

ANALISIS SURVIVAL DENGAN METODE NELSON–AALEN UNTUK PENENTUAN PREMI BERSIH ASURANSI JIWA SEUMUR HIDUP PADA PENDERITA GAGAL GINJAL

Lidya Priska Dupa¹⁾, Tohap Manurung²⁾, John Socrates Kekenusa³⁾, Eliasta Ketaren⁴⁾

^{1,2,3}Program Studi Matematika, ⁴Program Studi Sistem Informasi

Universitas Sam Ratulangi

Email korespondensi: liyadupa103@unsrat.ac.id¹⁾; tohapm@unsrat.ac.id²⁾; johnskekenusa@unsrat.ac.id³⁾, eliasketaren@unsrat.ac.id⁴⁾

Abstrak

Kementerian Kesehatan dan *Indonesian Renal Registry* mencatat bahwa lebih dari 134.000 pasien menjalani hemodialisis akibat gagal ginjal pada tahun 2024, yang menunjukkan tingginya prevalensi penyakit ini serta implikasinya terhadap aspek kesehatan dan keuangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan peluang ketahanan hidup menggunakan metode Nelson–Aalen dan menghitung premi bersih asuransi jiwa seumur hidup bagi penderita gagal ginjal usia 35 hingga 75 tahun. Data diperoleh dari data akumulasi pasien penderita gagal ginjal yang dipublikasikan pada jurnal *Indonesian Council of Premier Statistical Science*. Estimasi fungsi hazard kumulatif dilakukan dengan pendekatan Nelson–Aalen, lalu digunakan untuk memperoleh fungsi survival sebagai dasar analisis ketahanan hidup. Hasil menunjukkan bahwa estimasi peluang ketahanan hidup pasien penderita gagal ginjal sebesar 55,438%. Berdasarkan estimasi survival, tingkat suku bunga 5%, dan santunan sebesar Rp150.000.000,00, didapatkan premi bersih asuransi jiwa seumur hidup untuk usia 35 tahun, sebesar Rp 63.755.240,18 bagi laki-laki dan Rp 63.730.011,13 bagi perempuan, sedangkan pada usia 75 tahun masing-masing sebesar Rp 65.601.981,23 dan Rp 65.227.734,90. Hasil ini menunjukkan bahwa premi meningkat seiring pertambahan usia, yang selaras dengan menurunnya peluang ketahanan hidup dan meningkatnya risiko kematian pada usia yang lebih tinggi.

Kata kunci: Gagal ginjal; Nelson–Aalen; Fungsi Survival; Premi Bersih; Asuransi Jiwa Seumur Hidup.

1. Pendahuluan

Kementerian Kesehatan dan Indonesian Renal Registry mencatat bahwa lebih dari 134.000 pasien menjalani hemodialisa akibat gagal ginjal pada tahun 2024, yang menimbulkan beban biaya pengobatan sangat besar, mencapai miliaran rupiah setiap tahunnya[1]. Kondisi ini menunjukkan pentingnya mekanisme transfer risiko, seperti asuransi sebagai perlindungan finansial bagi masyarakat yang rentan terhadap penyakit gagal ginjal. Salah satu jenis asuransi ialah asuransi jiwa seumur hidup, yang menurut[2] adalah jenis asuransi yang bertujuan untuk memberikan perlindungan jiwa selama seumur hidup tertanggung kepada ahli waris jika tertanggung meninggal.

Pada kelompok risiko tinggi seperti penderita gagal ginjal, kebutuhan akan asuransi jiwa seumur hidup menjadi semakin penting karena kondisi medis yang kronis dan progresif ini secara signifikan meningkatkan peluang kematian dibandingkan populasi umum. Namun, penetapan premi bagi penderita gagal ginjal tidak dapat disamakan dengan peserta sehat, mengingat mereka memiliki tingkat mortalitas yang lebih tinggi dan pola risiko yang cenderung tidak stabil. Penentuan premi asuransi jiwa seumur hidup bagi penderita gagal ginjal memerlukan model Survival untuk memperkirakan risiko kematian dari waktu ke waktu.

Penelitian sebelumnya[3] mengenai “Analisis Survival terhadap Pasien Penderita Gagal Ginjal Menggunakan Metode Kaplan-Meier” telah memberikan gambaran mengenai peluang ketahanan hidup pasien berdasarkan data rekam medis penderita gagal ginjal di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin untuk periode Januari 2018 hingga November 2020. Namun, penelitian tersebut hanya berfokus pada analisis survival tanpa melanjutkan kajian sampai pada aspek aktuarial, khususnya penentuan premi bersih untuk produk asuransi jiwa yang relevan bagi kelompok risiko tinggi seperti penderita gagal ginjal. Keterbatasan ini menimbulkan kesenjangan penelitian, karena informasi mengenai risiko kematian yang diperoleh seharusnya dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk menghitung nilai aktuarial sebagai dasar penentuan premi. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode Nelson-Aalen sebagai alternatif estimator hazard kumulatif yang berbeda, sekaligus mengembangkan hasil analisis tersebut hingga tahap penentuan premi bersih asuransi jiwa seumur hidup bagi penderita gagal ginjal.

2. Landasan Teori

Gagal Ginjal

Gagal ginjal adalah suatu keadaan penurunan fungsi ginjal secara mendadak. Gagal ginjal terjadi ketika ginjal tidak mampu mengangkut sampah metabolik tubuh atau melakukan fungsi regulernya[4]. Ginjal memiliki fungsi vital yaitu untuk mengatur volume dan komposisi kimia darah dengan mengekskresikan zat sisa metabolisme tubuh dan air secara

selektif[5]. Menurut *World Health Organization* (WHO), gagal ginjal termasuk masalah kesehatan dunia yang menyebabkan peningkatan morbiditas dan mortalitas yang signifikan. Angka kejadian gagal ginjal di dunia secara global lebih dari 500 juta orang yang menderita penyakit gagal ginjal dan sekitar 1,5 juta orang yang menjalani hidupnya harus bergantung pada mesin cuci darah[6]. Dilihat dari efeknya pada risiko kardiovaskular, gagal ginjal secara langsung mempengaruhi beban global morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia.

Data Tersensor

Suatu data dikatakan tersensor apabila kejadian akhir yang menjadi fokus penelitian tidak tercatat pada individu tersebut. Kondisi ini biasanya muncul karena analisis dilakukan pada waktu tertentu sementara sebagian individu masih dalam keadaan hidup. Ada tiga jenis pensensoran dalam analisis *Survival*[7] yaitu:

Penyensoran kanan (*Right-censored*)

Penyensoran kanan muncul ketika subjek penelitian belum mengalami peristiwa yang ditetapkan hingga berakhirnya periode pengamatan, sementara waktu awal pengamatannya tercatat secara lengkap. Contohnya, apabila seorang individu dipantau selama empat tahun sejak awal studi namun berpindah ke negara lain pada tahun ketiga, maka proses pemantauannya terhenti dan data individu tersebut menjadi tersensor.

Penyensoran kiri (*Left-censored*)

Penyensoran kiri dapat terjadi pada studi mengenai waktu kemunculan komplikasi pada pasien gagal ginjal. Misalnya, penelitian mengevaluasi waktu munculnya komplikasi infeksi setelah pasien menjalani hemodialisis, dengan pemeriksaan rutin dilakukan setiap satu bulan. Jika seorang pasien sudah menunjukkan tanda-tanda infeksi pada kunjungan pertama, maka waktu pasti terjadinya infeksi tersebut kurang dari satu bulan dan tidak dapat diketahui secara tepat. Oleh karena itu, waktu pengamatan pasien tersebut digolongkan sebagai *left-censored*.

Penyensoran interval (*Interval-censored*)

Penyensoran interval terjadi ketika individu diketahui mengalami suatu peristiwa dalam interval waktu tertentu. Misalnya, jika seorang pasien dinyatakan bebas penyakit pada tiga bulan, tetapi ditemukan kambuh pada enam bulan setelah operasi, maka waktu kekambuhan pasien tersebut diketahui berada antara tiga bulan dan enam bulan. Waktu kekambuhan yang diamati ini disebut *interval-censored*.

Analisis Survival

Analisis *Survival* sendiri merupakan pendekatan statistik yang bertujuan mempelajari peluang bertahan hidup suatu individu dari waktu ke waktu dan menganalisis risiko terjadinya suatu kejadian. Dua konsep utama dalam analisis *Survival* adalah fungsi ketahanan hidup, yang menggambarkan peluang individu tetap hidup hingga waktu tertentu, dan fungsi hazard, yang menunjukkan laju risiko terjadinya kejadian pada waktu tertentu. Analisis *Survival* sangat berguna ketika tujuan penelitian adalah memahami dinamika risiko kejadian kematian dan bagaimana risiko tersebut berubah seiring waktu[8].

Metode Nelson-Aalen

Metode Nelson-Aalen merupakan pendekatan nonparametrik yang digunakan untuk mengestimasi hazard kumulatif atau risiko kejadian yang terakumulasi hingga waktu tertentu. Estimator Nelson-Aalen tidak memerlukan asumsi distribusi khusus dan mampu menangani data dengan *censoring*, sehingga cocok digunakan pada penelitian medis dengan ukuran sampel yang bervariasi[9].

Tabel Mortalitas

Tabel mortalitas adalah sebuah tabel yang memuat peluang kematian seseorang berdasarkan usia dalam suatu kelompok atau populasi. Tabel ini menyajikan peluang individu dalam suatu populasi untuk meninggal pada usia tertentu, serta fungsi-fungsi terkait lainnya, seperti jumlah orang yang masih hidup pada usia tertentu (l_x), peluang kematian pada usia x (q_x), dan rata-rata harapan hidup (e_x). Penyajiannya dimulai sejak usia kelahiran hingga waktu tertentu. Di Indonesia, salah satu jenis tabel mortalitas yang digunakan adalah Tabel Mortalitas Indonesia (TMI) IV[10], yang dikembangkan oleh Asosiasi Asuransi Jiwa Indonesia (AAJI) pada tahun 2019.

Peluang Saling Bebas

Dua kejadian A dan B dalam ruang sampel S dikatakan saling bebas jika terjadinya kejadian A sama sekali tidak mempengaruhi peluang terjadinya kejadian B, dan sebaliknya. Secara matematis, independensi ini berarti nilai peluang dari salah satu kejadian tidak akan berubah meskipun kejadian lainnya sudah terjadi[11].

Asuransi Jiwa Seumur Hidup

Asuransi jiwa seumur hidup adalah produk asuransi yang memberikan perlindungan finansial kepada pemegang polis sepanjang hayatnya, berbeda dengan asuransi jiwa berjangka yang hanya memberi proteksi selama periode waktu tertentu.

Produk ini menjamin pembayaran manfaat kematian kepada ahli waris kapan pun pemegang polis meninggal dunia selama polis masih aktif[12]. Karakteristik utama asuransi jiwa seumur hidup meliputi perlindungan tanpa batas waktu, premi yang umumnya tetap atau dapat disesuaikan, dan manfaat nilai tunai yang terus bertambah.

3. Metode Penelitian

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari data rekam medis pasien penderita gagal ginjal. Data tersebut diperoleh dari hasil publikasi ilmiah pada jurnal *Indonesian Council of Premier Statistical Science* dengan judul “Analisis *Survival* Terhadap Pasien Penderita Gagal Ginjal Menggunakan Metode Kaplan-Meier”[3]. Data rekam medis tersebut memuat informasi mengenai lama waktu pengamatan pasien hingga mengalami kejadian kematian atau hingga pengamatan berakhir (*censored*). Data mencakup periode Januari 2018 hingga Desember 2020 dan bersumber dari Rumah Sakit Universitas Hasanuddin. Data peluang ketahanan hidup berdasarkan Tabel Mortalitas Indonesia IV Tahun 2019, dan untuk suku bunga dari perusahaan asuransi X.

Fungsi Ketahanan Hidup (*Survival Function*)

Fungsi ketahanan hidup (*Survival function*) merupakan fungsi yang menyatakan peluang seseorang atau suatu objek tidak mengalami suatu kejadian sehingga masih bertahan hidup lebih dari waktu tertentu (t). Menurut[13], fungsi ketahanan hidup dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} S(t) &= P(T > t) \int_t^{\infty} f(x) dx \\ &= 1 - P(T \leq t) \\ &= 1 - F(t) \end{aligned} \quad (1)$$

dengan:

- $f(t)$: peluang individu mengalami kejadian pada waktu ke- t
- T : peubah acak yang menunjukkan waktu ketahanan hidup
- t : waktu yang ditentukan
- $F(t)$: fungsi distribusi kumulatif kontinu dari T
- $S(t)$: fungsi ketahanan hidup

Fungsi Hazard

Fungsi *hazard* didefinisikan sebagai kelajuan suatu individu ketika mengalami suatu kejadian atau peristiwa dalam interval waktu dari t hingga $t+\Delta t$ dengan syarat individu tersebut masih bertahan hidup sampai waktu t , fungsi *hazard* dinotasikan dengan $h(t)$. Menurut[13], fungsi *hazard* dinyatakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t | T > t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t \cap T > t)}{\Delta t \cdot P(T > t)} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T < t + \Delta t)}{\Delta t \cdot P(T > t)} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(T > t) - P(T > t + \Delta t)}{\Delta t \cdot P(T > t)} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{S(t) - S(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot S(t)} \end{aligned} \quad (2)$$

Metode Nelson-Aalen

Menurut[14], estimator Nelson-Aalen dinyatakan sebagai:

$$\hat{H}(t) = \sum \frac{d_i}{n_i} \quad (3)$$

dengan

- $\hat{H}(t)$: fungsi hazard kumulatif Estimator Nelson-Aalen
- d_i : jumlah kejadian pada waktu ke- i
- n_i : jumlah subjek yang masih beresiko pada waktu ke-

i : waktu lamanya kejadian

Setelah hazard kumulatif diperoleh, fungsi ketahanan hidup dapat dihitung melalui pendekatan eksponensial, sehingga metode ini secara tidak langsung memberikan gambaran peluang bertahan hidup berdasarkan data nyata. Fungsi ketahanan hidup Nelson-Aalen dinyatakan sebagai berikut:

$$\hat{S}(t) = e^{-\hat{H}(t)} \quad (4)$$

dengan

$\hat{S}(t)$: fungsi ketahanan hidup Estimator Nelsom-Aalen

$\hat{H}(t)$: fungsi hazard kumulatif Estimator Nelson-Aalen

Peluang Saling Bebas

Dua kejadian A dan B dalam ruang sampel S dikatakan saling bebas jika kejadian A tidak mempengaruhi kejadian B dan sebaliknya kejadian B tidak mempengaruhi kejadian A [11]. Peluang saling bebas bisa dinyatakan:

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B) \quad (5)$$

dengan:

$P(A)$: peluang terjadinya kejadian A

$P(B)$: peluang terjadinya kejadian B

$P(A \cap B)$: peluang terjadinya kejadian A dan B secara bersamaan

Asuransi Jiwa Seumur Hidup

Actuarial Present Value (APV) adalah nilai harapan dari nilai saat ini di masa depan. Dalam asuransi, nilai APV merepresentasikan nilai harapan dari seluruh pembayaran premi yang diterima oleh perusahaan asuransi di masa depan, yang telah didiskontokan ke waktu saat ini dengan mempertimbangkan peluang kematian dan juga asumsi suku bunga. Dalam asuransi jiwa seumur hidup (whole life insurance), manfaat pertanggungan atau santunan akan dibayarkan pada saat tertanggung meninggal dunia tanpa batas waktu kontrak. Oleh karena itu, pembayaran premi umumnya dilakukan secara berkala selama tertanggung masih hidup. Menurut [15], rumus *Actuarial Present Value* (APV) sebagai berikut:

$$A_x = b_t \sum_{t=0}^{\omega-x-1} v^{t+1} \times {}_tP_x \times Q_{x+t} \quad (6)$$

untuk:

$$v = \frac{1}{1+i} \quad (7)$$

$${}_tP_x = \prod_{k=0}^{t-1} P_{x+k} \quad (8)$$

$$= P_x \times P_{x+1} \times \dots \times P_{t-1} \quad (9)$$

dengan

A_x : nilai sekarang dari nilai santunan untuk seseorang yang berusia x tahun

b_t : besar santunan yang akan diterima

ω : usia maksimum di tabel mortalitas

i : suku bunga

${}_tP_x$: peluang seseorang berumur x tahun akan hidup hingga t tahun

P_{x+1} : peluang seseorang yang berusia $x+1$ tahun dapat bertahan hidup selama 1 tahun ke depan, yaitu sampai usia $x+2$.

Q_{x+t} : peluang seseorang berumur $x + t$ tahun akan meninggal dalam 1 tahun

Anuitas

Anuitas seumur hidup merupakan suatu metode pembayaran yang dilakukan selama tertanggung masih hidup yang bisa dilakukan di awal atau akhir tahun polis (Futamti, 1994). Anuitas seumur hidup digunakan untuk menghitung nilai sekarang dari serangkaian pembayaran yang dilakukan selama tertanggung hidup. Oleh karena itu, perhitungan anuitas selalu melibatkan dua komponen utama, yaitu faktor diskonto (nilai waktu uang) dan peluang *Survival*

(peluang hidup). Untuk menghitung anuitas seumur hidup yang dibayarkan pada setiap awal periode, digunakan rumus[15]:

$$\ddot{a}_{x:\overline{\omega-x}|} = \sum_{t=0}^{\omega-x-1} v^t {}_tP_x \quad (10)$$

dengan

$\ddot{a}_{x:\overline{\omega-x}|}$: nilai sekarang anuitas hidup seumur hidup yang dibayarkan pada awal setiap periode kepada individu berusia x tahun sampai usia maksimum (ω)

v : suku bunga

${}_tP_x$: peluang seseorang berumur x tahun akan hidup hingga t tahun

Premi

Premi asuransi merupakan sejumlah biaya yang harus dibayarkan dalam jangka waktu tertentu sebagai syarat diperoleh perlindungan asuransi[9]. Premi asuransi biasanya dibayarkan setiap tahun tergantung dengan jatuh tempo oleh tertanggung[16]. Besar kecilnya premi ditentukan berdasarkan perhitungan aktuaria dengan mempertimbangkan risiko, usia, serta karakteristik tertanggung. Metode perhitungan premi dilakukan menggunakan pendekatan probabilistik dan tabel mortalitas untuk memastikan nilai premi yang wajar dan berkelanjutan[15].

Premi terbagi atas dua macam, yaitu premi bersih dan premi kotor[17]. Premi bersih adalah premi yang dihitung hanya berdasarkan nilai manfaat asuransi dan peluang terjadinya resiko tanpa memperhatikan faktor biaya operasional perusahaan. Sedangkan premi kotor adalah jumlah premi yang dihitung dengan memperhatikan perhitungan premi bersih ditambah berbagai biaya lainnya. Premi yang dibayarkan oleh pemegang polis kepada perusahaan asuransi adalah premi kotor, sedangkan premi bersih hanya digunakan dalam perhitungan aktuaria untuk menentukan besarnya premi tersebut.

Penelitian ini menggunakan skema pembayaran premi bersih secara tahunan untuk individu berusia x tahun yang memiliki polis asuransi jiwa seumur hidup dengan manfaat akan diberikan pada akhir tahun ketika kematian terjadi. Adapun kewajiban premi yang dibayarkan di awal tahun pada setiap tahun sebelum tertanggung meninggal, yang rumusnya ditulis oleh[18]:

$$P = \frac{A_x}{\ddot{a}_{x:\overline{\omega-x}|}} \quad (11)$$

dengan

P : jumlah premi bersih yang harus dibayarkan pertahun

A_x : nilai sekarang dari nilai santunan untuk seseorang yang berusia x tahun

$\ddot{a}_{x:\overline{\omega-x}|}$: nilai sekarang anuitas hidup seumur hidup yang dibayarkan pada awal setiap periode kepada individu berusia x tahun sampai usia maksimum (ω)

4. Hasil Penelitian

Deskripsi Data

Data yang digunakan merupakan data rekam medis penderita gagal ginjal dari Rumah Sakit Universitas Hasanuddin pada periode Januari 2018 hingga Desember 2020 yang mencatat terdapat sebanyak 106 data dengan perawatan paling lama yaitu 35 hari yang diperoleh dari hasil publikasi ilmiah pada jurnal *Indonesian Council of Premier Statistical Science* dengan judul "Analisis *Survival* Terhadap Pasien Penderita Gagal Ginjal Menggunakan Metode Kaplan-Meier".

Statistika Deskriptif

Tabel 1 Statistika Deskriptif Data Pasien Penderita Gagal Ginjal

| Variabel | Jumlah |
|--|--------|
| Pasien penderita gagal ginjal yang meninggal (d_t) | 16 |
| Pasien penderita gagal ginjal yang tersensor (c_t) | 90 |
| Pasien penderita gagal ginjal (n_t) | 106 |

Berdasarkan Tabel 1, jumlah pasien yang mengalami penyensoran kanan sebanyak 90 orang atau sebesar 85%, sedangkan pasien yang tidak tersensor dan dinyatakan meninggal dunia berjumlah 16 orang atau sebesar 15%. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lama perawatan pasien penderita gagal ginjal (dalam satuan hari), status penyensoran pasien (hidup), status tidak tersensor (meninggal), serta total keseluruhan pasien gagal ginjal yang tercatat selama periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2020.

Estimasi Peluang ketahanan hidup Penderita Gagal Ginjal Menggunakan Metode Nelson-Aalen

Tabel 2. Fungsi Hazard Kumulatif Hidup Penderita Gagal Ginjal

| Waktu Perawatan (t) | n_t | c_t | d_t | $\frac{d_t}{n_t}$ |
|-------------------------|-------|-------|-------|------------------------|
| 0 | 106 | 2 | 0 | 0 |
| 1 | 104 | 9 | 1 | 0,009615385 |
| 2 | 94 | 13 | 3 | 0,031914894 |
| 3 | 78 | 10 | 1 | 0,012820513 |
| 4 | 67 | 6 | 2 | 0,029850746 |
| 5 | 59 | 11 | 1 | 0,016949153 |
| 6 | 47 | 8 | 0 | 0 |
| 7 | 39 | 5 | 1 | 0,025641026 |
| 8 | 33 | 4 | 0 | 0 |
| 9 | 29 | 3 | 1 | 0,034482759 |
| 10 | 25 | 1 | 1 | 0,04 |
| 11 | 23 | 4 | 2 | 0,086956522 |
| 12 | 17 | 1 | 1 | 0,058823529 |
| 13 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 14 | 10 | 0 | 1 | 0,1 |
| 17 | 9 | 2 | 0 | 0 |
| 18 | 7 | 1 | 1 | 0,142857143 |
| 20 | 5 | 2 | 0 | 0 |
| 22 | 3 | 1 | 0 | 0 |
| 28 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 35 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | | | $\sum \frac{d_t}{n_t}$ |
| | | | | 0,589911668 |

Berdasarkan tabel 2, dapat dilihat bahwa fungsi hazard kumulatif dari pasien penderita gagal ginjal diperoleh 0,589911668. Setelah didapat nilai dari fungsi hazard kumulatif, gunakan persamaan (4) untuk mencari fungsi tetap hidup dengan menggunakan estimator Nelson-Aalen:

$$\hat{S}(t) = e^{-\hat{H}(t)} = e^{0,589911668} = 0,554376252 \quad (12)$$

Hasil analisis menunjukkan bahwa peluang ketahanan hidup pasien penderita gagal ginjal sebesar 55,438%. Dengan kata lain, peluang pasien untuk bertahan hidup hampir sebanding dengan peluang untuk meninggal dunia. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingkat risiko mortalitas pada pasien gagal ginjal cukup tinggi dan mendekati tingkat ketahanan hidupnya.

Tabel Mortalitas Khusus untuk Pasien Penderita Gagal Ginjal

Berdasarkan penelitian yang telah didapat oleh Rahmadani *et al.* (2023), diperoleh hasil bahwa variabel jenis kelamin dan usia masing-masing memiliki hubungan yang saling bebas terhadap kejadian gagal ginjal. Dengan demikian, dalam perhitungan peluang hidup untuk penderita gagal ginjal, dapat digunakan konsep kejadian saling bebas. Dengan menggunakan persamaan (11), peluang hidup untuk penderita gagal ginjal dapat dihitung sebagai hasil kali dari peluang hidup berdasarkan jenis kelamin dan usia yang diperoleh dari Tabel Mortalitas Indonesia (TMI) IV, dengan peluang ketahanan hidup penderita gagal ginjal yang telah dihitung menggunakan metode estimator Nelson–Aalen.

Tabel 3. Peluang Hidup Khusus untuk Penderita Gagal Ginjal

| Usia (x) | p_x (TMI) | p_x (gagal ginjal) | p_x (khusus) |
|----------|-------------|----------------------|----------------|
| 0 | 0,99476 | 0,554376252 | 0,55147 |
| 1 | 0,99947 | 0,554376252 | 0,55408 |
| ... | ... | ... | ... |
| 35 | 0,99893 | 0,554376252 | 0,55378 |
| 36 | 0,99884 | 0,554376252 | 0,55373 |
| ... | ... | ... | ... |
| 75 | 0,97974 | 0,554376252 | 0,54314 |
| 76 | 0,97631 | 0,554376252 | 0,54124 |
| ... | ... | ... | ... |
| 109 | 0,44267 | 0,554376252 | 0,24541 |
| 110 | 0,40756 | 0,554376252 | 0,22594 |
| 111 | 0,00000 | 0,554376252 | 0,00000 |

Berdasarkan tabel 3 dan 4, hasil estimasi fungsi *Survival* dengan pendekatan Nelson–Aalen menunjukkan adanya tren penurunan peluang hidup khusus seiring pertambahan usia. Fenomena ini terjadi karena hazard kumulatif bersifat meningkat terhadap waktu, sehingga secara matematis menyebabkan fungsi *Survival* menurun.

Actuarial Present Value (APV) Asuransi Jiwa Seumur Hidup

Actuarial Present Value (APV) dari asuransi jiwa seumur hidup untuk penderita gagal ginjal yang berusia 35 tahun sampai 75 tahun dapat dihitung menggunakan persamaan (5) dengan suku bunga sebesar 5% dan santunan yang akan diterima pada akhir periode tertanggung meninggal sebesar Rp150.000.000, dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 4. Hasil *Actuarial Present Value* (APV) Berusia 35 Tahun hingga 75 Tahun

| Umur | Laki-laki | Perempuan |
|------|-------------------|-------------------|
| 35 | Rp 134.870.763,68 | Rp 134.871.954,07 |
| 36 | Rp 134.869.582,62 | Rp 134.871.878,35 |
| 37 | Rp 134.868.680,18 | Rp 134.872.176,23 |
| 38 | Rp 134.866.652,36 | Rp 134.871.680,99 |
| 39 | Rp 134.866.389,89 | Rp 134.871.032,03 |
| 40 | Rp 134.866.168,32 | Rp 134.871.290,29 |
| 41 | Rp 134.865.721,04 | Rp 134.870.265,25 |
| 42 | Rp 134.865.893,38 | Rp 134.870.857,78 |
| 43 | Rp 134.865.435,16 | Rp 134.870.011,95 |
| 44 | Rp 134.866.180,26 | Rp 134.869.138,96 |
| 45 | Rp 134.867.251,92 | Rp 134.869.262,17 |
| 46 | Rp 134.869.842,62 | Rp 134.872.172,86 |
| 47 | Rp 134.873.361,98 | Rp 134.873.010,84 |
| 48 | Rp 134.876.840,33 | Rp 134.874.121,60 |
| 49 | Rp 134.879.939,74 | Rp 134.874.095,13 |
| 50 | Rp 134.884.727,97 | Rp 134.875.814,97 |
| 51 | Rp 134.888.060,16 | Rp 134.877.540,92 |
| 52 | Rp 134.893.897,64 | Rp 134.880.329,75 |
| 53 | Rp 134.903.758,17 | Rp 134.883.332,06 |

| | | |
|----|-------------------|-------------------|
| 54 | Rp 134.916.468,87 | Rp 134.889.148,72 |
| 55 | Rp 134.934.332,37 | Rp 134.897.008,10 |
| 56 | Rp 134.953.591,22 | Rp 134.905.747,49 |
| 57 | Rp 134.972.060,07 | Rp 134.913.456,72 |
| 58 | Rp 134.986.009,98 | Rp 134.920.869,83 |
| 59 | Rp 134.994.206,51 | Rp 134.925.160,00 |
| 60 | Rp 134.999.583,00 | Rp 134.928.028,73 |
| 61 | Rp 135.001.536,08 | Rp 134.929.546,99 |
| 62 | Rp 134.997.392,23 | Rp 134.931.056,38 |
| 63 | Rp 134.990.216,20 | Rp 134.932.094,42 |
| 64 | Rp 134.983.598,36 | Rp 134.931.777,29 |
| 65 | Rp 134.978.195,22 | Rp 134.931.136,87 |
| 66 | Rp 134.976.479,43 | Rp 134.931.841,27 |
| 67 | Rp 134.976.060,06 | Rp 134.935.417,06 |
| 68 | Rp 134.976.910,56 | Rp 134.940.549,05 |
| 69 | Rp 134.977.613,74 | Rp 134.943.660,92 |
| 70 | Rp 134.972.857,05 | Rp 134.945.179,03 |
| 71 | Rp 134.963.831,55 | Rp 134.944.245,50 |
| 72 | Rp 134.942.445,20 | Rp 134.939.053,07 |
| 73 | Rp 134.901.601,64 | Rp 134.928.700,21 |
| 74 | Rp 134.821.407,30 | Rp 134.906.857,99 |
| 75 | Rp 134.665.984,76 | Rp 134.862.653,32 |

Nilai *Actuarial Present Value* (APV) untuk usia 35 hingga 75 tahun diperoleh pada kisaran Rp134,8 juta hingga Rp135 juta dan menunjukkan pola yang relatif stabil dengan sedikit fluktuasi.

Nilai Anuitas

Nilai anuitas 1 satuan dari asuransi jiwa seumur hidup untuk penderita gagal ginjal yang berusia 35 tahun yang dibayarkan pada setiap awal periode dapat dihitung menggunakan persamaan (9) dengan suku bunga sebesar 5%, dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Premi Bersih

Premi bersih asuransi jiwa seumur hidup untuk pasien penderita gagal ginjal untuk umur 35 tahun sampai 75 tahun dengan tingkat suku bunga sebesar 5% dan santunan yang akan diterima pada akhir periode tertanggung meninggal sebesar Rp150.000.000,00 dapat dihitung menggunakan persamaan (10). Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 5. Premi Bersih Asuransi Jiwa Seumur Hidup untuk Penderita Gagal Ginjal Berusia 35 Tahun hingga 75 Tahun

| Umur | Laki-laki | Perempuan |
|------|------------------|------------------|
| 35 | Rp 63.755.240,18 | Rp 63.730.011,13 |
| 36 | Rp 63.764.173,22 | Rp 63.735.492,06 |
| 37 | Rp 63.774.727,75 | Rp 63.741.627,16 |
| 38 | Rp 63.786.938,90 | Rp 63.748.293,27 |
| 39 | Rp 63.801.584,60 | Rp 63.755.966,71 |
| 40 | Rp 63.818.009,19 | Rp 63.764.841,25 |

| | | |
|----|------------------|------------------|
| 41 | Rp 63.836.390,32 | Rp 63.774.574,39 |
| 42 | Rp 63.857.066,02 | Rp 63.785.937,22 |
| 43 | Rp 63.879.967,06 | Rp 63.798.261,49 |
| 44 | Rp 63.905.675,24 | Rp 63.812.411,52 |
| 45 | Rp 63.933.871,46 | Rp 63.828.606,74 |
| 46 | Rp 63.964.662,66 | Rp 63.846.552,62 |
| 47 | Rp 63.997.538,15 | Rp 63.864.977,16 |
| 48 | Rp 64.032.239,95 | Rp 63.885.024,43 |
| 49 | Rp 64.068.992,51 | Rp 63.906.732,05 |
| 50 | Rp 64.108.224,79 | Rp 63.930.885,47 |
| 51 | Rp 64.149.320,70 | Rp 63.956.838,44 |
| 52 | Rp 64.193.259,41 | Rp 63.984.789,37 |
| 53 | Rp 64.239.035,59 | Rp 64.014.401,46 |
| 54 | Rp 64.284.724,20 | Rp 64.045.748,53 |
| 55 | Rp 64.328.801,68 | Rp 64.077.538,48 |
| 56 | Rp 64.368.348,02 | Rp 64.108.739,09 |
| 57 | Rp 64.402.104,94 | Rp 64.138.814,78 |
| 58 | Rp 64.429.833,30 | Rp 64.168.179,14 |
| 59 | Rp 64.453.248,54 | Rp 64.196.903,68 |
| 60 | Rp 64.474.916,01 | Rp 64.226.563,85 |
| 61 | Rp 64.496.131,75 | Rp 64.258.012,54 |
| 62 | Rp 64.518.656,10 | Rp 64.292.161,24 |
| 63 | Rp 64.545.866,58 | Rp 64.329.312,81 |
| 64 | Rp 64.579.892,57 | Rp 64.370.048,31 |
| 65 | Rp 64.621.194,51 | Rp 64.415.483,09 |
| 66 | Rp 64.669.934,27 | Rp 64.466.311,22 |
| 67 | Rp 64.724.968,93 | Rp 64.522.417,60 |
| 68 | Rp 64.786.289,66 | Rp 64.582.856,08 |
| 69 | Rp 64.853.882,48 | Rp 64.647.262,16 |
| 70 | Rp 64.928.457,40 | Rp 64.717.123,13 |
| 71 | Rp 65.013.600,94 | Rp 64.793.850,80 |
| 72 | Rp 65.112.594,97 | Rp 64.879.446,46 |
| 73 | Rp 65.233.324,54 | Rp 64.977.059,44 |
| 74 | Rp 65.388.256,67 | Rp 65.090.605,57 |
| 75 | Rp 65.601.981,23 | Rp 65.227.734,90 |

Berdasarkan premi yang didapatkan, dapat dilihat bahwa nilai premi menunjukkan pola peningkatan, Pada usia 35 tahun, jumlah premi yang didapat yaitu Rp 63.755.240,18 untuk laki-laki dan Rp 63.730.011,13 untuk perempuan, kemudian meningkat hingga Rp 65.601.981,23 untuk laki-laki dan Rp 65.227.734,90 untuk perempuan pada usia 75 tahun. Hal ini dikarenakan, semakin tinggi usia, risiko kematian semakin besar sehingga kemungkinan klaim dibayarkan dalam waktu yang lebih dekat juga meningkat sehingga premi yang harus dibayarkan semakin meningkat.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil estimasi menggunakan metode Nelson–Aalen, diperoleh bahwa peluang ketahanan hidup pasien penderita gagal ginjal sebesar 55,438%. Dengan menggunakan hasil estimasi peluang ketahanan hidup, diperoleh hasil perhitungan premi bersih asuransi jiwa seumur hidup bagi penderita gagal ginjal dengan tingkat suku bunga 5% dan santunan sebesar Rp150.000.000, menunjukkan bahwa pada usia 35 tahun premi bersih untuk laki-laki sebesar Rp63.755.240,18 dan untuk perempuan sebesar Rp63.730.011,13. Sedangkan, pada usia 75 tahun premi bersih meningkat menjadi Rp65.601.981,23 untuk laki-laki dan Rp65.227.734,90 untuk perempuan.

Ucapan Terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Mner Tohap Manurung, S.Si., M.Si. dan Prof. Dr. Ir. John S. Kekenusa, MS. dan seluruh pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Lulumanin, S., & Fahrurodzi, D. S. 2025. Analisis Determinan Penyakit Gagal Ginjal Kronis Di Indonesia Berdasarkan Data Survei Kesehatan Indonesia Tahun 2023. *INFOKES : Jurnal Ilmiah Rekam Medis dan Informatika Kesehatan*, 86-94.
- [2] Kele, F. P., Manurung, T., & Salaki, D. T. 2024. Penentuan Cadangan Premi Asuransi Jiwa Seumur Hidup Menggunakan Metode Canadian. *d'Cartesian Jurnal Matematika Dan Aplikasi*, (13): 1-21.

- [3] Ramadhani, A. P., Rahmi, N., Nadira, P., Hidayah, S., & Kisty, T. A. H. 2023. Analisis *Survival* Terhadap Pasien Penderita Gagal Ginjal Menggunakan Metode Kaplan Meier. *Indonesian Council of Premier Statistical Science*, 2(1): 7-13.
- [4] Mait, G., Nurmansyah, M., & Bidjuni, H. 2021. Gambaran adaptasi fisiologis dan psikologis pada pasien gagal ginjal kronis yang menjalani hemodialisis di Kota Manado. *Jurnal Keperawatan*, 9(2), 1.
- [5] Fanny, M. A., Christina, Y., & Nasution, T. H. 2023. Hubungan Derajat Hipertensi Dengan Stadium Gagal Ginjal Kronik Di Unit Hemodialisa Rumah Sakit Badan Pengusahaan Batam Tahun 2019-2020. *ZONA KEDOKTERAN*, (13): 492-499.
- [6] World Health Organization. 2025. Global Health Estimates: Life expectancy and leading causes of death and disability. Tersedia di: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates> (Diakses: 27 November 2025)
- [7] Collet, D. 2015. *Modelling Survival Data in Medical Research*. Edisi ke-3. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [8] Sulantari, S., & Hariadi, W. 2020. Analisis *Survival* Waktu Sembuh Pasien Covid-19 Di Kabupaten Banyuwangi. *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 4(2): 375-386.
- [9] Hikmah, H., & Ekawati, D. 2021. Analisis data tersensor berpasangan dengan estimasi Kaplan Meier dan Nelson-Aalen. *Saintifik*, 7(2): 133-138.
- [10] Asosiasi Asuransi Jiwa Indonesia. 2019. *Tabel mortalitas Indonesia IV*. Jakarta: Asosiasi Asuransi Jiwa Indonesia.
- [11] Harini, S. 2010. *Teori peluang*. UIN Maliki Press.
- [12] Fikriyah, L. Q., Purnaba, I. G. P., Erliana, W., Setiawaty, B., & Lesmana, D. C. 2022. Penentuan Premi Tahunan Bersih Asuransi Jiwa Seumur Hidup Joint Life Dengan Model Copula Clayton Dan Copula Gumbel. *MILANG Journal of Mathematics and Its Applications*, 18(1): 15-28.
- [13] Kusumawardhani, G. E., Santi, V. M., & Suyono, S. 2018. Analisis *Survival* dengan model regresi pada data tersensor berdistribusi Log-Logistik. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 2(2): 28-35.
- [14] Wulandari, W.S., Satyahadewi, N., Sulistianingsih, E. 2014. Premi Tunggal Bersih untuk Kontrak Asuransi Jiwa Seumur Hidup. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, 3(1): 13-18.
- [15] Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. 1997. *Actuarial Mathematics* (2nd ed.). New York, NY: Wiley.
- [16] Gerber, H. U. 1997. *Life Insurance Mathematics* 3 rd. Berlin: Springer-Verlag.
- [17] Fikri, A. J., Muhartini, A. A., Sharoni, O., Febrianti, T., & Mahuda, I. 2022. Perbandingan perhitungan premi asuransi jiwa berjangka, seumur hidup, Dan dwiguna pada kasus laki-laki Dan perempuan. *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika Dan Ekonometrika*, 2(1): 31-39.
- [18] Futami, T. 1994. *Matematika Asuransi Jiwa*. Jakarta: Rekaprint Utama.