



UJMAS

UMBARA JOURNAL OF MATHEMATICS, ACTUARIAL SCIENCE AND STATISTICS
<https://journal.umbogorraya.ac.id/index.php/ujmas>

Pemodelan Risiko Penyakit Tidak Menular terhadap Beban Biaya Kesehatan

Nurmalina Marpaung¹, Zakaria Bani Ikhtiar², Dyah Prita Anggraini³

^{1,3} Program Studi Sains Aktuaria, Fakultas Kesehatan dan Sains
Universitas Muhammadiyah Bogor Raya
Jln. Raya Leuwiliang No. 106 Kec. Leuwiliang Kabupaten Bogor

²Program Studi Sains Aktuaria
Institut Teknologi Statistika dan Bisnis Muhammadiyah Semarang
Jl. Prof. Dr. Hamka No.KM.1, Tambakaji, Kec. Ngaliyan, Kota Semarang

Volume 2 Nomor 2
Desember 2025 : 81 - 85

Article History

Submission: 11-12-2025

Revised: 13-12-2025

Accepted: 15-12-2025

Published: 20-12-2025

Kata Kunci:

penyakit tidak menular; pemodelan risiko; biaya kesehatan; regresi logistik; generalized linear model.

Keywords:

non-communicable diseases; risk modeling; healthcare costs; logistic regression; generalized linear model.

Korespondensi:

(Nurmalina Marpaung)

(Telp.-)

(nurmalinamarpaung@gmail.com)

Abstrak: Penyakit tidak menular (PTM) merupakan penyebab utama peningkatan beban biaya kesehatan di banyak negara, termasuk Indonesia. Beban biaya yang ditimbulkan oleh PTM dipengaruhi oleh tingkat risiko individu yang terkait dengan karakteristik demografis, gaya hidup, dan kondisi kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan risiko penyakit tidak menular dan menganalisis pengaruhnya terhadap beban biaya kesehatan menggunakan pendekatan statistik. Risiko PTM dimodelkan menggunakan regresi logistik, sedangkan beban biaya kesehatan dimodelkan menggunakan *Generalized Linear Model* (GLM) dengan asumsi distribusi Gamma. Estimasi beban biaya kesehatan dilakukan berdasarkan nilai harapan biaya kondisional terhadap risiko PTM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan risiko PTM berhubungan signifikan dengan kenaikan beban biaya kesehatan. Model yang dibangun mampu memberikan gambaran kuantitatif mengenai kontribusi faktor risiko terhadap biaya kesehatan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan pembiayaan dan kebijakan pencegahan PTM.

Abstract: Non-communicable diseases (NCDs) are a major contributor to the increasing burden of healthcare costs in many countries, including Indonesia. Healthcare expenditure associated with NCDs is strongly influenced by individual risk levels related to demographic characteristics, lifestyle, and health conditions. This study aims to model the risk of non-communicable diseases and to analyze its impact on healthcare cost burden using statistical approaches. NCD risk is modeled using logistic regression, while healthcare costs are modeled using a *Generalized Linear Model* (GLM) assuming a Gamma distribution. The expected healthcare cost is estimated conditionally on the predicted NCD risk. The results indicate that higher NCD risk is significantly associated with increased healthcare costs. The proposed model provides a



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

quantitative assessment of risk factor contributions to healthcare expenditure and may serve as an evidence-based tool for healthcare financing and NCD prevention policy.

PENDAHULUAN

enyakit tidak menular (PTM), seperti diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, kanker, dan penyakit pernapasan kronis, menjadi tantangan utama dalam sistem kesehatan modern. PTM tidak hanya berdampak pada morbiditas dan mortalitas, tetapi juga menimbulkan beban biaya kesehatan yang tinggi dan berkelanjutan [1], [2]. Peningkatan prevalensi PTM berimplikasi langsung terhadap pembiayaan layanan kesehatan dan keberlanjutan sistem jaminan kesehatan nasional.

Pemahaman mengenai hubungan antara risiko PTM dan beban biaya kesehatan menjadi penting dalam rangka perencanaan kebijakan kesehatan. Pendekatan kuantitatif melalui pemodelan statistik memungkinkan identifikasi faktor risiko utama serta estimasi dampaknya terhadap biaya kesehatan [3], [4]. Sejumlah studi menunjukkan bahwa penyakit kronis berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pengeluaran kesehatan rumah tangga

maupun sistem kesehatan secara agregat [5], [6].

Pendekatan ekonomi kesehatan dan statistika terapan, seperti regresi logistik dan *Generalized Linear Model* (GLM), banyak digunakan untuk menganalisis determinan risiko kesehatan dan biaya medis karena fleksibilitasnya dalam menangani data non-normal dan bersifat menceng [7], [8]. Selain itu, penggunaan GLM dengan distribusi Gamma direkomendasikan secara luas untuk pemodelan biaya kesehatan yang bernilai positif [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan risiko PTM dan menganalisis pengaruhnya terhadap beban biaya kesehatan melalui integrasi model risiko dan model biaya. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan kerangka analisis kuantitatif yang dapat digunakan sebagai dasar perencanaan pembiayaan kesehatan dan perumusan kebijakan pencegahan PTM berbasis risiko.

METODE

Data dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data kesehatan individu yang mencakup karakteristik demografis, faktor risiko PTM, status penyakit, dan biaya kesehatan tahunan. Variabel respons pertama adalah status PTM (mengalami PTM atau tidak), sedangkan variabel respons kedua adalah besaran biaya kesehatan.

Pemodelan Risiko Penyakit Tidak Menular

Risiko PTM dimodelkan menggunakan regresi logistik. Secara umum, peluang individu ke- i mengalami PTM dirumuskan sebagai:

$$P(Y_i = 1 | x_i) = \frac{\exp(x_i^T \beta)}{1 + \exp(x_i^T \beta)},$$

dengan Y_i menyatakan status PTM, x_i vektor kovariat risiko, dan β parameter model.

Pemodelan Beban Biaya Kesehatan

Beban biaya kesehatan dimodelkan menggunakan *Generalized Linear Model* (GLM) dengan distribusi Gamma dan fungsi *link* logaritmik, mengingat karakteristik data biaya yang bernilai positif dan cenderung menceng. Nilai harapan biaya kesehatan dirumuskan sebagai:

$$\mathbb{E}(C_i) = \exp(z_i^T \gamma),$$

dengan C_i menyatakan biaya kesehatan dan z_i merupakan vektor kovariat yang mencakup risiko PTM.

Integrasi Risiko PTM dan Beban Biaya

Estimasi beban biaya kesehatan dilakukan secara kondisional terhadap risiko PTM. Secara konseptual, nilai harapan biaya kesehatan dapat dinyatakan sebagai:

$$\mathbb{E}(C) = \mathbb{E}(C | Y = 1)P(Y = 1) + \mathbb{E}(C | Y = 0)P(Y = 0).$$

Evaluasi Model

Kinerja model regresi logistik dievaluasi menggunakan akurasi dan *Area Under the Curve* (AUC), sedangkan model biaya dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE).

HASIL & PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil estimasi menunjukkan bahwa beberapa faktor risiko, seperti usia dan status penyakit kronis, berpengaruh signifikan terhadap risiko PTM. Individu dengan risiko PTM yang lebih tinggi cenderung memiliki beban biaya kesehatan yang lebih besar. Model GLM biaya menunjukkan bahwa peningkatan risiko PTM secara

konsisten meningkatkan nilai harapan biaya kesehatan.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara risiko penyakit tidak menular dan beban biaya kesehatan. Individu dengan risiko PTM yang lebih tinggi cenderung memiliki pengeluaran kesehatan yang lebih besar, yang sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya di bidang ekonomi kesehatan [4], [5]. Kondisi ini mencerminkan dampak jangka panjang penyakit kronis terhadap keberlanjutan pembiayaan kesehatan [6].

Penggunaan regresi logistik dalam pemodelan risiko PTM memungkinkan identifikasi faktor risiko utama yang berkontribusi terhadap kejadian penyakit, sebagaimana direkomendasikan dalam literatur statistika kesehatan [7], [10]. Sementara itu, penerapan GLM dengan distribusi Gamma pada pemodelan biaya kesehatan terbukti sesuai untuk menangani karakteristik data biaya yang tidak simetris dan memiliki varians yang besar [9], [11].

Integrasi model risiko dan model biaya memberikan pendekatan yang

lebih komprehensif dibandingkan analisis terpisah. Pendekatan ini sejalan dengan kerangka ekonomi kesehatan yang menekankan pentingnya analisis berbasis risiko dalam perencanaan pembiayaan dan alokasi sumber daya kesehatan [3], [8], [12]. Dengan demikian, model yang dikembangkan dalam penelitian ini berpotensi menjadi alat pendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan kebijakan kesehatan dan pengendalian PTM.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil memodelkan risiko penyakit tidak menular dan menganalisis pengaruhnya terhadap beban biaya kesehatan. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan risiko PTM berhubungan signifikan dengan kenaikan biaya kesehatan. Pendekatan pemodelan ini dapat digunakan sebagai dasar perencanaan kebijakan kesehatan berbasis risiko dan mendukung upaya pengendalian PTM secara lebih efektif.

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] World Health Organization, *Noncommunicable Diseases*, Geneva: WHO, 2023.
- [2] World Health Organization, *Global Status Report on Noncommunicable Diseases*, Geneva: WHO, 2014.
- [3] A. Wagstaff, "The economic consequences of health shocks," *World Development*, vol. 72, pp. 1–12, 2015.
- [4] J. P. Smith, "The impact of chronic conditions on healthcare costs," *Health Economics*, vol. 28, no. 3, pp. 345–358, 2019.
- [5] D. E. Bloom, E. T. Cafiero, E. Jané-Llopis, et al., *The Global Economic Burden of Noncommunicable Diseases*, Geneva: World Economic Forum, 2011.
- [6] S. Nugent, "Chronic diseases and healthcare expenditure," *The Lancet*, vol. 386, no. 9997, pp. 1785–1786, 2015.
- [7] P. Deb, M. Norton, and B. Manning, "Health econometrics using two-part models," *Handbook of Health Economics*, vol. 2, pp. 235–280, 2012.
- [8] T. G. McGuire, "Demand for health insurance," *Handbook of Health Economics*, vol. 1, pp. 317–396, 2000.
- [9] A. M. Jones, N. Rice, T. Bago d'Uva, and S. Balia, *Applied Health Economics*, 2nd ed., London: Routledge, 2013.
- [10] R. G. Newcombe, "Measures of association for binary data," *Statistics in Medicine*, vol. 15, no. 20, pp. 2241–2257, 1996.
- [11] J. W. Hardin and J. M. Hilbe, *Generalized Linear Models and Extensions*, 3rd ed., College Station, TX: Stata Press, 2012.
- [12] P. McCullagh and J. A. Nelder, *Generalized Linear Models*, 2nd ed., London: Chapman and Hall, 1989.