

Survival Analysis of Heart Failure Patients Using the Cox Proportional Hazard Model And Weibull Regression

Rahmika Alya, Sri Wahyuni, Bunga Miftahul Barokah, Azizah Apriyerni, Tessy Octavia Mukhti*

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: tessyoctaviam@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 13 Februari 2025

Revised : 27 Mei 2025

Accepted : 30 Mei 2025

ABSTRACT

Cardiovascular disease is the leading cause of death globally, claiming around 17,9 million lives each year, accounting for 31% of all deaths worldwide. Heart failure is a common event caused by cardiovascular disease. Heart failure is one of the principal health issues with excessive mortality and morbidity costs. Heart failure is the main reason of mortality worldwide. This study aims to analyze the factors influencing the survival of heart failure patients using the Cox proportional hazard (PH) model and the Weibull regression. The main purpose of this study is to provide information on the causes of heart failure deaths and what effects occur when having heart disease. It is hoped that the results of this study can provide the general public to be more careful in order to prevent heart failure disease. The data used are secondary data from Kaggle consisting of 299 patients with the variables anemia, diabetes, hypertension, gender and smoking status. The analysis showed that only hypertension significantly increased the risk of events in both models, whereas other variables were not statistically significant. The selection of the best model is based on the assumptions of proportional hazard, flexibility, and Akaike information criterion (AIC) values. The Cox-PH model was chosen as the model of choice because it is more flexible and does not require certain fundamental assumptions regarding risk distribution. This study provides important insight into the risk factors that influence the prognosis of heart failure patients.

Keywords: Cox Proportional Hazard, Heart Failure, Risk Factors, Regresi Weibull, Survival Analysis.



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Penyakit *cardiovascular* merupakan penyakit dengan kematian tertinggi secara global, setiap tahunnya merenggut kurang lebih sebanyak 17,9 juta jiwa, atau menyebabkan sekitar 31% dari total kematian secara global. Gagal jantung merupakan kejadian umum yang disebabkan oleh penyakit *cardiovascular*. Salah satu permasalahan kesehatan yang tingkat kematian dan kejadian disebabkan oleh penyakit tertentu tertinggi disebabkan oleh gagal jantung, baik di negara berkembang salah satunya Indonesia dan negara maju. Kejadian gagal jantung di berbagai negara Asia pada umumnya hampir sama dengan negara di Eropa yaitu sebesar 1-3%, tetapi yang di laporkan Indonesia melebihi 5% (Reyes et al., 2016).

Menurut WHO penyakit gagal jantung meningkat di dunia disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingginya prevalensi merokok, kelebihan berat badan, diabetes, dan kadar lemak yang abnormal (Hasanah et al., 2023). Seorang dengan riwayat gagal jantung kerap mengalami kesulitan dalam aktivitas sehari-hari, yang dapat membuat mereka lebih mudah mengalami depresi, stress, kecemasan, serta sulit dalam mengelola emosinya. Selain itu, kekhawatiran mengenai biaya pengobatan, prognosis penyakitnya, dan durasi pemulihan juga dapat berdampak pada penurunan kualitas hidup mereka (Purnamawati et al., 2018). Faktor yang mempengaruhi kualitas hidup diantaranya seperti pekerjaan, umur, pendidikan, jenis kelamin, tingkat keparahan gagal jantung, resiko kematian, serta kondisi kesehatan mental. Gagal jantung juga dapat menyebabkan berbagai gejala baik secara fisik seperti sesak napas, kelelahan, kehilangan nafsu makan, dan pembengkakan, dan secara psikologis kualitas tidur dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti depresi dan kecemasan (Wang et al., 2016).

Berbagai penelitian yang dilakukan sebelumnya menemukan bahwa ada beberapa faktor yang berhubungan dengan kematian yang disebabkan oleh gagal jantung. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di RSUD Ulin

Banjarmasin, di dapatkan bahwa faktor yang berhubungan dengan komplikasi gagal jantung adalah hipertensi (Suryadi et al., 2024). Selain itu penelitian sebelumnya juga dilakukan di RSUD dr. R. Goeteng Taroenadibrata Purbalingga, dan di dapatkan bahwa anemia, denyut jantung, dan trombositopenia mempengaruhi resiko kematian pasien gagal jantung (Prahasti & Fauzi, 2021). Melihat terdapat berbagai faktor yang ditemukan mempengaruhi resiko kematian pada pasien gagal jantung, diperlukan analisis yang tepat untuk mengkaji berapa lama pasien dapat bertahan hidup sejak didiagnosis hingga terjadinya peristiwa seperti kematian.

Metode statistika yang digunakan untuk mengkaji ketahanan hidup berdasarkan waktu adalah *Analisis survival*, mulai dari titik awal waktu yang telah di tetapkan dalam penelitian ini hingga titik akhir waktu penelitian. Sehingga analisis ini memerlukan data mengenai kelangsungan hidup individu. Peristiwa yang diamati Kejadian yang terjadi (*failure event*) bisa berupa kematian, penyakit, atau respon terhadap suatu perlakuan dalam penelitian yang menjadi focus peneliti (Kleinbaum & Klein, 2005).

Dalam statistika *Analisis survival* digunakan untuk menganalisis data berdasarkan rentang waktu hingga terjadinya suatu peristiwa. Variabel yang digunakan dalam metode ini adalah waktu kelangsungan hidup, di mana bentuk kegagalan dikategorikan sebagai kejadian seperti kematian. Berdasarkan hal tersebut, dalam analisis survival sering digunakan regresi *cox proportional hazard* untuk memodelkan faktor resiko (Klein & Moeschberger, 2003). Keunggulan dari regresi *cox proportional hazard* adalah tidak perlu adanya asumsi mengenai distribusi pada waktu hingga terjadi suatu kejadian. Beberapa variabel yang mungkin digunakan dalam model ini seperti variabel independen pada satu analisis untuk menilai dampaknya terhadap waktu kejadian. Setiap variabel independen dari estimasi *hazard ratio* pada saat waktu tertentu memberikan wawasan tentang pengaruh dari variabel tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mengkaji model regresi Weibull dan regresi Cox-PH untuk memprediksi risiko atau kematian akibat gagal jantung. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berfokus pada “Analisis Survival Pasien Penyakit Jantung dengan Menggunakan Model *Cox Proportional Hazard* dan Regresi *Weibull*.” Tujuan utama penelitian ini adalah untuk memberikan informasi penyebab kematian gagal jantung dan apa efek yang terjadi Ketika mempunyai penyakit jantung. Harapan hasil penelitian ini dapat memberikan kepada Masyarakat umum untuk lebih berhati-hati agar mencegah penyakit gagal jantung.

II. METODE PENELITIAN

A. Sumber Data dan Variabel Penelitian

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder dari kaggle (<https://www.kaggle.com/datasets/andrewmvd/heart-failure-clinical-data/data>). Data yang di gunakan adalah data *Heart Failure Prediction*. Pada penelitian ini akan menggunakan dua variabel yaitu variabel pertama ssebagai X dan variabel kedua sebagai Y.

Tabel 1. Variabel Penelitian

	Variabel	Skala Pengukuran	Keterangan
X_1	Anemia	Kategorik	0. Tidak 1. Ya
X_2	Diabetes	Kategorik	0. Tidak 1. Ya
X_3	Hipertensi	Kategorik	0. Tidak 1. Ya
X_4	Jenis Kelamin	Kategorik	0. Tidak 1. Ya
X_5	Merokok	Kategorik	0. Tidak 1. Ya
Y_1	Time	Numerik	Hari
Y_2	Event	Kategorik	0. Sensor 1. Terjadi

B. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan bantuan perangkat lunak *Rstudio*, dan langkah-langkah dalam analisis data menggunakan Regresi *Proportional Hazard* dan Regresi *Weibull* ialah sebagai berikut :

1. Kurva *Kaplan-Meier* dan Uji *Log Rank*

Berdasarkan Kleinbaum dan Klein (2005), metode yang digunakan dalam menafsirkan fungsi survival adalah metode analisis *Kaplan-Meier*. Berikut ini adalah yang digunakan dalam persamaan umum fungsi survival dalam pembentukan kurva *Kaplan-meier*.

$$S(t) = P(T \geq t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (1)$$

$$f(t) = -\frac{d(S(t))}{dt} = -S'(t) \quad (2)$$

Hasil dari kurva *Kaplan Meier* yang dihasilkan, kemudian menggunakan uji *log rank* akan dilakukan analisis untuk melihat apakah ada perbedaan antara kelompok tertentu. Uji ini digunakan untuk melihat perbandingan kurva survival dari beberapa kelompok yang berbeda. Dalam uji *Log Rank* digunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 = Antar kurva survival Tidak terdapat perbedaan

H_0 = Setidaknya pada kurva survival ada satu yang berbeda secara signifikan

Taraf Signifikansi : $\alpha = 5\%$

Dalam uji *Log Rank* digunakan statistik uji sebagai berikut:

$$\text{Log-rank statistics} = \frac{(O_i - E_i)^2}{V_i} ; i = 1, 2, \dots, G \quad (3)$$

Dengan,

$$O_i - E_i = \sum_{j=1}^n (m_{ij} - e_{ij}) \quad (4)$$

$$e_{ij} = \left(\frac{n_{ij}}{\sum_{i=1}^G n_{ij}} \right) \left(\sum_{i=1}^G m_{ij} \right) \quad (5)$$

Keterangan :

m_{ij} = Banyaknya kegagalan pada subjek di kelompok ke-i pada waktu t(j)

n_{ij} = Banyaknya subjek dalam kelompok ke-i yang memiliki resiko langsung mengalami kegagalan sebelum waktu t(j)

e_{ij} = Ekspektasi nilai pada waktu t(j) dalam kelompok ke-i

Kriteria Keputusan :

Tolak hipotesis H_0 apabila *Log Rank statistics* atau $X^2_{hitung} > X^2_{a,df}$ dengan nilai dari p-value < alfa atau derajat bebas sama dengan 1

2. Model *Cox Proportional Hazard*

Menurut Collett (2004), model *Cox Proportional Hazard* dipakai untuk melihat apakah ada keterkaitan antar variabel independent dan variabel dependen, pada regresi Cox-PH data yang dipakai yaitu data durasi ketahanan hidup dari seseorang ataupun dari individu lainnya. Berikut merupakan model regresi *Cox Proportional Hazards* (Collett, 2004).

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p) \quad (6)$$

Dengan:

$h_0(t)$ = fungsi *hazard* dasar

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ = nilai parameter dalam regresi

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$ = nilai dari variabel independen $X_1, X_2, \dots, X_p$

3. Estimasi Parameter

Estimasi parameter model survival parametrik dapat dilakukan menggunakan *Partial Likelihood*. Secara umum estimasi nilai parameter β dalam fungsi *partial likelihood* dapat di tulis sebagai berikut:

$$L(\beta) = \prod_{i \in D} \frac{\exp(\beta X_i)}{\sum_{i \in R_k} (\beta X_i)} \quad (7)$$

Dengan:

- $L(\beta)$ = Estimasi maksimum untuk parameter β
- β = Parameter yang ingin diestimasi pada model regresi
- X_i = Variabel bebas atau independen dalam model
- D = Kumpulan dari k yang menunjukkan terjadinya suatu kejadian
- R_k = Kumpulan individu yang masih beresiko mengalami kejadian pada waktu tertentu

4. Asumsi Proportional Hazard

Asumsi *proportional hazard* menyatakan bahwa rasio *hazard* tetap konstan terhadap waktu. Asumsi pada *proportional hazard* adalah syarat yang perlu terpenuhi dalam analisis regresi Cox-PH. Asumsi pada *proportional hazard* dianggap terpenuhi jika resiko kegagalan antara satu pengamatan dengan pengamatan lainnya tetap stabil sepanjang periode pengamatan. Untuk mengevaluasi asumsi *proportional hazard* dapat digunakan salah satu pendekatan yaitu uji goodness of fit (GOF) dengan menggunakan uji statistik atau penduga *p-value*.

Kriteria Keputusan:

Hipotesis H_0 ditolak apabila X^2_{hitung} lebih besar dari $X^2_{a,df}$ atau $p - value < \alpha$.

5. Persamaan Model Regresi Weibull

Weibull adalah model survival parametrik yang sering digunakan. Distribusi *Weibull* adalah salah satu dari distribusi dengan berperan dalam menganalisis data ketahanan hidup atau data survival. Distribusi ini adalah pengembangan dari suatu distribusi eksponensial dan awalnya juga digunakan untuk menganalisis ketahanan serta kekuatan pada material. Berikut merupakan fungsi *hazard* pada model regresi weibull:

$$h(t) = \lambda p t^{p-1} \text{ dimana ; } \lambda \text{ dan } p > 0 \quad (8)$$

Fungsi survival pada model *Weibull* sebagai berikut:

$$S(t) = \exp(-\lambda t^p) \quad (9)$$

6. Uji Signifikansi Parameter

Uji signifikansi parameter dan uji *wald* dapat dilakukan secara bersama. Uji signifikansi parameter dapat digunakan untuk melihat apakah terdapat hubungan antara parameter dalam model. Hipotesis yang digunakan sebagai berikut:

Hipotesis

$H_0 = \beta_j = 0$ (variabel prediktor ke-j tidak memiliki pengaruh yang signifikan)

$H_0 = \beta_j \neq 0$ (variabel prediktor ke-j memiliki pengaruh yang signifikan)

Taraf nyata: $\alpha = 0,05$

Statistik Uji: Uji *Wald*

$$Wp = \left[\frac{\beta_j}{se(\beta_j)} \right]^2 \quad (10)$$

Kriteria uji

Tolak H_0 jika $Wp_{hitung} > X^2_{a,df}$ atau $P-value < \alpha$

7. Model Terbaik

Metode *Akaike info Criterion* (AIC) adalah Teknik yang digunakan ketika memilih model regresi terbaik. Metode tersebut didasarkan pada pendekatan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Rumus AIC dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$AIC = 2 \ln \hat{L} + 2k \quad (11)$$

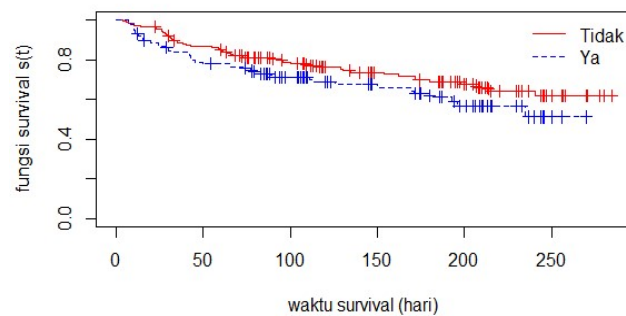
$\hat{L}$ = nilai *Likelihood*

k = banyaknya parameter regresi β

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kurva Kaplan-Meier dan Uji Log Rank

1. Anemia



Gambar 1. Kurva KM Anemia

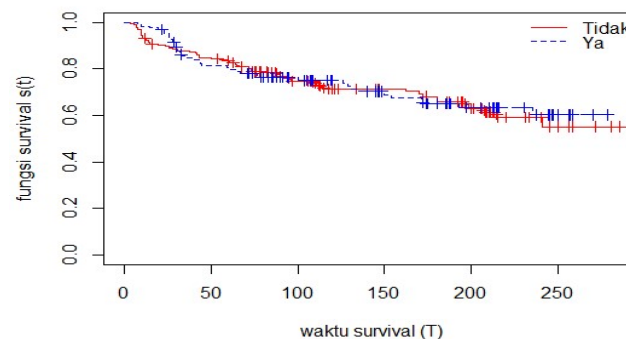
Berdasarkan Gambar 1 warna merah menunjukkan pasien yang tidak mengidap anemia, sedangkan untuk warna biru pasien mengidap anemia. Terlihat bahwa pasien dengan tidak mengidap anemia mempunyai waktu kelangsungan hidup yang lebih lama daripada pasien yang mengidap anemia.

Tabel 1. Uji *Log Rank* Anemia

	Kelompok		P-value
	Anemia = 0	Anemia = 1	
Jumlah Pengamatan	170	129	
Pengamatan Diamati	50	46	
Pengamatan Diharapkan	57.9	38.1	0.1
$(O - E)^2 / E$	1.07	1.63	
$(O - E)^2 / V$	2.73	2.73	

Berdasarkan tabel 2 uji log rank anemia nilai *p-value* sebesar 0.1 menunjukkan tidak terdapat perbedaan fungsi survival yang signifikan antar kelompok yang menderita anemia dan yang tidak menderita anemia .

2. Diabetes



Gambar 1. Kurva KM Diabetes

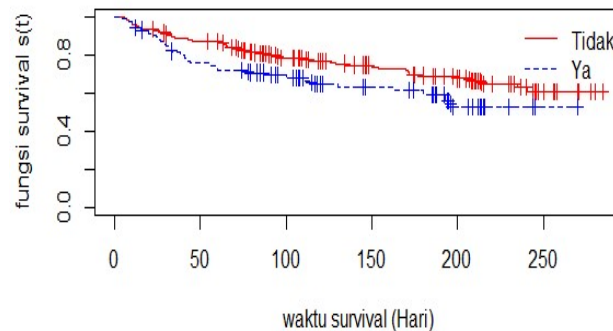
Berdasarkan Gambar 2 warna merah menunjukkan pasien tanpa riwayat diabetes, sedangkan warna biru pasien dengan riwayat diabetes. Terlihat bahwa waktu bertahan hidup antara pasien dengan riwayat diabetes dan tanpa riwayat diabetes tidak terlalu jauh.

Tabel 2. Uji Log Rank Diabetes

	Kelompok		P-Value
	Diabetes = 0	Diabetes = 1	
Jumlah Pengamatan	174	125	
Pengamatan Diamati	56	40	
Pengamatan Diharapkan	55	41	0.8
$(O - E)^2/E$	0.0172	0.0231	
$(O - E)^2/V$	0.0405	0.0405	

Berdasarkan tabel 3 *p-value* sebesar 0.8 menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan dalam fungsi survival antar pasien yang terdapat riwayat penyakit diabetes dengan pasien yang tidak menderita diabetes.

3. Hipertensi



Gambar 2. Kurva KM Hipertensi

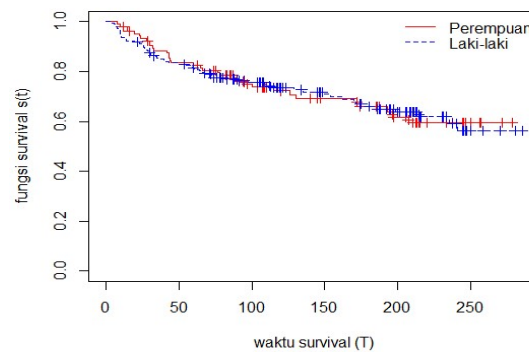
Berdasarkan Gambar 3 warna merah menunjukkan pasien yang tidak memiliki riwayat hipertensi, sedangkan warna biru menunjukkan pasien dengan riwayat hipertensi. Terlihat bahwa pasien yang tidak memiliki riwayat hipertensi menunjukkan waktu bertahan hidup yang lebih lama daripada pasien yang memiliki riwayat hipertensi.

Tabel 3. Uji Log Rank Hipertensi

	Kelompok		P-Value
	Hipertensi = 0	Hipertensi = 1	
Jumlah Pengamatan	194	105	
Pengamatan Diamati	57	39	
Pengamatan Diharapkan	66.4	29.6	0.04
$(O - E)^2/E$	1.34	3.00	
$(O - E)^2/V$	4.41	4.41	

Berdasarkan tabel 4 *p-value* sebesar 0.04 menunjukkan adanya perbedaan fungsi survival antara pasien yang menderita hipertensi atau pasien dengan tidak menderita hipertensi.

4. Jenis Kelamin



Gambar 4. Kurva KM Jenis Kelamin

Berdasarkan Gambar 4 warna merah menunjukkan jenis kelamin perempuan, sedangkan warna biru jenis kelamin laki-laki. Terlihat bahwa waktu bertahan hidup antara pasien laki-laki dan pasien perempuan hampir sama.

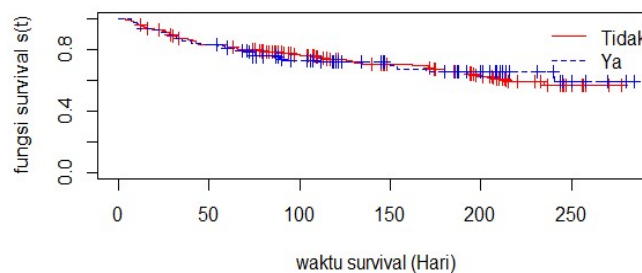
Tabel 5. Uji Log Rank Berdasarkan Jenis Kelamin

	Kelompok		P-Value
	Jenis Kelamin=0	Jenis Kelamin=1	
Jumlah Pengamatan	105	194	
Pengamatan Diamati	34	62	
Pengamatan Diharapkan	34.3	61.7	0.9
$(O - E)^2 / E$	0.00254	0.00141	
$(O - E)^2 / V$	0.00397	0.00397	

Berdasarkan Tabel 5 *p-value* sebesar 0.9 menunjukkan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dalam fungsi survival berdasarkan jenis kelamin.

5. Status Merokok

kurva KM menurut Merokok



Gambar 3. Kurva KM Status Merokok

Berdasarkan Gambar 5 warna merah menunjukkan pasien yang tidak merokok, sedangkan warna biru pasien yang merokok. Terlihat bahwa pasien yang tidak merokok dan merokok memiliki waktu bertahan hidup yang hampir sama.

Tabel 4. Uji Log Rank Merokok atau Tidak

	Kelompok		P-Value
	Merokok = 0	Merokok = 1	
Jumlah Pengamatan	203	96	
Pengamatan Diamati	66	30	

Pengamatan Diharapkan	65.8	30.2	1
$(O - E)^2/E$	0.00064	0.00139	
$(O - E)^2/V$	0.00204	0.00204	

Berdasarkan tabel 6 nilai P-Value sebesar 1 menunjukkan tidak adanya perbedaan fungsi survival antara pasien perokok dengan pasien yang tidak perokok.

B. Model Regresi Cox Proportional Hazard

Tabel 7. Model Regresi *Cox Proportional Hazard*

Variabel	Coef	Exp(coef)	z	p – value
Anemia (X_1)	0.33929	1.404	1.651	0.0988
Diabetes (X_2)	-0.03146	0.969	-0.149	0.8813
Hipertensi (X_3)	0.44189	1.556	2.093	0.0364
Jenis Kelamin (X_4)	0.05601	1.058	0.232	0.8164
Status Merokok (X_5)	0.02380	1.024	0.096	0.9238

Penelitian ini memiliki data observasi yang digunakan sebanyak 299 pasien penderita penyakit jantung dengan kejadian yang terjadi berjumlah 96 kematian pasien dan data sensor berjumlah 203. Berdasarkan tabel 7 hanya variabel hipertensi yang berpengaruh signifikan terhadap resiko kejadian karena memiliki $p - value < 0.05$, sedangkan untuk variabel lainnya tidak berpengaruh signifikan terhadap resiko kejadian.

Model *Cox Proportional Hazard* sebagai berikut:

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(0.33929X_1 - 0.03146X_2 + 0.44189X_3 + 0.05601X_4 + 0.02380X_5)$$

Hazard Ratio adalah perbandingan resiko kejadian antara dua kelompok pasien, *Hazard Ratio* merupakan $\exp(\text{coef})$. Berikut adalah hasilnya:

1. Anemia

Pada pasien anemia koefisien positif menunjukkan bahwa adanya anemia meningkatkan risiko kejadian dibandingkan pasien yang tidak anemia. Nilai *Hazard Ratio* sebesar 1.404 menunjukkan bahwa pasien penyakit jantung yang menderita anemia memiliki resiko kematian adalah 1.404 lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang tidak menderita anemia. Pada pasien anemia menghasilkan $p - value = 0.0988$ menunjukkan bahwa pengaruh tersebut secara statistik tidak signifikan pada taraf signifikan 5%.

2. Diabetes

Pada pasien diabetes menghasilkan koefisien negatif menunjukkan bahwa diabetes sedikit menurunkan risiko kejadian tetapi efeknya sangat kecil. Nilai *Hazard Ratio* sebesar 0.969 dengan $p - value = 0.8813$ menunjukkan bahwa pasien penderita diabetes tidak signifikan secara statistik.

3. Hipertensi

Pada pasien hipertensi koefisien positif menunjukkan bahwa hipertensi meningkatkan risiko kejadian. Nilai *Hazard Ratio* sebesar 1.556 menunjukkan bahwa pasien dengan hipertensi memiliki risiko 1.56 kali atau 56% lebih tinggi dibandingkan pasien tanpa hipertensi. Dengan $p - value = 0.0364$ menunjukkan bahwa pengaruh tersebut signifikan secara statistik.

4. Jenis Kelamin

Pada jenis kelamin menunjukkan koefisien positif dimana jenis kelamin tertentu sedikit meningkatkan risiko kejadian. Nilai *Hazard Ratio* sebesar 1.058 menunjukkan bahwa pasien penyakit jantung pada laki-laki memiliki kejadian 5.7% lebih tinggi dibandingkan pasien penyakit jantung pada perempuan. Dengan $p - value = 0.8164$ menunjukkan hasil tersebut tidak signifikan.

5. Status Merokok

Pada pasien merokok atau tidak menghasilkan koefisien positif menunjukkan bahwa status merokok sedikit meningkatkan risiko kejadian. Nilai *Hazard Ratio* sebesar 1.024 menunjukkan bahwa pasien penyakit jantung yang

merokok memiliki kejadian 2,4% lebih tinggi dibandingkan pasien jantung yang tidak merokok. Dengan $p - value = 0.9238$ menandakan bahwa hasil tidak signifikan.

C. Asumsi Cox Proportional Hazard

Tabel 5. Asumsi Cox Proportional Hazard

	χ^2	df	p
Anemia	0.4346	1	0.51
Diabetes	0.0173	1	0.90
Hipertensi	0.4137	1	0.52
Jenis Kelamin	0.8804	1	0.35
Status Merokok	0.7982	1	0.37
Global	2.3035	5	0.81

Berdasarkan nilai χ^2 sebesar 2.3035 dengan derajat bebas 5 dan $p - value$ $0.81 > 0.05$, sehingga tidak ada bukti pelanggaran asumsi *proportional hazard* secara keseluruhan untuk model. Asumsi *proportional hazard* berlaku untuk semua variabel dalam model.

D. Model Regresi Weibull

Tabel 6. Model Regresi Weibull

	Value	S_e	z	p
Intercept	6.5694	0.3223	20.38	<2e-16
Anemia	-0.40511	0.2409	-1.68	0.093
Diabetes	0.0312	0.2465	0.13	0.899
Hipertensi	-0.5423	0.2470	-2.19	0.028
Jenis Kelamin	-0.0569	0.2835	-0.20	0.841
Status Merokok	-0.0260	0.2921	-0.09	0.929
Log(scale)	0.1579	0.0921	1.71	0.086

Model Regresi *Weibull* sebagai berikut:

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(6.5694 - 0.4051X_1 + 0.0312X_2 - 0.5423X_3 - 0.0260X_4 + 0.1579X_5)$$

Pada pasien anemia menghasilkan $p - value = 0.093$, hubungan antara anemia dan risiko kejadian tidak signifikan pada tingkat 5%. Artinya ada indikasi bahwa anemia memengaruhi risiko, namun bukti statistiknya tidak cukup kuat untuk memastikan pada tingkat signifikansi 5%. Pada pasien diabetes menghasilkan $p - value = 0.899$, hubungan antara diabetes dan risiko kejadian tidak signifikan. Artinya tidak ada cukup bukti yang mendukung bahwa diabetes berpengaruh terhadap risiko kejadian. Pada pasien hipertensi menghasilkan $p - value = 0.028$, hubungan antara hipertensi dan risiko kejadian signifikan pada tingkat 5%. Artinya ada bukti statistik yang kuat bahwa hipertensi secara nyata meningkatkan risiko kejadian. Pada jenis kelamin pasien menghasilkan $p - value = 0.841$, hubungan antara jenis kelamin dan risiko kejadian tidak signifikan. Artinya jenis kelamin tidak memiliki efek terhadap risiko kejadian. Pada pasien merokok atau tidak menghasilkan $p - value = 0.929$, hubungan antara pasien merokok atau tidak dan risiko kejadian tidak signifikan. Artinya tidak ada cukup bukti bahwa status merokok berpengaruh terhadap risiko kejadian.

E. Model Terbaik

Tabel 10. Nilai AIC

Model	Nilai AIC
Cox Proportional Hazard	1021.418
Regresi Weibull	1347.338

Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat nilai AIC dari masing-masing model. Model *Cox Proportional Hazard* (Cox PH) menunjukkan nilai AIC yang lebih rendah dibandingkan dengan model regresi *weibull*. Artinya berdasarkan nilai AIC tersebut dapat kita simpulkan bahwa model terbaik yang dipilih adalah model Cox PH karena memiliki nilai AIC yang paling rendah. Berikut merupakan model dari Cox PH:

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(0.33929x_1 - 0.03146x_2 + 0.44189x_3 + 0.05601x_4 + 0.02380x_5)$$

Hal ini didasarkan pada pemenuhan asumsi proportional hazard, fleksibilitas model yang tidak memerlukan asumsi spesifik tentang bentuk distribusi baseline hazard dan kemampuan diskriminasi yang cukup baik dengan nilai concordance sebesar 0.583.

IV. KESIMPULAN

Model *Cox Proportional Hazard* (Cox PH) terpilih sebagai model terbaik berdasarkan nilai AIC dan pemeriksaan asumsi. Dari kedua model tersebut, hanya hipertensi yang ditemukan memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko kejadian, dimana dengan peningkatan risiko sebesar 56%. Faktor lain seperti anemia, diabetes, jenis kelamin, dan status merokok tidak mempengaruhi risiko secara signifikan. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting mengenai penanganan pasien gagal jantung serta pentingnya pengendalian hipertensi dalam mengurangi risiko mortalitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Collett, D. (2004). *Modelling Survival Data in Medical Research*. In *Modelling Survival Data in Medical Research* (Third Edit).
- Hasanah, D. Y., Zulkarnain, E., Arifianto, H., Sasmaya, H., & Suciadi, L. P. (2023). PEDOMAN TATA LAKSANA GAGAL JANTUNG. In *NBER Working Papers* (Edisi Ket). PERHIMPUNAN DOKTER SPESIALIS KARDIOVASKULAR INDONESIA.
- Klein, J. P., & Moeschberger, M. L. (2003). *Survival Analysis Techniques for Censored and Truncated Data* (2nd ed). Springer.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2005). *Survival analysis: A Self-Learning Text* (Second Edi). Springer.
- Prahasti, S. D., & Fauzi, L. (2021). Risiko Kematian Pasien Gagal Jantung Kongestif (GJK): Studi Kohort Retrospektif Berbasis Rumah Sakit. *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 1(3), 388–395. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/IJPHN>
- Purnamawati, D. A., Arofiati, F., & Relawati, A. (2018). Pengaruh Supportive-Educative System terhadap Kualitas Hidup pada Pasien Gagal Jantung. *Mutiara Medika: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 18(2). <https://doi.org/10.18196/mm.180213>
- Reyes, E. B., Ha, J. W., Firdaus, I., Ghazi, A. M., Phrommintikul, A., Sim, D., Vu, Q. N., Siu, C. W., Yin, W. H., & Cowie, M. R. (2016). Heart failure across Asia: Same healthcare burden but differences in organization of care. *International Journal of Cardiology*, 223, 163–167. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2016.07.256>
- Suryadi, Solikin, & Uni. (2024). *Analisa faktor risiko komplikasi gagal jantung pada pasien hipertensi di rsud ulin banjarmasin*. 9(2), 142–148.
- Wang, T. C., Huang, J. L., Ho, W. C., & Chiou, A. F. (2016). Dampak program asuhan keperawatan edukasional suportif terhadap kelelahan dan kualitas hidup pada pasien gagal jantung: Uji coba terkontrol acak. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 15(2). <https://doi.org/10.1177/1474515115618567>