

## ANALISIS RISIKO KEMATIAN PENDERITA HIV/AIDS MENGGUNAKAN MODEL SURVIVAL WEIBULL

Imas Wihdah Misshuari<sup>1</sup>, Ratri Wulandari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Trisakti

Email: [imaswihdah@trisakti.ac.id](mailto:imaswihdah@trisakti.ac.id)

<sup>2</sup>Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Tengah

Email: [ratri.wulandari@gmail.com](mailto:ratri.wulandari@gmail.com)

### ABSTRAK

HIV/AIDS merupakan penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan global karena jumlah kasus dan kematian yang cukup tinggi setiap tahun. Analisis survival digunakan untuk mempelajari waktu hingga terjadinya suatu kejadian, seperti kematian. Penelitian ini bertujuan menganalisis peluang bertahan hidup dan risiko kematian pada kasus HIV/AIDS menggunakan distribusi Weibull dengan pendekatan Bayesian. Data yang digunakan berupa jumlah kasus HIV, AIDS, dan kematian pada periode 2019–2023. Analisis dilakukan dengan metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) menggunakan perangkat lunak Python dan pustaka PyMC. Hasil estimasi menunjukkan nilai parameter shape sebesar 0,15 dan parameter scale sebesar 8,05. Nilai tersebut menunjukkan bahwa risiko kematian menurun seiring bertambahnya waktu. Fungsi survival menunjukkan peluang bertahan hidup yang menurun secara bertahap dari waktu ke waktu, dari nilai awal 1 menjadi sekitar 0,356 pada waktu ke-10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi Weibull dengan pendekatan Bayesian cukup baik digunakan untuk memodelkan data survival pada kasus HIV/AIDS.

*Kata Kunci:* HIV/AIDS; survival analysis; distribusi Weibull; Bayesian; hazard function

### ABSTRACT

HIV/AIDS is a contagious disease that remains a global health problem due to the high number of cases and deaths each year. Survival analysis is used to study the time until an event occurs, such as death. This study aims to analyze survival rates and mortality risks in HIV/AIDS cases using Weibull distribution with a Bayesian approach. The data used consisted of the number of HIV, AIDS, and death cases in the 2019–2023 period. The analysis was performed using the Markov Chain Monte Carlo (MCMC) method with Python software and the PyMC library. The estimation results showed a shape parameter value of 0.15 and a scale parameter value of 8.05. These values indicate that the risk of death decreases over time. The survival function shows a gradual decline in the probability of survival over time, from an initial value of 1 to approximately 0.356 at time 10. The results of the study indicate that the Weibull distribution with a Bayesian approach is quite suitable for modeling survival data in HIV/AIDS cases.

*Keywords:* HIV/AIDS; survival analysis; distribusi Weibull; Bayesian; hazard function

## **PENDAHULUAN**

HIV/AIDS merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi permasalahan kesehatan global hingga saat ini. Penyakit ini disebabkan oleh *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia sehingga penderita menjadi rentan terhadap berbagai infeksi dan penyakit lainnya. Tingginya jumlah kasus serta angka kematian akibat HIV/AIDS menjadikan penyakit ini sebagai salah satu masalah kesehatan masyarakat yang memerlukan perhatian serius. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu memberikan gambaran mengenai peluang bertahan hidup penderita serta tingkat risiko kematian dari waktu ke waktu.

Metode yang sering digunakan untuk menganalisis waktu hingga terjadinya suatu kejadian tertentu adalah analisis survival. Analisis survival merupakan metode statistik yang digunakan untuk mempelajari waktu hingga terjadinya suatu peristiwa seperti kematian, kegagalan sistem, atau kejadian lainnya. Metode ini banyak digunakan dalam bidang kesehatan karena mampu memberikan informasi mengenai peluang bertahan hidup individu serta tingkat risiko terjadinya suatu peristiwa pada waktu tertentu. Dua fungsi utama yang sering digunakan dalam analisis survival yaitu fungsi survival yang menggambarkan peluang individu bertahan hidup hingga waktu tertentu serta fungsi hazard yang menunjukkan tingkat risiko kejadian pada waktu tertentu.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan analisis survival dalam bidang kesehatan. Penelitian yang dilakukan oleh Kleinbaum dan Klein (2012) menyatakan bahwa analisis survival merupakan metode yang efektif untuk mempelajari pola kejadian dalam data waktu kejadian, khususnya dalam penelitian medis dan epidemiologi. Selain itu, penelitian oleh Lee dan Wang (2003) menunjukkan bahwa analisis survival dapat digunakan untuk memodelkan pola risiko kejadian pada berbagai kasus penyakit dengan menggunakan pendekatan parametrik maupun semiparametrik.

Salah satu distribusi parametrik yang sering digunakan dalam analisis survival adalah distribusi Weibull. Distribusi ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam memodelkan berbagai bentuk fungsi hazard sehingga sering digunakan dalam penelitian yang berkaitan dengan data waktu kejadian. Menurut Collett (2015), distribusi Weibull merupakan salah satu model parametrik yang paling umum digunakan dalam analisis survival karena mampu menggambarkan kondisi di mana tingkat risiko kejadian dapat meningkat maupun menurun terhadap waktu.

Beberapa penelitian juga telah menggunakan model Weibull dalam analisis survival pada bidang kesehatan. Penelitian yang dilakukan oleh Lawless (2003) menunjukkan bahwa model Weibull dapat memberikan estimasi parameter yang cukup baik dalam memodelkan data survival. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan model Weibull mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai pola survival serta tingkat risiko kejadian pada suatu populasi.

Meskipun berbagai penelitian mengenai analisis survival telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian tersebut menggunakan pendekatan klasik atau metode semiparametrik seperti model Cox. Penggunaan pendekatan Bayesian dalam model Weibull masih relatif terbatas, khususnya pada analisis kasus HIV/AIDS. Pendekatan Bayesian memiliki keunggulan karena mampu menggabungkan informasi prior dengan data observasi sehingga menghasilkan estimasi parameter yang lebih fleksibel serta mampu menangani ketidakpastian dalam proses estimasi parameter.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peluang bertahan hidup serta tingkat risiko kematian pada kasus HIV/AIDS menggunakan model survival Weibull dengan pendekatan Bayesian berdasarkan data kasus HIV/AIDS pada periode tahun 2019–2023. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pola survival serta tingkat risiko kejadian pada kasus HIV/AIDS sehingga dapat menjadi salah satu referensi dalam analisis data kesehatan menggunakan metode statistik survival.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis survival menggunakan model distribusi Weibull dengan pendekatan Bayesian. Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis waktu hingga terjadinya suatu kejadian tertentu, dalam hal ini adalah kematian pada kasus HIV/AIDS. Model Weibull dipilih karena memiliki fleksibilitas dalam memodelkan berbagai bentuk fungsi hazard sehingga sesuai untuk menganalisis data waktu kejadian dalam bidang kesehatan.

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah data kasus HIV/AIDS yang meliputi jumlah kasus HIV, jumlah kasus AIDS, dan jumlah kematian akibat HIV/AIDS. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari dataset penelitian yang mencakup periode tahun 2019 hingga 2023. Data tersebut digunakan untuk menganalisis pola survival serta tingkat risiko kematian pada kasus HIV/AIDS.

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa variabel utama yaitu jumlah kasus HIV, jumlah kasus AIDS, jumlah kematian, dan waktu pengamatan (tahun). Variabel jumlah kasus HIV dan AIDS digunakan untuk menentukan jumlah populasi kasus pada setiap periode pengamatan. Selanjutnya, jumlah kematian digunakan sebagai indikator kejadian dalam analisis survival.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui studi dokumentasi terhadap data yang telah tersedia dalam dataset penelitian. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode statistik untuk memperoleh informasi mengenai pola survival serta tingkat risiko kejadian pada kasus HIV/AIDS.

Analisis data dilakukan menggunakan model survival Weibull dengan pendekatan Bayesian. Estimasi parameter model dilakukan menggunakan metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC) untuk memperoleh distribusi posterior dari parameter model. Dalam model Weibull terdapat dua parameter utama yaitu parameter shape ( $k$ ) dan parameter scale ( $\lambda$ ) yang digunakan untuk menentukan bentuk fungsi survival dan hazard.

Fungsi survival pada distribusi Weibull dinyatakan sebagai berikut:

$$S(t) = e^{-(t/\lambda)^k}$$

Sedangkan fungsi hazard dinyatakan sebagai berikut:

$$h(t) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1}$$

Proses analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Python dengan bantuan beberapa pustaka yaitu NumPy, Pandas, PyMC, ArviZ, dan Matplotlib. Hasil analisis kemudian digunakan untuk memperoleh estimasi parameter model, fungsi survival, serta fungsi hazard yang menggambarkan pola peluang bertahan hidup dan tingkat risiko kejadian pada kasus HIV/AIDS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil analisis data kasus HIV/AIDS menggunakan model survival Weibull dengan pendekatan Bayesian. Analisis dilakukan untuk mengetahui pola peluang bertahan hidup (*survival function*) serta tingkat risiko kejadian (*hazard function*) berdasarkan data kasus HIV/AIDS pada periode tahun 2019–2023.

Berdasarkan hasil estimasi parameter menggunakan metode Markov Chain Monte Carlo (MCMC), diperoleh nilai parameter distribusi Weibull seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Parameter	Mean	SD	HDI 3%	HDI 97%
k (Shape)	0,15	0,03	0,09	0,20
$\lambda$ (Scale)	8,05	4,10	1,16	15,27

**Tabel 1. Estimasi Parameter Distribusi Weibull**

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa nilai parameter shape (k) sebesar 0,15 dan parameter scale ( $\lambda$ ) sebesar 8,05. Nilai parameter shape yang lebih kecil dari satu menunjukkan bahwa fungsi hazard mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa risiko kejadian relatif lebih tinggi pada tahap awal dan kemudian menurun secara bertahap seiring waktu.

Selanjutnya dilakukan perhitungan fungsi survival untuk mengetahui peluang individu bertahan hidup pada waktu tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai fungsi survival pada awal waktu bernilai 1 yang menunjukkan bahwa seluruh individu masih bertahan hidup. Namun, seiring bertambahnya waktu nilai survival mengalami penurunan secara bertahap. Pada waktu ke-10, nilai survival tercatat sekitar 0,356 yang menunjukkan bahwa hanya sekitar 35,6% individu yang masih bertahan hidup pada periode tersebut.

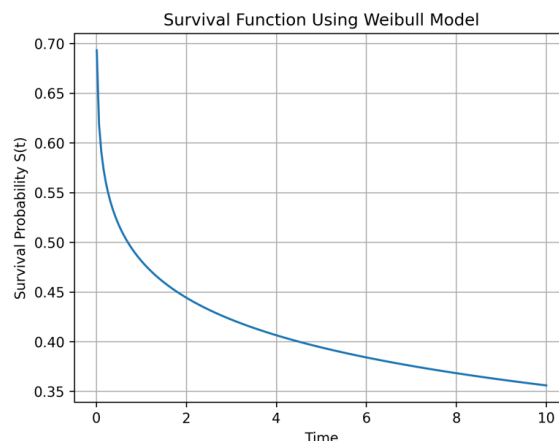
Selain fungsi survival, dilakukan juga analisis terhadap fungsi hazard untuk mengetahui tingkat risiko kejadian pada setiap waktu pengamatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai hazard relatif tinggi pada tahap awal pengamatan dan kemudian menurun secara bertahap seiring berjalannya waktu. Sebagai contoh, pada waktu awal nilai hazard cukup tinggi, kemudian menurun hingga sekitar 0,015 pada waktu ke-10.

Penurunan nilai hazard ini menunjukkan bahwa individu yang mampu bertahan pada tahap awal memiliki peluang yang lebih besar untuk tetap bertahan pada periode berikutnya. Pola ini menunjukkan bahwa risiko kejadian cenderung lebih tinggi pada awal waktu dan kemudian menurun seiring berjalannya waktu.

Hasil penelitian ini sejalan dengan konsep distribusi Weibull yang menyatakan bahwa nilai parameter shape yang lebih kecil dari satu menunjukkan bahwa fungsi hazard menurun terhadap waktu. Hal ini juga menunjukkan bahwa model Weibull dapat digunakan untuk menggambarkan pola survival pada data kasus HIV/AIDS.

Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa model survival Weibull dengan pendekatan Bayesian mampu memberikan gambaran mengenai peluang bertahan hidup serta tingkat risiko kejadian pada kasus HIV/AIDS. Model ini dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan statistik dalam menganalisis data kesehatan yang berkaitan dengan waktu kejadian.

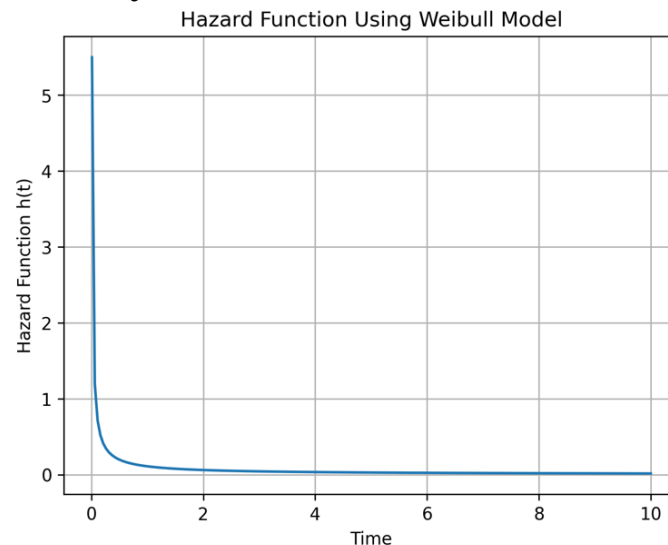
Selain hasil estimasi parameter, analisis juga dilakukan dengan memvisualisasikan fungsi survival dan fungsi hazard dari model Weibull.



**Gambar 1. Grafik Fungsi Survival**

Grafik fungsi survival menunjukkan peluang individu untuk tetap bertahan hidup hingga waktu tertentu. Berdasarkan Gambar 1, nilai survival pada waktu awal bernilai 1 yang menunjukkan bahwa seluruh individu masih bertahan hidup. Seiring bertambahnya waktu, nilai survival mengalami penurunan secara bertahap. Pada waktu pengamatan ke-10, nilai survival berada pada kisaran sekitar 0,356 yang menunjukkan bahwa sekitar 35,6% individu masih bertahan hidup.

Penurunan nilai survival ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengamatan maka peluang individu untuk tetap bertahan hidup semakin kecil. Pola ini merupakan karakteristik umum dalam analisis survival di mana probabilitas bertahan hidup menurun seiring bertambahnya waktu.



**Gambar 2. Grafik Fungsi Hazard**

Grafik fungsi hazard menunjukkan tingkat risiko terjadinya kejadian pada setiap waktu pengamatan. Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa nilai hazard relatif tinggi pada tahap awal pengamatan dan kemudian menurun secara bertahap seiring bertambahnya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa risiko kejadian atau kematian pada kasus HIV/AIDS cenderung lebih tinggi pada tahap awal dan kemudian menurun pada periode selanjutnya.

Pola ini juga sesuai dengan karakteristik distribusi Weibull ketika nilai parameter shape lebih kecil dari satu. Nilai parameter shape yang diperoleh dalam penelitian ini sebesar 0,15 menunjukkan bahwa fungsi hazard memiliki pola menurun terhadap waktu.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Weibull dengan pendekatan Bayesian mampu menggambarkan pola survival serta tingkat risiko kejadian pada data kasus HIV/AIDS. Model ini dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan statistik dalam menganalisis data waktu kejadian pada bidang kesehatan.

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan model survival Weibull dengan pendekatan Bayesian, diperoleh nilai parameter shape sebesar 0,15 dan parameter scale sebesar 8,05. Nilai parameter tersebut menunjukkan bahwa fungsi hazard mengalami penurunan seiring bertambahnya waktu. Hasil analisis fungsi survival menunjukkan bahwa peluang bertahan hidup individu menurun secara bertahap seiring waktu. Pada waktu awal nilai survival sebesar 1 dan menurun hingga sekitar 0,356 pada waktu ke-10. Sementara itu, fungsi hazard menunjukkan bahwa risiko kejadian relatif lebih tinggi pada tahap awal dan kemudian menurun seiring berjalannya waktu. Dengan demikian, model Weibull dengan pendekatan Bayesian dapat digunakan untuk memodelkan data survival pada kasus HIV/AIDS serta memberikan gambaran mengenai pola peluang bertahan hidup dan tingkat risiko kejadian dari waktu ke waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Collett, D. (2015). *Modelling survival data in medical research* (3rd ed.). CRC Press.
- Kleinbaum, D. G., & Klein, M. (2012). *Survival analysis: A self-learning text* (3rd ed.). Springer.
- Lawless, J. F. (2003). *Statistical models and methods for lifetime data* (2nd ed.). Wiley.
- Lee, E. T., & Wang, J. W. (2003). *Statistical methods for survival data analysis* (3rd ed.). Wiley.
- Hiola, F., Otok, B. W., & Dukalang, H. (2015). Analisis survival penderita HIV/AIDS menggunakan metode Cox proportional hazard. *Jurnal Statistika*, 3(2), 45–52.
- Sari, N., & Wasono, R. (2019). Pemodelan survival menggunakan distribusi Weibull pada data kesehatan. *Jurnal Matematika dan Aplikasinya*, 16(1), 23–30.
- Prasetyo, A., Nugroho, S., & Rahmawati, D. (2021). Analisis survival menggunakan model Weibull pada data kesehatan pasien. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 10(2), 112–118.
- World Health Organization. (2023). *HIV/AIDS global statistics*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hiv-aids>
- UNAIDS. (2023). *Global HIV & AIDS statistics — fact sheet*. <https://www.unaids.org>