATHEMATICS, ACTUARIAL SCIENCE AND STATISTICS

<https://journal.umbogorraya.ac.id/index.php/ujmas>

Permodelan Frekuensi dan Severitas Klaim Asuransi dengan Neural Network

Nurmalina Marpaung¹, Florenta², Refianto Damai Darmawan³, Riki Ardiansyah⁴

^{1,2,4} Program Studi Sains Aktuaria, Fakultas Kesehatan dan Sains

³ Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Kesehatan dan Sains

Universitas Muhammadiyah Bogor Raya

Jln. Raya Leuwiliang No. 106 Kec. Leuwiliang Kabupaten Bogor

Volume 1 Nomor 1
Desember 2024 : 1 - 7

Article History

Submission: 09-12-2024

Revised: 09-12-2024

Accepted: 15-12-2024

Published: 20-12-2024

Kata Kunci:

neural network, claim frequency, claim severity, generalized linear model, pure premium.

Keywords:

neural network, claim frequency, claim severity, generalized linear model, pure premium.

Korespondensi:

(Nurmalina Marpaung)

(Telp.-)

(nurmalinamarpaung@gmail.com)

Abstrak: Penetapan premi yang akurat sangat bergantung pada kemampuan model dalam memprediksi frekuensi dan severitas klaim. Model aktuarial konvensional seperti *Generalized Linear Model* (GLM) masih luas digunakan karena sifatnya yang interpretatif, namun memiliki keterbatasan dalam menangkap hubungan nonlinier dan heterogenitas risiko pada data klaim. Artikel ini bertujuan mengembangkan model *Neural Network* (NN) untuk memodelkan frekuensi dan severitas klaim asuransi serta mengintegrasikan keduanya dalam estimasi premi murni. Model NN frekuensi dibangun menggunakan arsitektur *multilayer perceptron* dengan fungsi aktivasi ReLU dan *Poisson loss* yang sesuai untuk data hitung. Sementara itu, model NN severitas menggunakan tiga *hidden layer* dengan regularisasi *dropout* untuk meningkatkan stabilitas prediksi terhadap *outlier*. Evaluasi model dilakukan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Squared Error* (RMSE). Hasil menunjukkan bahwa NN memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan GLM, dengan penurunan MAE frekuensi sebesar 12,6% dan MAE severitas sebesar 13,2%. Integrasi prediksi frekuensi dan severitas menghasilkan estimasi premi murni berbasis NN dengan penurunan error rata-rata sebesar 11,8% dibandingkan premi berbasis GLM. Temuan ini menunjukkan bahwa NN berpotensi menjadi alternatif yang lebih adaptif dalam penetapan premi asuransi.

Abstract: Accurate premium determination strongly depends on a model's ability to predict claim frequency and claim severity. Conventional actuarial models such as the *Generalized Linear Model* (GLM) are widely applied due to their interpretability; however, they are limited in capturing nonlinear relationships and risk heterogeneity in insurance claim data. This study aims to develop *Neural Network* (NN) models for predicting claim frequency and claim severity and to integrate both predictions into pure premium estimation. The claim frequency NN model is constructed using a *multilayer perceptron* architecture with ReLU activation and a *Poisson loss* function to accommodate count data characteristics. Meanwhile, the claim severity NN model employs



UJMAS: Umbara Journal Of Mathematics, Actuarial Science And Statistics is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License. Copyright © 2025 Prodi Sains Aktuaria Universitas Muhammadiyah Bogor Raya, Indonesia. All Rights Reserved

three hidden layers with dropout regularization to improve prediction stability in the presence of outliers. Model performance is evaluated using Mean Absolute Error (MAE) and Root Mean Squared Error (RMSE). The results indicate that the NN outperforms the GLM, achieving a 12.6% reduction in MAE for claim frequency and a 13.2% reduction for claim severity. Furthermore, the integration of NN-based frequency and severity predictions yields a pure premium estimation with an average error reduction of 11.8% compared to the GLM-based premium. These findings highlight the potential of NN as a more adaptive approach for insurance premium determination.

PENDAHULUAN

Penetapan premi merupakan aspek fundamental dalam industri asuransi karena berkaitan langsung dengan keberlanjutan perusahaan dan keadilan tarif bagi pemegang polis. Secara umum, premi murni ditentukan melalui integrasi antara ekspektasi frekuensi klaim dan ekspektasi severitas klaim [1]. Oleh karena itu, akurasi pemodelan kedua komponen tersebut menjadi faktor kunci dalam manajemen risiko asuransi.

Model aktuarial konvensional seperti *Generalized Linear Model* (GLM) telah lama digunakan untuk memodelkan frekuensi dan severitas klaim karena kemudahan interpretasi dan dasar teoritis yang kuat [2]. Namun, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa GLM memiliki keterbatasan dalam menangkap pola nonlinier dan interaksi kompleks antar variabel risiko,

terutama pada portofolio dengan heterogenitas tinggi [3]. Kondisi ini mendorong eksplorasi metode alternatif yang lebih fleksibel.

Perkembangan komputasi dan ketersediaan data yang besar membuka peluang penerapan metode *machine learning*, khususnya *Neural Network* (NN), dalam pemodelan klaim asuransi. NN dikenal mampu menangkap hubungan nonlinier dan struktur kompleks dalam data tanpa asumsi distribusi yang ketat [4]. Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa NN dapat meningkatkan akurasi prediksi risiko dibandingkan pendekatan parametrik tradisional [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan model NN untuk memprediksi frekuensi klaim, (2) mengembangkan model NN untuk memprediksi severitas klaim, dan (3)

mengintegrasikan kedua model tersebut dalam estimasi premi murni.

METODE

Data dan Kerangka Analisis

Penelitian ini menggunakan data klaim asuransi yang mencakup karakteristik risiko tertanggung, jumlah klaim, dan besaran klaim. Analisis dilakukan dengan membangun dua model terpisah, yaitu model frekuensi klaim dan model severitas klaim. Model *Generalized Linear Model* (GLM) digunakan sebagai pembandingan (*baseline*), sedangkan *Neural Network* (NN) digunakan sebagai pendekatan alternatif berbasis *machine learning*.

Formulasi Matematis Premi Murni

Dalam kerangka aktuarial, premi murni didefinisikan sebagai nilai harapan dari total klaim dan secara umum dirumuskan sebagai:

Pure Premium = $E(N) \times E(X)$,

dengan N menyatakan frekuensi klaim dan X menyatakan severitas klaim.

Pemodelan Frekuensi Klaim

Sebagai model pembandingan, frekuensi klaim dimodelkan

menggunakan GLM dengan asumsi distribusi Poisson, yang dinyatakan sebagai:

$$E(N_i) = \exp(\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}),$$

dengan \mathbf{x}_i merupakan vektor kovariat risiko dan $\boldsymbol{\beta}$ adalah parameter model.

Model NN frekuensi dibangun menggunakan arsitektur *multilayer perceptron* dengan dua *hidden layer* dan fungsi aktivasi ReLU. Untuk menyesuaikan karakteristik data hitung, fungsi *loss* yang digunakan adalah *Poisson loss*:

$$\mathcal{L}(y, \hat{y}) = \hat{y} - y \log(\hat{y}),$$

dengan y menyatakan nilai aktual dan \hat{y} menyatakan nilai prediksi.

Pemodelan Severitas Klaim

Pemodelan severitas klaim menggunakan GLM sebagai pembandingan dan NN sebagai model utama. Model NN severitas dibangun dengan tiga *hidden layer* serta regularisasi *dropout* untuk meningkatkan stabilitas prediksi terhadap *outlier* yang umum ditemukan pada data klaim asuransi.

Evaluasi Kinerja Model

Kinerja model dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) yang dirumuskan sebagai:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|,$$

dengan y_i dan \hat{y}_i masing-masing menyatakan nilai aktual dan prediksi.

Integrasi Estimasi Premi Murni

Prediksi frekuensi dan severitas klaim kemudian diintegrasikan untuk memperoleh estimasi premi murni. Kinerja premi murni berbasis NN dibandingkan dengan premi berbasis GLM melalui analisis penurunan error rata-rata.

HASIL & PEMBAHASAN

Hasil

1. Hasil Pemodelan Frekuensi Klaim

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa model NN frekuensi memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan GLM. Nilai MAE pada model GLM sebesar 0,87, sedangkan pada model NN turun menjadi 0,76. Penurunan error ini setara dengan peningkatan akurasi sebesar 12,6%, yang menunjukkan kemampuan NN dalam

menangkap pola nonlinier pada data frekuensi klaim.

Tabel 1. Hasil Permodelan Frekuensi Klaim

Model	MAE	Peningkatan Akurasi
GLM Frekuensi	0,87	-
NN Frekuensi	0,76	+12,6%

2. Hasil Pemodelan Severitas Klaim

Pada pemodelan severitas klaim, model NN juga menunjukkan peningkatan kinerja yang konsisten. Nilai MAE turun dari 4,85 pada GLM menjadi 4,21 pada NN, atau meningkat sebesar 13,2%. Penggunaan *dropout* terbukti membantu meningkatkan stabilitas prediksi terhadap pengaruh *outlier*.

Tabel 2. Hasil Pemodelan Severitas Klaim

Model	MAE	Peningkatan Akurasi
GLM Severitas	4,85	-
NN Severitas	4,21	+13,2%

3. Integrasi Premi Murni

Integrasi prediksi frekuensi dan severitas klaim menghasilkan premi murni berbasis NN dengan penurunan error rata-rata sebesar 11,8% dibandingkan premi berbasis GLM. Selain itu, variasi premi yang dihasilkan oleh NN relatif lebih stabil, sehingga berpotensi menghasilkan struktur tarif

yang lebih adaptif terhadap profil risiko tertanggung.

Tabel 3. Rekapitulasi Capaian Luaran

Luaran	Indikator	Capaian
Model NN Frekuensi	Peningkatan akurasi $\geq 10\%$	Tercapai (12,6%)
Model NN Severitas	Peningkatan akurasi $\geq 10\%$	Tercapai (13,2%)
Model Premi NN	Error premi turun $\geq 10\%$	Tercapai (11,8%)

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Neural Network* mampu memberikan peningkatan kinerja yang konsisten pada pemodelan frekuensi maupun severitas klaim. Pada model frekuensi, penggunaan *Poisson loss* memungkinkan NN menyesuaikan karakteristik data hitung dengan lebih baik dibandingkan GLM, sehingga mampu menangkap pola nonlinier yang tidak tertangkap oleh model parametrik. Pada model severitas, penerapan regularisasi *dropout* berperan penting dalam meningkatkan stabilitas prediksi terhadap keberadaan *outlier*, yang merupakan karakteristik umum data klaim asuransi.

Integrasi prediksi frekuensi dan severitas klaim memberikan implikasi praktis yang signifikan terhadap estimasi premi murni. Penurunan error premi berbasis NN mengindikasikan bahwa model ini berpotensi menghasilkan struktur premi yang lebih akurat dan adaptif terhadap profil risiko tertanggung. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode *machine learning* mampu meningkatkan akurasi prediksi risiko dibandingkan pendekatan konvensional [4], [5].

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Neural Network* mampu meningkatkan akurasi pemodelan frekuensi dan severitas klaim asuransi dibandingkan dengan *Generalized Linear Model*. Peningkatan akurasi tercermin dari penurunan MAE pada frekuensi klaim sebesar 12,6% dan pada severitas klaim sebesar 13,2%. Integrasi kedua model menghasilkan estimasi premi murni berbasis NN dengan penurunan error rata-rata sebesar 11,8%. Hasil ini mengindikasikan bahwa NN memiliki potensi yang signifikan untuk

diterapkan dalam penetapan premi asuransi, khususnya pada portofolio dengan heterogenitas risiko yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan penelitian ini. Secara khusus, apresiasi disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Bogor Raya dan pihak terkait yang telah menyediakan data dan referensi yang diperlukan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para reviewer dan editor atas masukan, saran, dan kritik konstruktif yang sangat bermanfaat dalam penyempurnaan artikel ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik industri asuransi syariah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. A. J. Putra, D. C. Lesmana, dan I. G. P. Purnaba, "Penghitungan premi asuransi kendaraan bermotor menggunakan generalized linear

models dengan distribusi Tweedie," *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 3, no. 2, pp. 115–127, 2021.

[2] M. R. N. Alam, "Pemodelan distribusi Poisson–Sujatha pada data frekuensi klaim asuransi kendaraan bermotor di Indonesia," *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika*, vol. 7, no. 1, pp. 13–22, 2023.

[3] F. L. U. Amaliah, E. Siswanah, dan S. D. Miasary, "Analisis jumlah klaim agregasi berdistribusi negative binomial dan besar klaim berdistribusi discrete uniform dengan metode konvolusi," *Journal of Mathematics and Its Applications*, vol. 4, no. 1, pp. 45–54, 2022.

[4] F. I. Yusuf, P. Z. R. Adi, dan T. E. T. Saragih, "Penerapan collective risk model dalam penentuan premi asuransi bencana alam," *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 213–219, 2024.

[5] A. K. Mutaqin dan K. Sa'diah, "The determination of the aggregate loss distribution through the numerical inverse of the characteristic function using the trapezoidal quadrature rule," *Desimal: Jurnal Matematika*, vol. 4, no. 3, pp. 339–348, 2021.

[6] S. P. Nugrahainy dan A. Azizah, "Estimasi premi bruto asuransi kendaraan bermotor menggunakan Panjer recursion dan fast Fourier transform," *Jambura Journal of Mathematics*, 2025.

- [7] M. S. Nurdanita dan A. Azizah,
“Estimasi aggregate loss
menggunakan pendekatan Bayesian
MCMC (Gibbs sampling) pada
model frekuensi dan severitas
klaim,” *Euler: Jurnal Ilmiah
Matematika, Sains dan Teknologi*, vol.
13, no. 1, pp. 1-10, 2025.