

Application of Cox Proportional Hazards Regression Model in Survival Analysis of Heart Failure Patients

Penerapan Model Regresi Cox Proportional Hazards Dalam Analisis Survival Pasien Gagal Jantung

Saira Aulia Ananda¹⁾, Dwi Anisatun Nabilah²⁾, Samsul Arifin³⁾, Al Hujjah Asianingrum⁴⁾

^{1,2,3,4)}Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat

Korespondensi: samsularr@ulm.ac.id

ABSTRACT

Background: Heart failure is one of the leading causes of death worldwide, making accurate risk assessment crucial for understanding patient survival patterns. *Purpose:* The objective of this study was to identify clinical factors associated with the risk of death in patients with heart failure using the Cox Proportional Hazards model. *Methods:* The analysis was conducted using data from the Heart Failure Clinical Registry, which included 299 patients in 2015, with various clinical characteristics evaluated within a survival analysis framework. The Kaplan–Meier curves revealed significant differences in survival probabilities among patient groups, particularly based on age, hypertension status, and ejection fraction. *Results:* Cox model results indicated that patients aged ≥ 70 years, patients with anemia, and individuals with an ejection fraction below 40% had a significantly higher risk of mortality, while other variables did not show a significant effect. *Conclusion:* Overall, these findings confirm that certain clinical factors play a crucial role in influencing mortality risk in patients with heart failure; therefore, early detection of risk factors and the implementation of targeted clinical interventions in high-risk groups are key components in efforts to improve patient survival.

Keyword : Survival Analysis, Heart Failure, Kaplan–Meier, Cox Proportional Hazard Regression

ABSTRAK

Latar belakang: Gagal jantung merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia, sehingga penilaian risiko yang akurat menjadi sangat penting untuk memahami pola kelangsungan hidup pasien. Tujuan: Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor klinis yang berhubungan dengan risiko kematian pada pasien gagal jantung menggunakan model Cox Proportional Hazards. Metode: Analisis dilakukan menggunakan data Catatan Klinis Gagal Jantung yang mencakup 299 pasien tahun 2015, dengan berbagai karakteristik klinis dievaluasi dalam kerangka analisis kelangsungan hidup. Kurva Kaplan–Meier menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam peluang kelangsungan hidup antar kelompok pasien, khususnya berdasarkan usia, status hipertensi, dan tingkat fraksi ejeksi. Hasil: Hasil pemodelan Cox mengindikasikan bahwa pasien berusia ≥ 70 tahun, pasien dengan anemia, Selain itu, individu dengan fraksi ejeksi di bawah 40% memiliki risiko kematian yang secara signifikan lebih tinggi., sementara variabel lainnya tidak menunjukkan pengaruh yang bermakna. Kesimpulan: Secara keseluruhan, temuan ini menjelaskan bahwa faktor-faktor klinis tertentu berperan penting dalam memengaruhi risiko mortalitas pada pasien gagal jantung, sehingga deteksi dini faktor risiko dan penerapan intervensi klinis yang tepat sasaran pada kelompok berisiko tinggi menjadi komponen utama dalam upaya peningkatan survival pasien.

Kata Kunci : Analisis Kelangsungan Hidup, Gagal Jantung, Regresi Cox Proportional Hazard

1. PENDAHULUAN

Gagal jantung merupakan kondisi klinis yang terjadi akibat terganggunya fungsi ventrikel sehingga jantung tidak mampu secara optimal menerima maupun memompa darah untuk memenuhi kebutuhan sirkulasi ke seluruh tubuh. (Gunawan et al., 2024). Kondisi ini dapat menimbulkan gejala seperti sesak napas, mudah lelah, serta pembengkakan pada paru-paru (Siswanto et al., 2023). Tingginya angka kematian di seluruh dunia sebagian besar disebabkan oleh penyakit kardiovaskular, dengan gagal jantung tercatat sebagai salah satu kondisi yang paling banyak menyebabkan kematian pada pasien penyakit kardiovaskular. (Reyes et al., 2016). Data dari *World Health Organization* (WHO) menunjukkan bahwa penyakit kardiovaskular merenggut nyawa sekitar 17,9 juta individu setiap tahun, atau sekitar 31% dari seluruh kematian global. Di berbagai negara, prevalensi gagal jantung umumnya berada pada kisaran 1 hingga 3% dan sebanding dengan angka di Eropa serta 0,9% di Tiongkok, namun beberapa negara seperti Indonesia dan Taiwan menunjukkan prevalensi lebih dari 5% (Reyes et al., 2016). Penderita gagal jantung pada umumnya mengalami penurunan kemampuan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, sehingga menjadikan mereka lebih rentan terhadap munculnya depresi, stres, kecemasan, serta gangguan dalam pengendalian emosi. Selain itu, kekhawatiran terkait beban biaya pengobatan, dan durasi proses pemulihan turut memberikan tekanan psikologis tambahan. Kombinasi faktor-faktor tersebut berpotensi menurunkan kualitas

hidup pasien secara signifikan (Nursita & Pratiwi, 2020). Selanjutnya, meningkatnya kasus gagal jantung yang mempertahankan fraksi ejeksi menunjukkan adanya peningkatan beragam faktor risiko. Di antaranya adalah kegemukan, tekanan darah tinggi, merokok, dan diabetes melitus. Kondisi ini juga lebih sering ditemukan pada perempuan serta kelompok usia lanjut dibandingkan pada pasien dengan fraksi ejeksi rendah (Pratama et al., 2024).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa beberapa faktor memiliki keterkaitan dengan risiko kematian akibat gagal jantung. Misalnya, hipertensi ditemukan berhubungan dengan timbulnya komplikasi gagal jantung pada pasien di RSUD Ulin Banjarmasin (Suryadi, Solikin, & Uni, 2024). WHO juga menegaskan bahwa meningkatnya angka gagal jantung secara global dipengaruhi oleh tingginya prevalensi perokok, obesitas, dislipidemia, dan diabetes (Hasanah, Zulkarnain, Arifianto, Sasmaya, & Suciadi, 2023). Selain itu, penelitian lain mengidentifikasi tiga faktor yang secara signifikan memengaruhi risiko kematian pada gagal jantung kongestif, yaitu anemia, denyut jantung, dan trombositopenia. Perbedaan temuan mengenai faktor yang berkaitan dengan risiko mortalitas pada pasien gagal jantung menunjukkan perlunya analisis yang tepat untuk menilai berapa lama pasien dapat bertahan hidup sejak diagnosis sampai terjadinya kematian. Oleh sebab itu, analisis yang berfokus pada faktor-faktor yang memengaruhi risiko kematian sangat penting dalam penelitian epidemiologi klinis. Penelitian ini menggunakan dataset yang bersumber dari UCI Machine Learning Repository, yang memuat berbagai informasi klinis pasien, seperti usia, jenis kelamin, tekanan darah tinggi, kadar natrium dan kreatinin serum, status anemia, status diabetes, status perokok, jumlah trombosit, fraksi ejeksi, serta waktu ketahanan hidup pasien. Data tersebut sering digunakan untuk mengkaji pola kelangsungan hidup berdasarkan kondisi medis maupun karakteristik demografis.

Analisis survival atau analisis ketahanan hidup merupakan metode statistika yang digunakan untuk mempelajari data yang berkaitan dengan lamanya waktu hingga suatu kejadian terjadi. (Prabawati, Nasution, & Wahyuningsih, 2018). Rentang waktu tersebut dapat dinyatakan dalam satuan hari, minggu, bulan, maupun tahun, yang dihitung sejak awal pengamatan hingga terjadinya peristiwa yang diamati. (Kleinbaum & Klein, 2012). Sementara kejadian peristiwa (*event*) yang menjadi fokus penelitian dapat berupa kematian, timbulnya atau kekambuhan suatu penyakit, kesembuhan, waktu kembali bekerja, maupun kejadian lain yang relevan dengan tujuan penelitian. (Azzahro & Anggraini, 2025). Pendekatan ini banyak diterapkan dalam penelitian medis karena dapat mengakomodasi data tersensor maupun data yang tidak lengkap. (Amaludin, Hakim, & Arifin, 2026). Salah satu metode yang umum diterapkan dalam analisis survival adalah uji Log-Rank, yang digunakan untuk membandingkan kurva ketahanan hidup dari dua atau lebih kelompok guna menilai adanya perbedaan peluang bertahan hidup yang signifikan. (Sukarma & Anggraini, 2023). Selain itu, model regresi *Cox Proportional Hazards* dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap risiko terjadinya suatu peristiwa. Metode ini merupakan salah satu pendekatan yang paling banyak diterapkan dalam analisis survival karena tidak mensyaratkan asumsi tertentu mengenai distribusi fungsi survival., namun mengasumsikan bahwa perbandingan *hazard* antar individu tidak berubah seiring waktu (Maharani, Rusyada, & Arifin, 2026) Model *Cox Proportional Hazard* dipakai untuk melihat apakah ada keterkaitan antar variabel independen dan variabel dependen, pada regresi Cox-PH data yang dipakai yaitu data durasi ketahanan hidup dari seseorang ataupun dari individu lainnya (Collet, 2023). Dalam model *Cox Proportional Hazard*, besarnya pengaruh suatu variabel terhadap risiko terjadinya suatu kejadian dinyatakan melalui *Hazard Ratio*. Nilai *Hazard Ratio* digunakan untuk menunjukkan perubahan tingkat risiko yang dialami individu pada kondisi tertentu dibandingkan kelompok referensi, baik berupa peningkatan maupun penurunan risiko (Rahmawan, Haliza, Arifin, & Asianingrum, 2026).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap risiko kematian pada pasien gagal jantung dengan memanfaatkan data sekunder dari UCI *Repository* dengan metode regresi *Cox Proportional Hazards*. Dataset ini dipilih karena menyediakan informasi klinis dan luaran pasien yang relevan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi risiko kematian pada pasien gagal jantung. Meskipun data berasal dari populasi di luar Indonesia, variabel-variabel tersebut merupakan faktor klinis yang umum digunakan dalam evaluasi dan penatalaksanaan gagal jantung sehingga hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai faktor-faktor yang memengaruhi risiko kematian pada pasien. Temuan penelitian ini dapat menjadi referensi awal dalam mengidentifikasi kelompok pasien berisiko tinggi serta mendukung pengembangan strategi skrining, pemantauan, dan pengelolaan pasien gagal jantung di layanan kesehatan. Namun, penerapan hasil penelitian dalam penyusunan kebijakan maupun program penanganan klinis di Indonesia tetap memerlukan validasi lebih lanjut menggunakan data dan karakteristik populasi Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan karakteristik penderita gagal jantung, mengidentifikasi variabel yang berpengaruh signifikan terhadap risiko mortalitas, serta menyajikan model survival sebagai dasar pendukung pengambilan keputusan dalam bidang kesehatan.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam analisis data adalah model regresi *Cox Proportional Hazards*. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari *Heart Failure Clinical Records Dataset* yang tersedia pada UCI *Machine Learning Repository* (<https://doi.org/10.24432/C5Z89R>). Penelitian ini menggunakan dataset

yang memuat data klinis dari 299 pasien gagal jantung yang diperoleh dari rekam medis rumah sakit. Data ini dikumpulkan pada tahun 2015 sebagai bagian dari pencatatan klinis pasien gagal jantung. Pengolahan data dilakukan menggunakan R Studio. Variabel dependen yang digunakan adalah *event*, yaitu status yang menunjukkan status kematian pasien selama periode tindak lanjut, sedangkan pasien yang masih hidup sampai berakhirnya masa penelitian dikategorikan sebagai data tersensor. Variabel independen yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup usia, jenis kelamin, perokok, diabetes, anemia, hipertensi, trombosit, dan fraksi ejeksi jantung.

Beberapa variabel numerik, seperti umur, trombosit, dan fraksi ejeksi jantung dikategorikan berdasarkan *cut-off* yang memiliki relevansi klinis dan telah digunakan dalam penelitian sebelumnya. Selain memudahkan interpretasi hasil, kategorisasi dilakukan untuk mendukung analisis Kaplan-Meier dan uji Log-Rank yang bertujuan membandingkan probabilitas survival antar kelompok pasien. Oleh karena itu, penggunaan kategori yang memiliki makna klinis diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai perbedaan risiko kematian pada pasien gagal jantung. Penentuan kategori ini mengacu pada literatur sebelumnya. (Manzano et al., 2011), mengelompokkan pasien gagal jantung berdasarkan usia lanjut, yaitu usia ≥ 70 tahun, serta menggunakan nilai fraksi ejeksi jantung $\leq 40\%$ sebagai indikator disfungsi ventrikel kiri yang signifikan. Sementara itu, (Mojadidi et al., 2016). mengkategorikan jumlah trombosit menjadi dua kelompok, yaitu trombosit normal–ringan (100.000–450.000/ μL) dan trombositopenia sedang–berat ($<100.000/\mu\text{L}$). Dengan merujuk pada pembagian kategori dari penelitian-penelitian tersebut, proses kategorisasi dalam studi ini dilakukan agar analisis survival lebih relevan dengan konteks klinis pasien gagal jantung.

Tabel 1 Variabel Penelitian

Variabel	Skala Pengukuran	Keterangan
X_1 Umur	Kategorik	Usia (1 = ≥ 70 tahun, 0 = < 70 tahun)
X_2 Jenis Kelamin	Kategorik	Jenis Kelamin (1 = laki-laki, 0 = perempuan)
X_3 Perokok	Kategorik	Status Perokok (1 = perokok, 0 = tidak)
X_4 Diabetes	Kategorik	Status Diabetes (1 = ya, 0 = tidak)
X_5 Anemia	Kategorik	Status Anemia (1 = ya, 0 = tidak)
X_6 Hipertensi	Kategorik	Riwayat Hipertensi (1 = ya, 0 = tidak)
X_7 Trombosit	Kategorik	Jumlah Trombosit (1 = $< 100000/\mu\text{L}$, 0 = $\geq 100000/\mu\text{L}$)
X_8 Fraksi Ejeksi Jantung	Kategorik	Fraksi Ejeksi Jantung (1 = $< 40\%$, 0 = $\geq 40\%$)
Waktu Survival	Waktu	Lama Waktu Survival (hari)
Y	<i>event</i>	Event (1 = meninggal, 0 = hidup/tersensor)

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Statistika Deskriptif

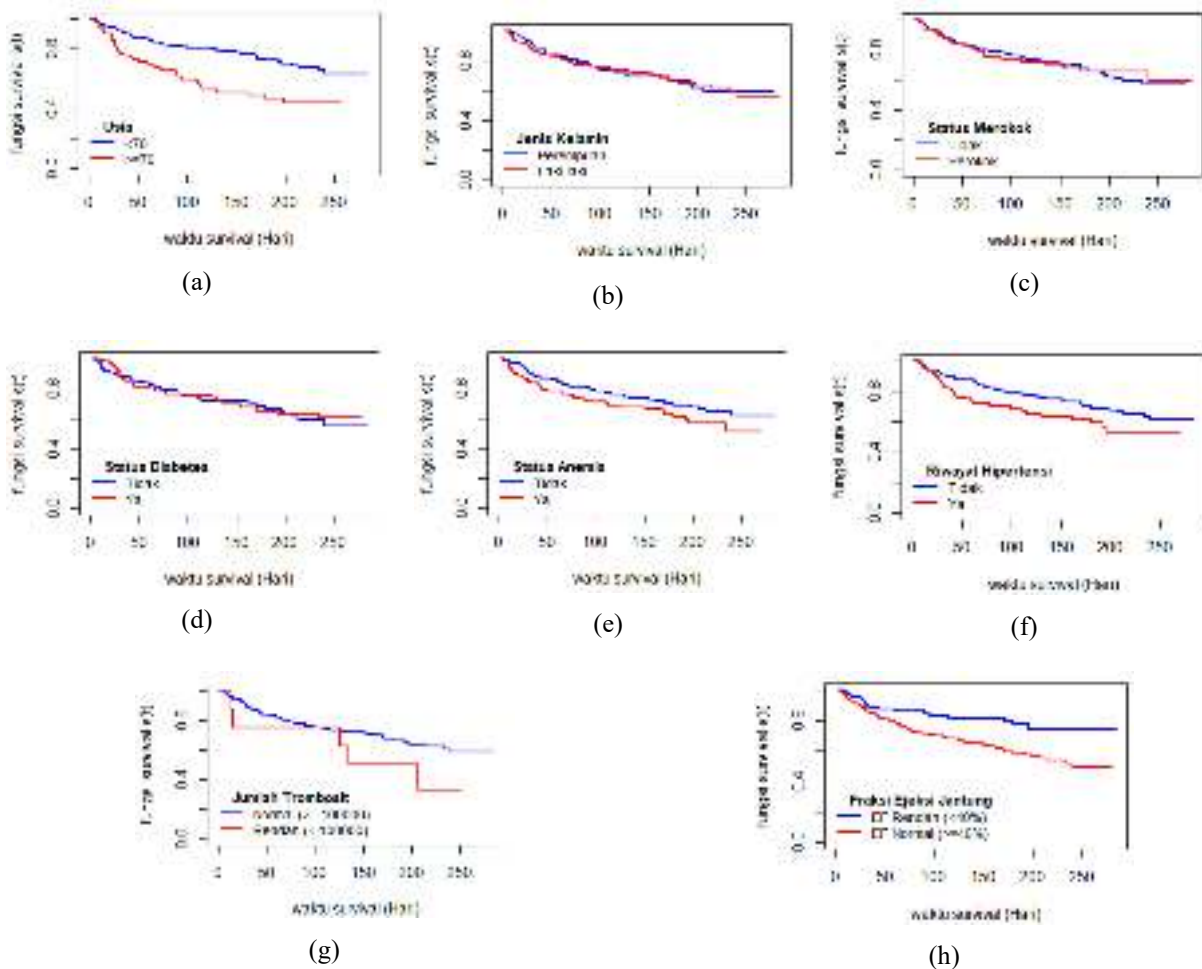
Tabel 2 Tabel Distribusi Frekuensi

Variabel	Kelompok			
	0	%	1	%
Umur	77	25.8%	222	74.2%
Anemia	170	56.9%	129	43.1%
Diabetes	174	58.2%	125	41.8%
Fraksi ejeksi jantung	182	60.9%	117	39.1%
Hipertensi	194	64.9%	105	35.1%
Perokok	203	67.9%	96	32.1%
Trombosit	291	97.3%	8	2.7%

Berdasarkan tabel distribusi frekuensi, sebagian besar variabel didominasi oleh kelompok 0, kecuali Umur yang lebih banyak berada pada kelompok 1. Pada variabel Umur, 77 orang (25,8%) berada di kelompok 0 dan 222 orang (74,2%) di kelompok 1. Untuk Anemia, 170 orang (56,9%) berada di kelompok 0 dan 129 orang (43,1%) di kelompok 1. Variabel Diabetes menunjukkan 174 orang (58,2%) di kelompok 0 dan 125 orang (41,8%) di kelompok 1. Pada Fraksi ejeksi jantung, 182 orang (60,9%) berada di kelompok 0 dan 117 orang (39,1%) di kelompok 1. Untuk Hipertensi, 194 orang (64,9%) berada di kelompok 0 dan 105 orang (35,1%) di kelompok 1. Variabel Perokok menunjukkan dominasi kelompok 0 dengan 203 orang (67,9%) dibandingkan 96 orang (32,1%) di kelompok 1. Variabel Trombosit memiliki ketimpangan terbesar, dengan 291 orang (97,3%) di kelompok 0 dan

hanya 8 orang (2,7%) di kelompok 1.

3.2 Kurva Kaplen Meier dan Uji Log Rank



Gambar 1. Kurva Kaplen Meier

Berdasarkan Gambar 1a pada variabel umur di atas, kurva survival pasien usia < 70 tahun yang berwarna biru berada lebih tinggi dibandingkan pasien berusia ≥ 70 tahun. Artinya, Pasien dengan usia di bawah 70 tahun cenderung memiliki peluang bertahan hidup yang lebih baik, sedangkan pasien berusia 70 tahun atau lebih memiliki risiko kematian yang lebih tinggi. Berdasarkan Gambar 1b, kurva survival pasien laki-laki (merah) dan perempuan (biru) saling berpotongan selama periode pengamatan, yang menunjukkan bahwa pola ketahanan hidup kedua kelompok relatif serupa dan tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan Gambar 1c pada variabel perokok di atas, kurva survival pada pasien tidak merokok yang berwarna biru dan pasien perokok yang berwarna merah terlihat terpotong sepanjang periode pengamatan. Artinya, kedua kelompok menunjukkan pola ketahanan hidup yang hampir serupa dari awal hingga akhir *follow-up*. Berdasarkan Gambar 1d pada variabel diabetes di atas, kurva survival pada pasien tidak menderita diabetes yang berwarna biru dan pasien yang menderita diabetes yang berwarna merah terlihat terpotong sepanjang periode pengamatan. Artinya, pasien yang tidak menderita diabetes memiliki peluang bertahan hidup hampir sama dengan pasien yang menderita diabetes

Berdasarkan Gambar 1e pada variabel anemia di atas, kurva survival pada pasien tidak menderita anemia yang berwarna biru berada lebih tinggi dibandingkan kurva survival untuk pasien yang menderita anemia yang berwarna merah sepanjang periode pengamatan. Artinya, pasien yang tidak menderita anemia cenderung memiliki tingkat kelangsungan hidup yang lebih baik dibandingkan dengan pasien yang menderita anemia. Berdasarkan Gambar 1f pada variabel hipertensi di atas, kurva survival pada pasien tidak menderita hipertensi yang berwarna biru berada lebih tinggi dibandingkan kurva survival untuk pasien menderita hipertensi yang berwarna merah sepanjang periode pengamatan. Artinya, pasien yang tidak mengalami hipertensi memiliki peluang bertahan hidup yang lebih besar dibandingkan dengan pasien yang menderita hipertensi.

Berdasarkan Gambar 1g pada variabel trombosit di atas, kurva survival pada pasien dengan trombosit $\geq$

100.000 μL yang berwarna biru dan pasien dengan trombosit $< 100.000 \mu\text{L}$ yang berwarna merah terlihat terpotong sepanjang periode pengamatan. Artinya, pasien dengan trombosit $\geq 100.000 \mu\text{L}$ memiliki peluang bertahan hidup serupa dengan pasien dengan trombosit $< 100.000 \mu\text{L}$. Berdasarkan Gambar 1h pada variabel fraksi ejeksi jantung di atas, kurva survival pada pasien dengan Fraksi Ejeksi Jantung $\geq 40\%$ yang berwarna merah berada jauh lebih tinggi dibandingkan kurva survival untuk pasien dengan Fraksi Ejeksi Jantung $< 40\%$ yang berwarna biru sepanjang periode pengamatan. Artinya, pasien dengan Fraksi Ejeksi Jantung $\geq 40\%$ cenderung memiliki tingkat ketahanan hidup yang lebih baik daripada pasien dengan Fraksi Ejeksi Jantung $< 40\%$.

Tabel 3 Uji Log Rank

	<i>Log-rank statistics</i>	<i>df</i>	<i>P_{value}</i>
Umur	15.9	1	0.000
Jenis kelamin	0.004	1	0.950
Perokok	0.002	1	0.964
Diabetes	0.040	1	0.840
Anemia	2.730	1	0.099
Hipertensi	4.410	1	0.036
Trombosit	1.850	1	0.173
Fraksi ejeksi jantung	9.470	1	0.002

Hasil uji Log-Rank diatas diperoleh hanya beberapa variabel yang menunjukkan perbedaan survival yang signifikan. Variabel Umur, Hipertensi, dan Fraksi ejeksi jantung terbukti berpengaruh nyata karena $p_{value} < 0.05$, sehingga kelompok pasien dengan karakteristik berbeda pada variabel tersebut memiliki peluang bertahan hidup yang berbeda secara signifikan. Sementara itu, variabel Jenis kelamin, Perokok, Diabetes, Anemia dan Trombosit memiliki $p_{value} > 0.05$ sehingga tidak menunjukkan pengaruh terhadap survival. Secara keseluruhan, usia, tekanan darah tinggi, dan fraksi ejeksi jantung menjadi faktor yang paling penting dalam membedakan peluang survival.

3.3 Asumsi Cox Proportional Hazard

Tabel 4 Pengujian Asumsi Cox Proportional Hazard

	χ^2	<i>df</i>	<i>P_{value}</i>
Umur	0.5591	1	0.45
Jenis kelamin	0.7116	1	0.40
Perokok	0.4487	1	0.50
Diabetes	0.0844	1	0.77
Anemia	0.1167	1	0.73
Hipertensi	0.3397	1	0.56
Trombosit	0.0216	1	0.88
Fraksi ejeksi jantung	0.5607	1	0.45
<i>Global</i>	2.8659	8	0.94

Hasil uji asumsi *Cox Proportional Hazard* menunjukkan seluruh variabel independen memiliki nilai p_{value} lebih dari 0.05. Hal ini mengindikasikan tidak ada pelanggaran asumsi *proportional hazard* pada masing-masing variabel. Selain itu, uji global juga menghasilkan p_{value} sebesar 0.94, yang kembali menegaskan bahwa model Cox secara keseluruhan memenuhi asumsi *proportional hazard*, sehingga model layak digunakan untuk analisis lanjutan.

3.4 Model Regresi Cox Proportional Hazard

Tabel 5 Uji Parsial dan Simultan Regresi Cox Proportional Hazard

<i>Jenis Uji</i>	<i>Statistik Uji</i>	<i>df</i>	<i>P_{value}</i>
<i>Likelihood ratio Test</i>	36.57	8	0.00001***

Berdasarkan hasil uji simultan pada pemodelan *Cox Proportional Hazard* pada tabel 10, diperoleh bahwa ketiga jenis pengujian yaitu *Likelihood ratio test* menunjukkan nilai $p_{value} < 0.05$. Hal ini menunjukkan bahwa model secara keseluruhan signifikan secara parsial dan simultan, sehingga dapat disimpulkan bahwa setidaknya terdapat satu variabel independen yang berpengaruh terhadap risiko kematian pasien gagal jantung.

Tabel 6 Model Cox Proportional Hazard Resgression

Variabel	Coef	Exp(coef)	z	p – value
umur (X_1)	0.854407	2.349982	3.915	0.000090***
Jenis kelamin (X_2)	0.002804	1.002808	0.012	0.990653
Perokok (X_3)	-0.015003	0.985109	-0.061	0.951255
Diabetes (X_4)	-0.034296	0.966285	-0.158	0.874243
Anemia (X_5)	0.533737	1.705293	2.543	0.011004*
Hipertensi (X_6)	0.423749	1.527678	1.940	0.052413
Trombosit (X_7)	0.716322	2.046891	1.495	0.134793
Fraksi ejeksi jantung (X_8)	0.878311	2.406831	3.572	0.000354***

Dari hasil pemodelan ini, ditemukan bahwa variabel umur, anemia, dan fraksi ejeksi jantung memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko kematian pasien karena memiliki nilai $p_{value} < 0.05$. Sementara itu, variabel lainnya seperti jenis kelamin, perokok, diabetes, hipertensi, dan trombosit tidak berpengaruh signifikan terhadap risiko kematian pasien.

Model *Cox Proportional Hazard Regression* yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(0.854407X_1 + 0.002804X_2 - 0.015003X_3 - 0.034296X_4 + 0.533737X_5 + 0.423749X_6 + 0.716322X_7 + 0.878311X_8)$$

4. PEMBAHASAN

Hasil pemodelan *Cox Proportional Hazards* menunjukkan bahwa beberapa faktor klinis memberikan pengaruh yang berbeda terhadap risiko kematian pasien gagal jantung. Variabel usia terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap risiko kematian, dengan nilai *Hazard Ratio* (HR) sebesar 2.349982. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa pasien yang berusia ≥ 70 tahun memiliki risiko kematian sekitar 135% lebih tinggi dibandingkan pasien yang berusia di bawah 70 tahun. Pengaruh usia ini juga signifikan secara statistik dengan nilai p-value = 0.000090. Hasil tersebut mendukung temuan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa peningkatan usia berhubungan dengan penurunan fungsi fisiologis tubuh serta kualitas hidup, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap kejadian fatal pada pasien gagal jantung (Wiratama & Alvina, 2025). Sementara itu, variabel jenis kelamin memiliki HR sebesar 1.002808, yang mengindikasikan bahwa laki-laki hanya memiliki risiko kematian 0.28% lebih tinggi dibandingkan perempuan, namun hasil ini tidak signifikan ($p = 0.990653$). Variabel perokok juga tidak signifikan ($p = 0.951255$) dengan koefisien negatif dan HR sebesar 0.985109, menunjukkan bahwa perokok memiliki risiko kematian 1.49% lebih rendah dibandingkan non-perokok, meskipun perbedaan ini tidak bermakna secara statistik. Kondisi diabetes memiliki pola serupa, dengan HR sebesar 0.966285 dan risiko kematian 3.37% lebih rendah pada pasien diabetes, tetapi hasilnya tetap tidak signifikan ($p = 0.874243$).

Sebaliknya, variabel anemia Terbukti berpengaruh signifikan terhadap risiko kematian dengan koefisien bernilai positif dan *Hazard Ratio* (HR) sebesar 1.705293. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pasien yang mengalami anemia memiliki risiko kematian sekitar 70.53% lebih tinggi dibandingkan pasien yang tidak mengalami anemia (p -value = 0.011004). Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa anemia merupakan salah satu faktor prognostik penting yang dapat memperburuk kondisi pasien serta meningkatkan risiko kematian pada penderita gagal jantung. (Irma & Cholifatul, 2024). Variabel hipertensi juga menunjukkan peningkatan risiko kematian sebesar 52.77% ($HR = 1.527678$), meskipun hasil ini berada sedikit di atas batas signifikansi ($p = 0.052413$), sehingga secara statistik tidak dapat dinyatakan signifikan pada $\alpha = 0.05$. Hasil ini berbeda dengan uji Log-Rank pada Tabel 3, variabel hipertensi berpengaruh signifikan terhadap waktu survival pasien gagal jantung ($p = 0,036$). Namun, pada model *Cox Proportional Hazard Regression* pada Tabel 6, pengaruh hipertensi tidak lagi signifikan ($p = 0,052413$). Perbedaan hasil antara analisis bivariat dan multivariat ini mengindikasikan adanya faktor pengacau dari variabel lain yang dianalisis secara simultan dalam model, terutama usia dan fraksi ejeksi jantung. Secara klinis, hipertensi kronis menyebabkan peningkatan beban kerja jantung (*afterload*) yang memaksa jantung harus bekerja lebih keras untuk mengalirkan darah ke seluruh tubuh. Kondisi tersebut dapat memicu hipertrofi ventrikel kiri dan menyebabkan penurunan fungsi jantung secara bertahap hingga berkembang menjadi disfungsi sistolik maupun diastolik yang berkontribusi terhadap terjadinya gagal jantung (Ismaya et al., 2026). Oleh karena itu, ketika variabel fraksi ejeksi jantung dimasukkan ke dalam model multivariat, sebagian pengaruh hipertensi terhadap mortalitas kemungkinan telah dijelaskan oleh variabel tersebut karena fraksi ejeksi secara langsung mencerminkan fungsi pompa jantung pasien. Selain itu, hipertensi juga lebih sering ditemukan pada kelompok usia lanjut yang memiliki

risiko mortalitas lebih tinggi. Dengan demikian, setelah pengaruh usia dan fraksi ejeksi dikendalikan dalam model Cox, kontribusi independen hipertensi terhadap risiko kematian menjadi berkurang sehingga tidak lagi menunjukkan signifikansi statistik. Selanjutnya Jumlah trombosit yang rendah memberikan peningkatan risiko sebesar 104.69% (HR = 2.046891), tetapi hasilnya juga tidak signifikan ($p = 0.134793$). Meskipun nilai *Hazard Ratio* menunjukkan adanya peningkatan risiko kematian pada pasien dengan trombosit rendah, hasil ini dapat dipengaruhi oleh ketimpangan jumlah sampel antar kelompok, di mana hanya 8 pasien (2,7%) yang memiliki jumlah trombosit $<100.000/\mu\text{L}$, sedangkan sebagian besar pasien berada pada kelompok trombosit $\geq 100.000/\mu\text{L}$. Ketimpangan jumlah sampel tersebut berpotensi menurunkan kekuatan statistik penelitian sehingga hubungan antara trombosit rendah dan risiko kematian tidak dapat dibuktikan secara signifikan, meskipun besarnya nilai *Hazard Ratio* menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan risiko yang secara klinis. Variabel terakhir yang berpengaruh signifikan adalah fraksi ejeksi jantung, di mana pasien dengan fraksi ejeksi $<40\%$ memiliki risiko kematian 140.68% lebih tinggi dibandingkan pasien dengan fraksi ejeksi normal, dan hasil ini sangat signifikan (HR = 2.406831; $p = 0.000354$). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa fraksi ejeksi rendah merupakan indikator kuat terhadap memburuknya prognosis dan meningkatnya risiko kematian pada pasien gagal jantung (Irma & Cholifatul, 2024).

Secara keseluruhan, hanya usia ≥ 70 tahun, kondisi anemia, dan fraksi ejeksi $<40\%$ yang terbukti berpengaruh signifikan terhadap risiko kematian, sedangkan variabel lainnya tidak menunjukkan pengaruh yang bermakna secara statistik meskipun beberapa di antaranya menunjukkan kecenderungan peningkatan risiko. Temuan ini menegaskan pentingnya faktor usia, status hematologi, dan fungsi jantung dalam menentukan prognosis pasien gagal jantung, serta sejalan dengan literatur sebelumnya yang menyoroti tiga aspek tersebut sebagai indikator klinis utama dalam penilaian risiko.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap risiko kematian pada pasien gagal jantung dengan menggunakan data *Heart Failure Clinical Records* dan model *Cox Proportional Hazards*. Berdasarkan hasil analisis deskriptif dan Kaplan–Meier, terlihat bahwa beberapa kelompok pasien menunjukkan peluang bertahan hidup yang berbeda, terutama pada kelompok usia lanjut, pasien dengan hipertensi, dan pasien dengan fraksi ejeksi jantung yang rendah. Sementara itu, kelompok lain cenderung memiliki pola ketahanan hidup yang serupa. Pemodelan Cox menunjukkan hanya ada tiga variabel yang benar-benar berpengaruh signifikan terhadap risiko kematian pasien gagal jantung, yaitu usia ≥ 70 tahun, kondisi anemia, dan fraksi ejeksi jantung $< 40\%$. Penelitian ini juga menghasilkan gambaran model survival yang valid melalui analisis Kaplan–Meier, pengujian asumsi *proportional hazard*, dan pemodelan Cox sehingga dapat digunakan sebagai dasar penilaian risiko pada pasien gagal jantung. Ketiga faktor ini berkaitan langsung dengan kemampuan tubuh dan jantung dalam mempertahankan fungsi vital, sehingga meningkatnya risiko kematian pada pasien dengan kondisi tersebut menjadi hal yang konsisten secara klinis. Variabel lain seperti jenis kelamin, perokok, diabetes, hipertensi, dan jumlah trombosit tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan meskipun beberapa di antaranya terlihat berbeda pada analisis awal. Selain itu, seluruh variabel memenuhi asumsi *proportional hazard*, sehingga hasil pemodelan dapat dianggap valid dan dapat digunakan untuk interpretasi. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi fisik pasien dan kapasitas fungsi jantung merupakan penentu utama risiko mortalitas pada pasien gagal jantung, serta memberikan gambaran penting bagi penilaian risiko pada kelompok pasien serupa.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini, disarankan agar tenaga kesehatan memberikan perhatian dan pemantauan yang lebih intensif kepada pasien gagal jantung yang berusia ≥ 70 tahun, mengalami anemia, atau memiliki fraksi ejeksi jantung $<40\%$ karena ketiga faktor tersebut terbukti meningkatkan risiko kematian secara signifikan. Upaya penanganan yang berfokus pada pengendalian anemia dan optimalisasi fungsi jantung perlu dilakukan secara berkelanjutan untuk menurunkan risiko mortalitas pada kelompok pasien berisiko tinggi. Selain pendekatan klinis di rumah sakit, upaya pencegahan sekunder dan tersier juga perlu diperkuat melalui layanan kesehatan primer, seperti Puskesmas, dengan melakukan skrining dan pemantauan kondisi anemia secara berkala pada pasien gagal jantung, khususnya kelompok lanjut usia. Edukasi mengenai kepatuhan pengobatan, pengendalian faktor risiko, serta pengenalan tanda-tanda perburukan penyakit juga perlu ditingkatkan melalui program pengelolaan penyakit kronis, seperti Prolanis, sehingga pasien dapat mempertahankan kondisi kesehatan yang lebih stabil dan mengurangi risiko komplikasi. Keterlibatan keluarga dalam mendukung kepatuhan terapi dan kontrol kesehatan rutin juga penting untuk meningkatkan keberhasilan pengelolaan penyakit jangka panjang. Penelitian selanjutnya diharapkan mencakup jumlah sampel yang lebih besar, serta periode observasi yang lebih lama, serta penambahan variabel klinis maupun sosial-demografis agar diperoleh model survival yang lebih komprehensif dan memiliki kemampuan prediksi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaludin, A., Hakim, R. N., & Arifin, S. (2026). RAGAM: Journal of Statistics and Its Application. *RAGAM: Journal of Statistics and Its Application*, 05, 1–18. Retrieved from <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/ragam/article/view/18041/9467>
- Azzahro, N. N., & Anggraini, D. (2025). Survival Analysis of Chronic Kidney Disease (CKD) Patients Undergoing Hemodialysis at RSUD Ratu Zalecha Martapura. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 22(1), 159–177. <https://doi.org/10.20956/j.v22i1.44666>
- Collet, D. (2023). Modelling Survival Data in Medical Research. In D. Collet (Ed.), *Modelling Survival Data in Medical Research* (4th ed.). London: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429258473>
- Gunawan, Y. E. S., Sitio, R., Kusumawati., H., Sangadji, F., Deliana, M., Sasmita, Y., ... Aziza, W. (2024). *Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah Untuk Mahasiswa Keperawatan* (1st ed.). Jakarta: Penerbit Nuansa Fajar Cemerlang Jakarta. Retrieved from <https://books.google.co.id/books?id=3m6JEQAAQBAJ>
- Hasanah, D. Y., Zulkarnain, E., Arifianto, H., Sasmaya, H., & Suciadi, L. P. (2023). Pedoman Tatalaksana Gagal Jantung. In *In Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia (Ketiga)*. (3rd ed.). Indonesia: Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia. Retrieved from <https://inahfcarmet.org/wp-content/uploads/2023/07/Pedoman-Tatalaksana-Gagal-Jantung-.pdf>
- Irma, A., & Cholifatul, I. N. (2024). Medical Record Analysis to Predict Heart Failure Patient Survival Using Data Mining. *Jurnal Manajemen Informasi Kesehatan (Health Information Management)*, 9(1), 10–21. <https://doi.org/10.51851/jmis.v9i1.468>
- Ismaya, R. R., Kusumah, C., Akbar, I. B., Septriana, D., Dokter, P. P., Kedokteran, F., & Bandung, U. I. (2026). Hubungan Riwayat Hipertensi dengan Kejadian Gagal Jantung Kongestif di RSUD dr. Slamet Garut Tahun 2024. 1037–1044. Bandung: Bandung Conference Series: Medical Science. <https://doi.org/10.29313/bcsms.v6i1.22465>
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival Analysis*. New York, NY: Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6646-9>
- Maharani, R., Rusyada, U., & Arifin, S. (2026). Model cox proportional hazard untuk mengidentifikasi faktor risiko kematian pada pasien primary biliary cirrhosis. 15, 176–187. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.15.1.176-187>
- Manzano, L., Babalis, D., Roughton, M., Shibata, M., Anker, S. D., Ghio, S., ... Flather, M. D. (2011). Predictors of clinical outcomes in elderly patients with heart failure. *European Journal of Heart Failure*, 13(5), 528–536. <https://doi.org/10.1093/eurjhf/hfr030>
- Mojadidi, M. K., Galeas, J. N., Goodman-Meza, D., Eshtehardi, P., Msaouel, P., Kelesidis, I., ... Zolty, R. (2016). Thrombocytopaenia as a Prognostic Indicator in Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *Heart Lung and Circulation*, 25(6), 568–575. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2015.11.010>
- Nursita, H., & Pratiwi, A. (2020). Peningkatan Kualitas Hidup pada Pasien Gagal Jantung: A Narrative Review Article (Improved Quality of Life in Heart Failure Patients: A Narrative Review Article). *Jurnal Berita Ilmu Keperawatan*, 13(1), 10–21. <https://doi.org/10.23917/bik.v13i1.11916>
- Prabawati, S., Nasution, Y. N., & Wahyuningsih, S. (2018). Analisis Survival Data Kejadian Bersama dengan Pendekatan Efron Partial Likelihood (Studi Kasus: Lama Masa Studi Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman Angkatan 2011). *Jurnal Eksponensial*, 9(1), 75–84. Retrieved from <https://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/exponensial/en/article/view/278/130>
- Pratama, D. A., Nasution, S. A., Muhadi, Mansjoer, A., Alwi, I., Purnamasari, D., ... Tahapary, D. L. (2024). Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kualitas Hidup Pasien Gagal Jantung Kronik Fraksi Ejeksi Terjaga (HFpEF) Rawat Jalan di RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 11(1). <https://doi.org/10.7454/jpdi.v11i1.1553>
- Rahmawan, D. M., Haliza, D. N., Arifin, S., & Asianingrum, A. H. (2026). MODEL SURVIVAL HIDUP PASIEN KANKER MATA MENGGUNAKAN METODE KAPLAN-MEIER DAN REGRESI COX. 20(1), 11–25. Retrieved from <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/epsilon/article/view/18032/pdf>
- Reyes, E. B., Ha, J. W., Firdaus, I., Ghazi, A. M., Phrommintikul, A., Sim, D., ... Cowie, M. R. (2016, November 15). Heart failure across Asia: Same healthcare burden but differences in organization of care. *International Journal of Cardiology*, Vol. 223, pp. 163–167. Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.07.256>
- Siswanto, B. B., Pratikno, R. S., Lubis, A. R., Putrinarita, A. D., Lubis, A. C., Indradew, T., ... Suciadi, L. P. (2023). Farmakoterapi pada Gagal Jantung PT. *Scifintech Andrew Wijaya Farmakoterapi pada Gagal Jantung ii*. Jakarta: PT. Scifintech Andrew Wijaya.
- Sukarma, M., & Anggraini, M. P. (2023). Analisis Kurva Survival Kaplan Meier Pada Pasien Penyakit Jantung Koroner (PJK) dengan Dua Treatment Menggunakan Uji Log Rank. *Indonesian Council of Premier Statistical Science*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.24014/icopss.v2i1.25326>
- Suryadi, S., Solikin, S., & Uni, U. (2024). ANALISA FAKTOR RISIKO KOMPLIKASI GAGAL JANTUNG PADA PASIEN HIPERTENSI DI RSUD ULIN BANJARMASIN. *JURNAL KEPERAWATAN SUKA INSAN (JKSI)*, 9(2), 142–148. <https://doi.org/10.51143/jksi.v9i2.708>

Wiratama, F. F., & Alvina. (2025). HUBUNGAN USIA DAN JENIS KELAMIN DENGAN KUALITAS HIDUP PASIEN GAGAL JANTUNG. *Jurnal Akta Trimedika*, 2(2), 685–694.
<https://doi.org/https://doi.org/10.25105/aktatrimedika.v2i2.22319>