

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Typhoid Fever atau demam tifoid merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella enterica serovar Typhi* dan hingga kini masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia, dan dikategorikan sebagai penyakit endemis dengan angka kejadian yang cukup tinggi, terutama pada kelompok usia anak-anak dan remaja (Isfahani & Susilowati, 2024). Berdasarkan Organisasi Kesehatan Dunia, pada tahun 2019 diperkirakan terdapat sekitar 9 juta kasus demam tifoid di seluruh dunia dengan sekitar 110.000 kematian setiap tahunnya (WHO, 2023).

Penelitian di RSUD Labuang Baji Makassar menunjukkan bahwa kasus demam tifoid pada anak-anak masih tergolong tinggi, sebagian besar pasien yang terinfeksi berasal dari kelompok usia anak, dan hasil pemeriksaan laboratorium menggunakan uji Widal memperlihatkan adanya variasi tingkat kekebalan tubuh antar pasien (Mufidah et al., 2022). Temuan ini menegaskan bahwa permasalahan demam tifoid tidak hanya berkaitan dengan banyaknya kasus yang terjadi, tetapi juga dengan karakteristik pasien yang sebagian besar berasal dari kelompok usia rentan terhadap infeksi.

Aspek penting yang perlu diperhatikan adalah lama rawat inap pasien. Penelitian di RSUD Arjawinangun Kabupaten Cirebon menemukan bahwa rata-rata lama rawat inap pasien *Typhoid Fever* mencapai empat hari, dengan variasi tergantung pada tingkat keparahan dan adanya penyakit penyerta. Hal ini menunjukkan bahwa dampak demam tifoid tidak hanya berkaitan dengan besarnya angka kejadian, tetapi juga dengan durasi perawatan pasien di rumah sakit. Semakin lama pasien dirawat, maka semakin besar implikasinya terhadap ketersediaan tempat tidur, beban biaya perawatan, serta efisiensi pelayanan Kesehatan (Kartsonaki, 2016). Oleh karena itu, diperlukan analisis statistik yang mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi lama rawat inap pasien tifoid, sehingga rumah sakit dapat mengoptimalkan strategi pengobatan dan pengelolaan sumber daya.

Analisis survival menjadi pendekatan relevan karena mampu mempelajari waktu hingga terjadinya suatu peristiwa (*time to event*), seperti waktu dari awal pasien dirawat hingga sembuh atau meninggal dunia. Pendekatan ini sangat sesuai untuk penelitian di bidang kesehatan, terutama ketika terdapat variasi lama perawatan antar pasien. Melalui analisis survival, peneliti dapat mengevaluasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peluang bertahan hidup maupun durasi terjadinya suatu kejadian (Kleinbaum & Klein, 2012).

Salah satu model yang digunakan dalam analisis survival adalah *Accelerated Failure Time* (AFT). Model ini berfokus pada durasi waktu kejadian (*time to event*) dan memberikan interpretasi langsung terhadap efek kovariat dalam bentuk rasio waktu (*Time Ratio*). Nilai *Time Ratio* menggambarkan sejauh mana suatu faktor mempercepat atau memperlambat waktu terjadinya peristiwa. Dengan demikian, model AFT tidak hanya menunjukkan hubungan signifikan antar variabel,

tetapi juga memberikan pemahaman yang lebih jelas mengenai arah dan besarnya pengaruh setiap kovariat terhadap lamanya waktu kejadian (Mustefa & Chen, 2021).

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Thiruvengadam et al. (2021) menggunakan model *Accelerated Failure Time (AFT)* untuk menganalisis waktu pemulihan pasien *Covid-19* dengan menggunakan variabel-variabel klinis seperti usia, jenis kelamin, tingkat keparahan gejala, komorbiditas, dan berbagai parameter laboratorium. Penelitian tersebut berfokus pada faktor-faktor medis yang mempengaruhi durasi penyembuhan. Sedangkan penelitian (Mustefa & Chen, 2021) menerapkan model AFT pada data katahunan hidup pasien HIV, dengan variabel penelitian berupa karakteristik pasien dan indikator klinis jangka Panjang seperti status antiretroviral, serta kondisi imunologi lainnya. Sementara kedua penelitian tersebut menekankan variabel-variabel klinis dan karakteristik biologis pasien, penelitian ini menggunakan model AFT dalam konteks yang berbeda, yaitu untuk menganalisis lama rawat inap pasien *Typhoid Fever* berdasarkan variabel-variabel pelayanan Kesehatan di Indonesia seperti provinsi fasilitas kesehatan, kepemilikan fasilitas, segmen kepesertaan, dan jenis fasilitas pelayanan.

Dalam penerapannya, model AFT menggunakan beberapa distribusi sebagai kandidat pemodelan, dalam penelitian ini distribusi yang digunakan adalah distribusi Weibull, Log Normal, dan Log Logistik. Pemilihan distribusi parametrik dalam model AFT didasarkan pada kesesuaian bentuk fungsi hazard dan karakteristik distribusi dengan pola risiko kejadian yang muncul pada data klinis. Distribusi Weibull digunakan karena fleksibel dan mampu menggambarkan hazard yang meningkat maupun menurun. Distribusi Lognormal sesuai ketika data memiliki durasi kejadian yang *right-skewed* dan hazard berbentuk *unimodal*, yaitu meningkat pada awal waktu kemudian menurun, sebagaimana umum terjadi pada penyakit infeksi akut. Sementara itu, distribusi Log logistik digunakan ketika hazard juga bersifat *unimodal* tetapi memiliki ekor yang lebih panjang (*heavy tail*), sehingga cocok untuk situasi klinis di mana sebagian pasien memiliki durasi rawat yang jauh lebih lama dibandingkan mayoritas. (Kleinbaum & Klein, 2012).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penerapan model AFT dalam menganalisis pasien demam tifoid diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi lama rawat inap.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Distribusi manakah yang paling sesuai digunakan pada pemodelan *Accelerated Failure Time* untuk memodelkan lama rawat inap pasien *Typhoid Fever*?
2. Variabel apa saja yang memengaruhi lama rawat inap pasien *Typhoid Fever* di Indonesia secara signifikan dan interpretasinya terhadap *Time Ratio*?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui distribusi terbaik dalam model *Accelerated Failure Time* yang dapat menjelaskan variasi lama rawat inap pasien *Typhoid Fever* secara optimal.
2. Mengetahui variabel yang berpengaruh signifikan terhadap lama rawat inap pasien *Typhoid Fever* serta menginterpretasikan pengaruh variabel kovariat melalui nilai *Time Ratio*.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran nyata mengenai factor faktor yang memengaruhi lama waktu rawat inap pasien dengan diagnosis *Typhoid Fever* berdasarkan data historis pasien asuransi Kesehatan di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi pengembangan penerapan model *Accelerated Failure Time* (AFT) dalam bidang aktuaria dan Kesehatan, selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan manfaat praktis bagi perusahaan asuransi dalam melakukan evaluasi kebijakan pelayanan kesehatan, perencanaan biaya klaim, serta pengelolaan risiko peserta secara lebih efisien dan berbasis data.

1.4 Landasan Teori

1.4.1 *Typhoid Fever*

Typhoid Fever merupakan penyakit yang disebabkan oleh *Salmonella enterica serovar Typhi*, Sebagian besar penyakit ini terjadi di daerah endemis atau negara berkembang. *Typhoid Fever* termasuk dalam kelompok penyakit infeksi yang ditularkan melalui rute fekal-oral, yaitu bakteri dapat berpindah dari satu individu ke individu lainnya melalui paparan material yang telah terinfeksi oleh feses, urin, atau ludah (saliva) penderita (Levani & Prastya, 2020).

Penularan *S. Typhi* terutama disebabkan oleh paparan terhadap air dan makanan yang tidak higienis, di mana penggunaan air yang tidak diolah serta rendahnya kebiasaan mencuci tangan terbukti meningkatkan risiko kejadian tifoid secara signifikan, selain itu selain itu penyakit ini dapat ditularkan melalui kontak langsung dengan feses, urin atau sekret (cairan tubuh) penderita demam tifoid. Dengan kata lain kebersihan dan sanitasi adalah faktor utama penularannya. Sebaliknya, kebiasaan konsumsi air yang cukup dan menjaga kebersihan pribadi seperti mencuci tangan dengan sabun berperan penting dalam menurunkan risiko penularan. Oleh karena itu, kejadian demam tifoid sering kali dikaitkan dengan kondisi kebersihan dan sanitasi lingkungan yang tidak memadai, terutama di wilayah padat penduduk dan negara berkembang dengan akses air bersih yang terbatas, pencegahan demam tifoid dapat dilakukan dengan cara menjaga kebersihan pribadi, pengolahan air rumah tangga yang aman, dan edukasi masyarakat mengenai pentingnya higienitas serta sanitasi lingkungan dalam mencegah penularan tifoid (Brockett et al., 2020).

1.4.2 Analisis Survival

Analisis survival merupakan salah satu metode statistik yang digunakan untuk mempelajari dan memodelkan waktu hingga terjadinya suatu peristiwa tertentu (*time to event*), seperti waktu ketahanan hidup pasien, lama rawat inap hingga sembuh, atau waktu kegagalan suatu sistem, analisis survival berfokus pada durasi atau lamanya waktu dari titik awal (misalnya saat diagnosis penyakit atau awal perawatan) sampai terjadinya suatu peristiwa akhir (seperti sembuh, meninggal, atau keluar dari perawatan). Tujuan utamanya adalah untuk memperkirakan probabilitas bertahan hidup, menganalisis pola kejadian dari waktu ke waktu, dan mengevaluasi pengaruh faktor-faktor risiko terhadap lamanya waktu tersebut (Kartsonaki, 2016). Dalam teori survival, terdapat tiga fungsi utama yang saling berkaitan, yaitu fungsi kepadatan peluang, fungsi survival, dan fungsi hazard

Fungsi kepadatan peluang menggambarkan peluang terjadinya suatu kejadian gagal dalam selang waktu tertentu, yaitu antara waktu t hingga $t + \Delta t$ (Kleinbaum & Klein, 2012). Fungsi ini di simbolkan sebagai $f(t)$ dan dapat ditulis sebagai:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{P(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t} \right) \quad (1)$$

Jika T merupakan variabel acak non negatif, maka $F(t)$ menyatakan fungsi distribusi kumulatif dari T , yang didefinisikan sebagai peluang bahwa suatu individu akan mengalami gagal pada atau sebelum waktu t , fungsi ini dapat dituliskan sebagai:

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx \quad (2)$$

Fungsi survival mendeskripsikan probabilitas bahwa individu masih bertahan hidup lebih lama dari waktu t , atau dengan kata lain belum mengalami event hingga saat tersebut (Kleinbaum & Klein, 2012).

$$S(t) = P(T > t) \quad (3)$$

$$S(t) = 1 - P(T \leq t) = 1 - F(t)$$

Selain itu, fungsi kepadatan peluang $f(t)$ memiliki hubungan langsung dengan fungsi survival, yaitu

$$f(t) = -\frac{dS(t)}{dt} \quad (5)$$

Fungsi hazard $h(t)$ atau dapat disebut juga hazard rate merupakan kelajuan suatu individu untuk mengalami event dalam interval waktu $(t, t + \Delta t)$ jika diketahui bahwa individu tersebut masih bertahan hidup sampai dengan waktu t dan dapat dinyatakan sebagai berikut (Lee & Wenyu Wang, 2003):

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{P(t \leq T < t + \Delta t \mid T \geq t)}{\Delta t} \right) \quad (6)$$

Dengan menggunakan hubungan antara PDF dan survival, fungsi hazard dapat dituliskan sebagai:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (7)$$

Yang menunjukkan bahwa hazard merupakan perbandingan antara kepadatan kejadian pada waktu t dan peluang individu bertahan sampai waktu tersebut. Ketiga fungsi dasar tersebut saling terkait dan dapat diturunkan satu sama lain melalui hubungan berikut:

$$\begin{aligned} F(t) &= \int_0^t f(x) dx \\ S(t) &= 1 - F(t) \\ f(t) &= -\frac{dS(t)}{dt} \\ h(t) &= \frac{f(t)}{S(t)} \end{aligned}$$

1.4.3 Accelerated Failure Time

Model *Accelerated Failure Time* (AFT) merupakan salah satu model parametrik dalam analisis survival yang menggambarkan hubungan antara waktu survival (*time to event*) dengan variabel kovariat. Dalam model AFT, waktu ketahanan hidup (*survival*) diasumsikan mengikuti suatu distribusi probabilitas tertentu, di mana variabel kovariat berperan dalam memengaruhi waktu terjadinya suatu peristiwa dengan cara mempercepat atau memperlambat kejadian tersebut. Selain itu, setiap observasi dalam data diasumsikan saling independen sehingga waktu survival pada satu individu tidak mempengaruhi waktu survival individu lainnya. (Ashraf-Ul-Alam & Khan, 2021), model AFT secara matematik dinyatakan sebagai:

$$S(t|x) = S_0 \left(\frac{t}{\eta(x)} \right) \quad (8)$$

Dimana:

S_0 adalah fungsi *baseline* survival tanpa pengaruh kovariat;

$\eta(x)$ adalah faktor percepatan (*acceleration factor*). Faktor percepatan dapat dituliskan sebagai

$$\eta(x) = \exp (\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \dots + \beta_p x_p) \quad (9)$$

Keterangan:

β : Koefisien parameter

x : Variabel bebas

p : Jumlah variabel bebas

Dalam penerapannya, model Accelerated Failure Time (AFT) diestimasi menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) (Nooriqfina et al., 2021), misalkan $X_1, X_2, \dots, X_n$ merupakan sampel acak yang diasumsikan saling bebas dan identik dengan fungsi kepadatan peluang $f(x_1, x_2, \dots, x_n | \beta)$. Fungsi likelihood dibentuk sebagai hasil kali dari fungsi kepadatan peluang masing-masing pengamatan, sehingga fungsi likelihoodnya sebagai berikut:

$$L(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p | x) = \left(\prod_{i=1}^n f(x_i | \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p) \right) \quad (10)$$

Untuk menentukan tafsiran parameter dengan menggunakan MLE, terlebih dahulu mencari fungsi log likelihood dari persamaan (10), sebagai persamaan berikut:

$$l = \log L(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p | x) = \log \left(\prod_{i=1}^n f(x_i | \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p) \right) \quad (11)$$

Bila fungsi likelihoodnya terdefiniskan dalam $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$, maka calon estimator maximum likelihood yang mungkin adalah $\widehat{\beta}_1, \widehat{\beta}_2, \dots, \widehat{\beta}_p$ sehingga

$$\frac{\partial}{\partial \beta_i} l(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p | x) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (12)$$

Sistem persamaan yang diperoleh dari turunan pertama fungsi log likelihood terhadap parameter β_i umumnya bersifat nonlinier sehingga tidak dapat diselesaikan secara analitik. Oleh karena itu, untuk memperoleh nilai estimator maksimum likelihood $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$, digunakan metode numerik Newton–Raphson.

Dalam analisis numerik, metode Newton–Raphson merupakan salah satu metode iteratif yang digunakan untuk memperoleh pendekatan akar (atau nol) dari suatu fungsi bernilai real. (Akram & ul Ann, 2015).

Diberikan suatu fungsi f yang didefinisikan pada bilangan real dan memiliki turunan pertama $f'(x)$, proses iterasi dimulai dengan suatu tebakan awal x_0 sebagai pendekatan awal akar dari fungsi $f(x) = 0$. Dengan asumsi bahwa fungsi tersebut memenuhi semua asumsi yang digunakan dalam penurunan rumus, maka diperoleh pendekatan berikutnya diperoleh:

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \quad (13)$$

Proses ini kemudian diulang hingga nilai yang konvergen, dengan rumus iterasi:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (14)$$

Hingga diperoleh pendekatan yang cukup akurat

Pada penelitian ini digunakan tiga distribusi yakni Weibull, Log Normal, dan Log Logistik, setiap distribusi menghasilkan estimasi koefisien yang menunjukkan arah dan besar pengaruh kovariat terhadap waktu kejadian. Ketidakpastian estimasi diukur melalui standard error, sedangkan statistik z digunakan untuk menilai perbedaan koefisien dari nol dalam satuan simpangan baku. Adapun *p-value* digunakan untuk menilai arah, besarnya efek, serta signifikansi pengaruh kovariat melalui interpretasi time ratio, yang menunjukkan apakah suatu kovariat mempercepat atau memperlambat waktu terjadinya peristiwa.

1.4.3.1 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan perluasan dari distribusi eksponensial. Namun, tidak seperti distribusi eksponensial, distribusi ini tidak mengasumsikan laju hazard yang konstan sehingga penggunaannya menjadi lebih luas (Lee & Wenyu Wang, 2003). fungsi hazard dalam distribusi Weibull dapat dituliskan dengan:

$$h(t|x) = \lambda \gamma (\lambda t)^{\gamma-1} \quad (15)$$

Berdasarkan persamaan, fungsi kepadatan peluang (pdf) dan fungsi survival dari distribusi Weibull diberikan oleh:

$$f(t|x) = \frac{\gamma}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma-1} \exp \left[-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma} \right], t > 0 \quad (16)$$

Dan

$$S(t|x) = \exp \left[-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma} \right], t > 0 \quad (17)$$

Parameter distribusi Weibull diestimasi menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) yang dibangun berdasarkan fungsi kepadatan peluang (Ly et al., 2025), sehingga fungsi likelihood dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L(\lambda, \gamma) = \frac{\gamma}{\lambda} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma-1} \exp \left[-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma} \right] \quad (18)$$

Fungsi log likelihood:

$$l(\lambda, \gamma) = n \ln \gamma - n \gamma \ln \lambda + (\gamma - 1) \sum_{i=1}^n \ln t - \sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma} \quad (19)$$

Turunan terhadap γ :

$$\frac{\partial l}{\partial \gamma} = \frac{n}{\gamma} - n \log \lambda + \sum_{i=1}^n \ln t - \sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma} \log \left(\frac{t}{\lambda}\right) = 0 \quad (20)$$

Turunan terhadap λ :

$$\frac{\partial l}{\partial \lambda} = -\frac{n\gamma}{\lambda} + \frac{\gamma}{\lambda} \sum_{i=1}^n \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma} = 0 \quad (21)$$

Karena persamaan likelihood yang dihasilkan bersifat nonlinier dan tidak memiliki solusi tertutup (*closed form*), maka estimasi parameter dilakukan secara numerik menggunakan metode Newton–Raphson yang berbasis iterasi hingga mencapai konvergensi.

1.4.3.2 Distribusi Log Normal

Diistribusi Log Normal dapat didefinisikan sebagai distribusi dari suatu variabel yang logaritmanya mengikuti distribusi normal, distribusi ini cocok untuk memodelkan waktu keberlangsungan hidup (*survival time*) atau durasi kejadian, terutama ketika data menunjukkan sebaran miring ke kanan (*right-skewed*)

Fungsi kepadatan peluang distribusi Log Normal dapat didefinisikan sebagai berikut (Meiza et al., 2022):

$$f(t|x) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\left\{ \frac{\log(t) - \mu}{2\sigma^2} \right\}^2 \right] \quad (22)$$

Dengan $t > 0$

Fungsi survivalnya dapat dituliskan sebagai:

$$S(t|x) = 1 - \Phi \left[\frac{\log(t) - \mu}{\sigma} \right] \quad (23)$$

Fungsi hazard:

$$h(t|x) = \frac{\frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\left\{ \frac{\log(t) - \mu}{2\sigma^2} \right\}^2 \right]}{1 - \Phi \left[\frac{\log(t) - \mu}{\sigma} \right]} \quad (24)$$

Parameter distribusi log normal diestimasi menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) yang dibangun berdasarkan fungsi kepadatan peluang (Wang & Gui, 2020), sehingga fungsi likelihood dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L(\mu, \sigma) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[-\left\{ \frac{\log(t) - \mu}{2\sigma^2} \right\}^2 \right] \quad (25)$$

Fungsi log likelihood:

$$l(\mu, \sigma) = -\sum_{i=1}^n \log(t) - n \log \sigma - \frac{n}{2} \log 2\pi - \sum_{i=1}^n \frac{(\ln t - \mu)^2}{\sigma^2} \quad (26)$$

Turunan terhadap μ :

$$\frac{\partial l}{\partial \mu} = \sum_{i=1}^n \frac{(\log t - \mu)}{\sigma^2} = 0 \quad (27)$$

Turunan terhadap σ :

$$\frac{\partial l}{\partial \sigma} = -\frac{n}{\sigma} + \sum_{i=1}^n \frac{(\log t - \mu)^2}{\sigma^3} = 0 \quad (28)$$

Karena persamaan likelihood yang dihasilkan bersifat nonlinier dan tidak memiliki solusi tertutup (*closed form*), maka estimasi parameter dilakukan secara numerik menggunakan metode Newton–Raphson yang berbasis iterasi hingga mencapai konvergensi.

1.4.3.3 Distribusi Log Logistik

Distribusi Log-Logistik merupakan salah satu distribusi probabilitas kontinu yang banyak digunakan dalam analisis survival untuk memodelkan waktu hingga terjadinya suatu peristiwa (*time to event*), seperti waktu ketahanan hidup pasien atau lama komponen bertahan sebelum rusak. (Muse et al., 2021)

Fungsi Kepadatan Peluang (PDF):

$$f(t|x) = \frac{\left(\frac{\gamma}{\lambda}\right) \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma-1}}{\left[1 + \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma}\right]^2} \quad (29)$$

Fungsi Survival:

$$S(t|x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma}} \quad (30)$$

Fungsi Hazard:

$$h(t|x) = \frac{\left(\frac{\gamma}{\lambda}\right) \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma-1}}{1 + \left(\frac{t}{\lambda}\right)^{\gamma}} \quad (31)$$

Parameter distribusi log logistik diestimasi menggunakan metode Maximum Likelihood Estimation (MLE) yang dibangun berdasarkan fungsi kepadatan peluang (Faouri & Kasap, 2023), sehingga fungsi likelihood dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L(\lambda, \gamma) = \prod_{i=1}^n \left[\frac{\left(\frac{\gamma}{\lambda}\right) \left(\frac{t_i}{\lambda}\right)^{\gamma-1}}{\left[1 + \left(\frac{t_i}{\lambda}\right)^{\gamma}\right]^2} \right] \quad (32)$$

Fungsi log likelihood:

$$l(\lambda, \gamma) = n \log \gamma - n \log \lambda + (\gamma - 1) \sum_{i=1}^n \log t_i - 2 \sum_{i=1}^n \log \left[1 + \left(\frac{t_i}{\lambda}\right)^{\gamma} \right] \quad (33)$$

Turunan terhadap λ

$$\frac{\partial l}{\partial \lambda} = -\frac{n\gamma}{\lambda} + \frac{2\gamma}{\lambda} \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{t}{\lambda}\right)^\gamma}{1 + \left(\frac{t}{\lambda}\right)^\gamma} = 0 \quad (34)$$

Turunan terhadap β

$$\frac{\partial l}{\partial \gamma} = \frac{n}{\gamma} - n \log \lambda + \sum_{i=1}^n \log t - 2 \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{t}{\lambda}\right)^\gamma \log \left(\frac{t}{\lambda}\right)}{1 + \left(\frac{t}{\lambda}\right)^\gamma} = 0 \quad (35)$$

Karena persamaan likelihood yang dihasilkan bersifat nonlinier dan tidak memiliki solusi tertutup (*closed form*), maka estimasi parameter dilakukan secara numerik menggunakan metode Newton–Raphson yang berbasis iterasi hingga mencapai konvergensi.

1.4.4 Pemilihan Distribusi Terbaik

Metode yang digunakan untuk pencarian model terbaik yaitu metode *Akaike's Information Criterion* (AIC) dan metode *Bayesian Information Criterion* (BIC). Model terbaik didapatkan dengan membandingkan nilai AIC dan BIC yang paling kecil.

1.4.4.1 Akaike Information Criterion

Akaike Information Criterion (AIC) pertama kali diperkenalkan oleh Akaike (1973) dengan tujuan untuk menemukan model yang paling mendekati proses pembangkitan data sebenarnya (*true data generating process*) (Saikia & Pratim Barman, 2017). Secara matematis, AIC didefinisikan sebagai:

$$\text{AIC} = -2L_p + 2q \quad (36)$$

semakin kecil nilai AIC berarti model tersebut memberikan keseimbangan optimal antara kesesuaian data dan kompleksitas model

1.4.4.2 Bayesian Information Criterion

Bayesian Information Criterion (BIC) merupakan salah satu kriteria informasi yang digunakan untuk pemilihan model terbaik, semakin kecil nilai BIC berarti model tersebut memberikan keseimbangan optimal antara kesesuaian data dan kompleksitas model. BIC dikembangkan oleh Gideon Schwarz (1978) (Saikia & Pratim Barman, 2017). Secara matematis, BIC didefinisikan sebagai:

$$\text{BIC} = -2L_p + q \ln(n) \quad (37)$$

1.4.5 Uji Signifikansi

Uji signifikansi parameter bertujuan untuk mengetahui apakah variabel variabel independen yang terdapat dalam model berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Secara umum, terdapat dua jenis pengujian yang dilakukan, yaitu uji serentak (simultan) dan uji parsial (individual).

1.4.5.1 Uji Simultan

Uji Simultan atau uji serentak dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh variabel independen yang dimasukkan kedalam model secara bersama-sama memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependen. Pengujian ini menggunakan pendekatan *Likelihood Ratio*. Hipotesis yang diuji dapat dituliskan sebagai berikut:

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ (tidak terdapat pengaruh kovariat terhadap lama rawat inap pasien)

$H_1 : \beta_i \neq 0$ (terdapat paling sedikit satu koefisien kovariat yang berpengaruh secara signifikan), dengan $i = 1, 2, \dots, p$

Statistik uji yang digunakan dinyatakan dengan:

$$LR = -2(\ln L_0 - \ln L_p) \quad (38)$$

Dimana L_0 merupakan fungsi likelihood dari model tanpa variabel independen, dan L_p merupakan fungsi likelihood dari model yang terdiri atas p variabel independen. Statistik uji LR mengikuti distribusi *chi-square* dengan derajat bebas sebesar p . jika $LR > X^2_{\alpha, p}$ dan nilai p -value kurang dari ($\alpha = 0.05$) maka H_0 ditolak, yang berarti bahwa setidaknya terdapat paling sedikit satu koefisien kovariat yang berpengaruh secara signifikan, sebaliknya jika tidak terpenuhi, maka H_0 gagal di tolak (Meiza et al., 2022).

1.4.5.2 Uji Parsial

Uji parsial dilakukan untuk mengetahui variabel independen mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap waktu rawat inap pasien. Pengujian ini menggunakan uji wald yang dilakukan berdasarkan nilai estimasi parameter $\hat{\beta}_i$ dan standard error $SE(\hat{\beta}_i)$.

Statistik uji yang digunakan Adalah:

$$W^2 = \left(\frac{\hat{\beta}_i}{SE(\hat{\beta}_i)} \right)^2 \quad (39)$$

Dengan hipotesis

$H_0 : \beta_i = 0$ (tidak memiliki pengaruh terhadap lama rawat inap pasien)

$H_1 : \beta_i \neq 0$ (berpengaruh secara signifikan terhadap lama rawat inap pasien)

$\hat{\beta}_i$ merupakan penduga parameter

$SE(\hat{\beta}_i)$ menunjukkan standar error dari parameter $\hat{\beta}_i$

Keputusan diambil dengan menolak H_0 apabila $W^2 > X_{\alpha,1}^2$ dan nilai p -value lebih kecil dari tingkat signifikansi ($\alpha = 0.05$) yang berarti bahwa variabel memiliki pengaruh signifikan terhadap model (Meiza et al., 2022).

1.4.6 Time Ratio

Time ratio atau TR merupakan parameter utama dalam model *Accelerated Failure Time* (AFT) yang digunakan untuk menginterpretasikan pengaruh variabel kovariat terhadap durasi waktu hingga terjadinya suatu peristiwa. Berbeda dengan model *Cox Proportional Hazard* yang menggunakan *hazard ratio* untuk menunjukkan perubahan relatif pada waktu survival akibat pengaruh suatu kovariat (Mustefa & Chen, 2021). Dengan kata lain *time ratio* menggambarkan seberapa besar suatu faktor mempercepat atau memperlambat terjadinya peristiwa yang diteliti (Crowther et al., 2023). Nilai *time ratio* diperoleh dari eksponensial nilai koefisien regresi β

$$TR = \exp(\hat{\beta}) \quad 40$$

Interpretasi dari *time ratio* yaitu jika $TR > 1$, maka kovariat tersebut memperpanjang waktu kejadian atau memperlambat terjadinya suatu peristiwa. Jika $TR < 1$ maka kovariat tersebut mempercepat waktu kejadian, artinya individu dengan karakteristik tersebut lebih cepat mengalami peristiwa. Jika $TR = 1$ maka tidak ada pengaruh kovariat terhadap waktu kejadian (Ashraf-UI-Alam & Khan, 2021).

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Pendekatan dan Jenis Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif dengan menggunakan data historis peserta asuransi kesehatan Perusahaan X yang berisi informasi waktu rawat inap hingga pasien keluar dari rumah sakit. Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis survival dengan model Accelerated Failure Time (AFT) dengan bantuan perangkat lunak statistik RStudio (Therneau, 2014).

2.2 Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah pasien asuransi kesehatan di Indonesia dengan total 858 rekam medis pasien

2.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder dari klaim pelayanan kesehatan pasien dengan diagnosis *Typhoid Fever* pada 12 Desember 2022 sampai 31 Desember 2023 dengan asumsi bahwa seluruh pasien keluar rumah sakit dengan keadaan sembuh. Pada penelitian ini variabel yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Variabel Penelitian

No	Variabel	Kategori
1	Waktu Rawat Inap	Lama waktu berobat (hari)
2	Jenis Faskes	1= Puskesmas 2= Klinik Pratama
3	Segmen Pasien	1= Bukan pekerja 2= PBI APBN 3= PBI APBD 4= PBPU 5= PPU
4	Provinsi	1= Aceh 2= Sumatera Utara 3= Sumatera Barat 4= Riau 5= Jambi 6= Sumatera Selatan 7= Bengkulu 8= Lampung 9= Kepulauan Bangka Belitung 10= Kepulauan Riau 11= DKI Jakarta 12= Jawa Barat 13= Jawa Tengah

		14= DI Yogyakarta
		15= Jawa Timur
		16= Banten
		17= Bali
		18= Nusa Tenggara Barat
		19= Nusa Tenggara Timur
		20= Kalimantan Barat
		21= Kalimantan Tengah
		22= Kalimantan Selatan
		23= Kalimantan Timur
		24= Kalimantan Utara
		25= Sulawesi Utara
		26= Sulawesi Tengah
		27= Sulawesi Selatan
		28= Sulawesi Tenggara
		29= Gorontalo
		30= Sulawesi Barat
		31= Maluku
		32= Maluku Utara
		33= Papua Barat
		34= Papua
5	Kepemilikan Faskes	1= Vertikal
		2= PemProv
		3= PemKab
		4= POLRI
		5= TNI AD
		6= TNI AL
		7= TNI AU
		8= BUMN
		9= Swasta

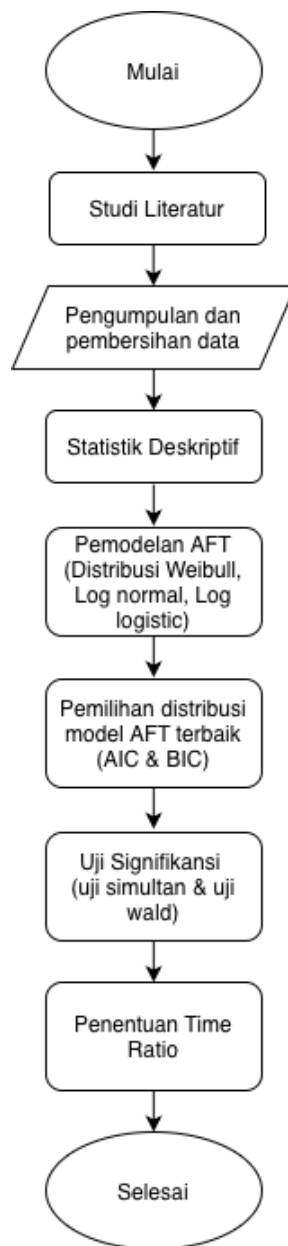
Dalam penelitian ini dilakukan pemilihan *baseline* untuk menentukan kategori acuan yang digunakan sebagai pembanding dalam interpretasi hasil model AFT. Provinsi Sulawesi Selatan dipilih sebagai baseline bertujuan untuk mengetahui pengaruh provinsi lain terhadap lama rawat inap pasien dibandingkan provinsi Sulawesi Selatan. Baseline untuk variabel lainnya ditentukan berdasarkan kategori yang paling umum atau mendekati kondisi rata-rata dalam data, yaitu puskesmas sebagai fasilitas Kesehatan dasar yang paling banyak diakses Masyarakat, PBI APBD sebagai segmen kepesertaan yang mewakili kelompok penerima bantuan dari pemerintah daerah, serta kepemilikan fasilitas kesehatan milik daerah kabupaten (pembkab) sebagai fasilitas yang berperan sebagai penyedia utama layanan Kesehatan tingkat daerah.

2.4 Metode Analisis Data

Tahapan analisis data dari penelitian ini Adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur, peneliti melakukan pengkajian mengenai teori yang digunakan yaitu analisis survival. Pada penelitian ini model yang digunakan ialah *Accelerated Failure Time*.
2. Pengumpulan dan pembersihan data, setelah data terkumpul, data diolah menggunakan perangkat lunak RStudio dan dilakukan proses pembersihan data dengan menyeleksi variabel yang relevan dan menghapus data yang tidak lengkap.
3. Pemodelan AFT, membangun model AFT untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor kovariat terhadap lama waktu survival pasien. Pemodelan dilakukan dengan tiga jenis distribusi parametrik, yaitu: Weibull, Log-Normal, dan Log-Logistik.
4. Pemilihan distribusi terbaik, Kriteria yang digunakan dalam pemilihan model terbaik adalah *Akaike Information Criterion* (AIC), dan *Bayesian Information Criterion* (BIC). Model dengan nilai AIC dan BIC paling kecil dianggap paling baik dalam menggambarkan pola data survival pasien *Typhoid Fever*.
5. Uji Signifikansi, dilakukan uji signifikansi untuk menilai pengaruh masing masing kovariat. Uji ini meliputi uji simultan (*Likelihood Ratio Test*) dan uji parsial (uji wald).
6. Penentuan *time ratio*, menentukan variabel-variabel yang signifikan serta memahami arah pengaruh setiap variabel terhadap waktu rawat inap pasien.

2.5 Alur Kerja



Gambar 1. Alur Kerja