Jurnal "LOG!K@" , Jilid 8, No. 1, 2018, Hal. 60 - 68
ISSN 1978 – 8568

PREMI TUNGGAL BERSIH ASURANSI KESEHATAN DARI PENYAKIT INFEKSI DENGAN MODEL PENYEBARAN SUSPECTED-INFECTED-REMOVED (SIR)

Jefri Apryanto dan **Irma Fauziah**
Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

Abstract: There are four models of single net level insurance premium are earned by reduction SIR model, which are model of single net level insurance premium with benefit of hospitalization without death benefit, model of single net level insurance premium with lump sum benefit, model of single net level insurance premium with benefit of hospitalization and death benefit, and model of single net level insurance premium with lump sum benefit and death benefit. Result of that simulation indicate the amount of single net level insurance premium for dengue fever in Sulawesi Selatan with benefit of hospitalization without death benefit is 3.0492 x 10^{-7} per Rp 1 benefit and the amount of single net level insurance premium with benefit of hospitalization and death benefit is 3.1495 x 10^{-7} per Rp 1 benefit.
Keywords: SIR Model, Continuous Life Annuity, Single Net Level Premium, Insurance Benefit, Equivalence Principle.

Abstrak: Terdapat empat model premi asuransi tunggal bersih dari penurunan model SIR yang dihasilkan yaitu model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap di rumah sakit tanpa *benefit* kematian, model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit lump sum*, model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap di rumah sakit dengan *benefit* kematian, dan model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit lump sum* dan *benefit* kematian. Simulasi model-model premi asuransi tunggal bersih dilakukan dengan menggunakan beberapa nilai parameter penyebaran penyakit demam berdarah *dengue* di Sulawesi Selatan. Hasil dari simulasi tersebut menunjukkan bahwa besarnya premi asuransi tunggal bersih untuk penyakit demam berdarah *dengue* di Sulawesi Selatan dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap tanpa *benefit* kematian adalah sebesar 3.0492 x 10^{-7} per *benefit* Rp. 1 dan premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap dengan *benefit* kematian adalah sebesar 3.1495 x 10^{-7} per *benefit* Rp 1.
Katakunci: Model SIR, Anuitas Jiwa Kontinu, Premi Tunggal Bersih, *Benefit* Asuransi, Prinsip Kesamaan

PENDAHULUAN

Penyakit infeksi atau penyakit yang disebabkan oleh virus dan bakteri menjadi penyakit yang dinggap berbahaya karena dapat menyebabkan kematian apabila tidak ditangani dengan serius. Di Indonesia, penanggulangan penyakit infeksi masih merupakan prioritas dalam Rencana Program Jangka Menengah (RPJM) Kementrian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2015-2019. Penanggulangan tidak hanya secara medis saja, tetapi beberapa perusahan asuransi ikut berkontribusi dalam hal membantu masyarakat yang rentan terhadap penyakit infeksi. Mereka menciptakan produk-produk asuransi yang nantinya bisa bermanfaat dalam hal menjamin biaya pengobatan selama menjalani rawat inap.

Berdasarkan sudut pandang sosial, perlindungan yang efektif terhadap penyakit infeksi tidak hanya bergantung pada perkembangan teknologi medis dalam mengidentifikasi virus dan dalam mengobati pasien yang terinfeksi, tetapi juga dengan sistem perawatan kesehatan yang dirancang dengan baik. Sistem ini dapat mengurangi dampak kerugian finansial dari penyebaran penyakit secara mendadak seperti biaya pengobatan, biaya peralatan medis dan biaya-biaya pencegahan seperti vaksinasi dan karantina. Saat ini, beberapa perusahaan asuransi menerapkan sistem perawatan kesehatan dari model matematika untuk mengetahui seberapa besar laju penyebaran suatu penyakit dan cara yang optimal untuk mengatasi biaya perawatannya, sehingga biaya yang dikeluarkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan perawatan.

Belakangan ini, banyak kontribusi pemodelan matematika untuk memodelkan suatu laju penyebaran penyakit menular yang dilakukan oleh sejumlah ilmuan dalam bidang kesehatan masyarakat, matematika, dan statistik. Mereka menganalisis data empiris untuk teori persamaan diferensial sehingga menghasilkan prediksi yang akurat terhadap penyebaran penyakit menular [3]. Salah satu model penyebaran penyakit menular itu disebut model *Susceptible-Infected-Recovered (SIR).*

Tujuan penulisan artikel ini adalah menyusun model premi asuransi tunggal bersih dari penurunan model SIR. Model premi asuransi tunggal bersih tersebut dapat diperoleh dengan menerapkan prinsip kesamaan (*equivalence principle*).

LANDASAN TEORI

Laju kematian (*Force of Mortality*) merupakan laju seseorang yang baru lahir akan meninggal secara alami pada usia x tahun, dimana laju kematian dapat ditulis sebagai $\mu(x) = \frac{-\acute{S}\prime(x)}{\acute{S}(x)}$ dan laju kematian alami seseorang yang berusia x tahun hingga waktu $x+t$ tahun adalah

$$\mu_x(x) = \frac{-\acute{S}\prime(x+t)}{\acute{S}(x+t)} \tag{1}$$

dengan $\acute{S}(x)$ adalah fungsi survival, yaitu peluang seseorang akan bertahan hidup hingga usia x.

Suku bunga kontinu (*force of interest*) merupakan suku bunga yang dijadikan acuan untuk bunga yang dihitung berdasarkan interval waktu yang sangat pendek, seperti bunga yang dihitung dalam periode jam, menit, atau detik [7], dimana $\delta = \ln(1+i)$. Faktor diskonto adalah faktor yang menerjemahkan nilai masa depan (*future value*) yang diharapkan selama t tahun ke dalam *present value* [4], dimana $v^t = e^{-\delta t}$.

Anuitas dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian pembayaran atau penerimaan tetap yang dilakukan secara berkala pada jangka waktu tertentu. Sedangkan anuitas kontinu merupakan suatu rangkaian pembayaran yang dilakukan sebanyak k kali dalam setahun dengan $k \to \infty$ [7]. *Present value* dari anuitas kontinu dinotasikan dengan $\bar{a}_t$, dimana $\bar{a}_t = \int_0^t v^T \, dT$.

Anuitas jiwa didefinisikan sebagai suatu pembayaran yang dilakukan selama tertanggung masih hidup [7]. Anuitas jiwa dibayarkan secara kontinu, sehingga dapat disebut sebagai anuitas jiwa kontinu. *Present value* dari anuitas jiwa kontinu dinotasikan dengan $\bar{a}_x$, dimana

$$\bar{a}_x = E[\bar{a}_t] = \int_0^\infty \bar{a}_t.\ {}_tp_x.\mu_x(t)dt \qquad (2)$$

dengan

$${}_tp_x = \frac{\acute{S}(x+t)}{\acute{S}(x)}. \qquad (3)$$

Jika mengintegralkan persamaan (2) menggunakan integral parsial, maka diperoleh

$$\bar{a}_x = \int_0^\infty e^{-\delta t}\ {}_tp_x dt.$$

Sehingga, dengan menubtitusi persamaan (3) ke persamaan (2) untuk $x = 0$, maka

$$\bar{a}_x = \int_0^\infty e^{-\delta t} \acute{S}(t)dt.$$

Benefit asuransi adalah manfaat yang akan diterima nasabah sesuai kontrak dengan perusahaan asuransi. Besarnya benefit yang akan diterima nasabah asuransi bergantung pada lamanya waktu yang ditentukan saat asuransi diterbitkan hingga nasabah meninggal. *Present value* dari benefit yang akan diterima nasabah asuransi dinotasikan dengan $\bar{A}_x$, dimana

$$\bar{A}_x = E[v^t] = \int_0^\infty e^{-\delta t}\ {}_tp_x\mu_x(t)\ dt. \qquad (4)$$

Jika mensubtitusi persamaan (3) dan (1) ke persamaan (4) untuk $x = 0$, maka diperoleh

$$\bar{A}_x = -\int_0^\infty v^t \acute{S}(t)dt\ .$$

Prinsip Kesamaan (*Equivalence Principle*)

Prinsip ini menginginkan kewajiban dari perusahaan asuransi sama dengan hak yang akan diterima oleh nasabah dan harapan nilai kerugian bagi perusahaan asuransi sama dengan nol, dimana berlaku E [L] = 0, dengan L merupakan peubah acak kontinu dari nilai sekarang kerugian perusahaan asuransi, yaitu $L = v^t - \bar{P}\bar{a}_t$. Sehingga, berdasarkan prinsip kesamaan ini diperoleh persamaan untuk model premi asuransi tunggal bersih yang dibayarkan secara kontinu sebagai,

$$\bar{P} = \frac{\bar{A}_x}{\bar{a}_x} \qquad (5)$$

dimana premi asuransi tunggal bersih merupakan premi asuransi yang dihitung hanya berdasarkan tingkat suku bunganya saja.

Model SIR

SIR merupakan model penyebaran suatu penyakit dengan karakteristik bahwa dalam suatu kelompok populasi, terdapat individu yang rentan terinfeksi penyakit. Individu yang rentan terinfeksi tersebut akan berinteraksi dengan individu yang telah terinfeksi, sehingga individu yang sebelumnya rentan akan ikut terinfeksi. Dengan pengobatan medis atau proses alam, individu yang terinfeksi mungkin dapat sembuh atau mengalami kematian akibat penyakit tersebut. Dalam model SIR, jumlah individu yang rentan terinfeksi penyakit pada kompartemen S (*susceptible*) pada waktu t dinotasikan dengan $S(t)$, sedangkan jumlah individu yang telah terinfeksi penyakit pada kompartemen I (*infected*) dinotasikan dengan $I(t)$, dan jumlah individu yang telah sembuh dari penyakit, baik melalui pengobatan medis maupun melalui proses alam pada kompartemen R (*recovered*) pada waktu t dinotasikan dengan $R(t)$.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada model SIR adalah sebagai berikut [3]:

1. Total populasi N dianggap konstan, dimana $N = S(t) + I(t) + R(t)$.
2. Popolasi bersifat tertutup, yaitu tidak ada individu yang keluar atau masuk dalam populasi, kecuali individu tersebut meninggal karena terinfeksi.
3. Laju Kelahiran sama dengan laju kematian.
4. Penyakit dapat disembuhkan.

Sedangkan Parameter-parameter yang digunakan pada model SIR adalah sebagai berikut [3]:
1. β, yaitu rasio banyaknya individu yang terinfeksi tiap satuan waktu.
2. α, yaitu rasio banyaknya individu yang sembuh dari penyakit infeksi tiap satuan waktu.

Berdasarkan asumsi-asumsi dan parameter-parameter yang digunakan, sistem kompartemen untuk model SIR dapat digambarkan pada Gambar 1, dimana $\beta IS/N$ adalah laju individu terinfeksi per satuan waktu dan αI adalah laju individu sembuh per satuan waktu. Sehingga dari Gambar 1 di atas, formulasi untuk model SIR tersebut adalah

$$S'(t) = \frac{dS(t)}{dt} = -\beta\, I(t) \frac{S(t)}{N} \qquad , t \geq 0 \tag{6a}$$

$$I'(t) = \frac{dI(t)}{dt} = \beta\, I(t) \frac{S(t)}{N} - \alpha\, I(t) \qquad , t \geq 0 \tag{6b}$$

$$R'(t) = \frac{dR(t)}{dt} = \alpha\, I(t) \qquad , t \geq 0 \tag{6c}$$

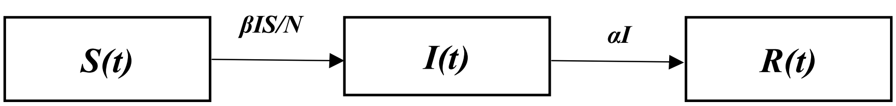
dengan $\beta > 0$, dan $0 \leq \alpha \leq 1$. Karena analisis mortalitas bukan didasarkan pada nilai absolut, maka diperlukan rasio individu pada kompartemen S, I, dan R yaitu $s(t) = \frac{S(t)}{N}$, $i(t) = \frac{I(t)}{N}$, dan $r(t) = \frac{R(t)}{N}$. Sehingga, jika kedua ruas persamaan (6a) – (6b) sama-sama dibagi dengan total populasi N, maka diperoleh

$$s'(t) = \frac{ds(t)}{dt} = -\beta\, s(t)\, i(t) \qquad , t \geq 0 \tag{7a}$$

$$i'(t) = \frac{di(t)}{dt} = \beta\, i(t)\, s(t) - \alpha\, i(t) \qquad , t \geq 0 \tag{7b}$$

$$r'(t) = \frac{dr(t)}{dt} = \alpha\, i(t) \qquad , t \geq 0$$

dengan $s(0) = s_0$, $i(0) = i_0$, $s_0 + i_0 = 1$, dan $s(t) + i(t) + r(t) = 1$.

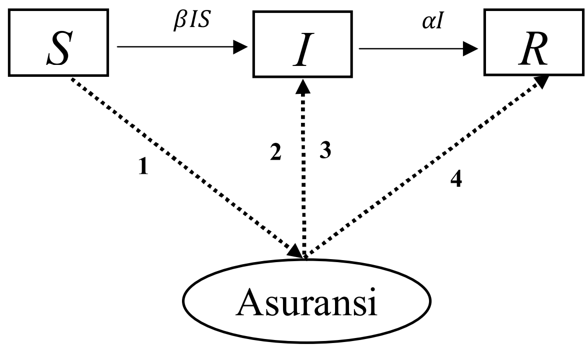


Gambar 1. Kompartemen Model SIR Dasar [1]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Premi Asuransi Tunggal Bersih untuk Model Penyebaran Penyakit SIR

Gambar 2 memiliki aturan yang berbeda pada setiap kompartemen dalam penentuan model asuransinya. Individu yang rentan terinfeksi penyakit pada kompartemen S akan mengasuransikan dirinya ke sebuah perusahaan asuransi dengan ikut serta membayar premi setiap bulannya, dengan *present value* dari anuitas nilai premi yang akan dibayarkan ditulis $\bar{a}_T^s$. Individu yang dinyatakan terinfeksi penyakit pada kompartemen I akan mendapatkan *benefit* asuransinya berupa penanggungan biaya selama menjalani perawatan rawat inap di rumah sakit atau *benefit lump sum*, dengan *present value* dari anuitas nilai *benefit* rawat inap ditulis $\bar{a}_T^i$ dan *present value* dari nilai *benefit lum sump* ditulis $\bar{A}_T^i$. Individu yang mengalami kematian pada saat menjalani perawatan dan masih dalam tanggungan asuransi juga akan mendapatkan *benefit* berupa *benefit* kematian, dengan *present value* dari nilai *benefit* kematian ditulis $\bar{A}_T^d$.



Gambar 2. Skema Asuransi Model SIR [3]

Laju Infeksi dan Laju Kesembuhan

Laju infeksi (*force of infection*) merupakan laju individu pada kompartemen S dapat terinfeksi penyakit pada waktu t. Laju infeksi dinotasikan dengan $\mu^s\ (t)$, dimana persamaan untuk laju infeksi dapat diturunkan dari persamaan (1), sehingga

$$\mu^s\ (t) = -\frac{s'(t)}{s(t)}\ , t \geq 0. \quad (8)$$

Sedangkan laju kesembuhan (*force of recovered*) merupakan laju individu pada kompartemen I sembuh dari penyakit infeksi pada waktu t. Laju kesembuhan dinotasikan dengan $\mu^i\ (t)$, yaitu,

$$\mu^i\ (t) = -\frac{i'(t)}{i(t)}\ , t \geq 0. \quad (9)$$

Jika mensubtitusi secara berturt-turut persamaan (7a) dan (7b) ke persamaan (8) dan (9), maka diperoleh

$$\mu^s\ (t) = \beta\ i(t),$$

dan

$$\mu^i\ (t) = -\beta\ s(t) + \alpha.$$

Premi Tunggal Bersih *Benefit* Rawat Inap

Model untuk premi tunggal bersih dengan *benefit* rawat inap diperoleh dari prinsip kesamaan (*equivalence principle*), dimana *present value benefit* yang digunakan adalah $\bar{a}_T^i$, dengan $\bar{a}_T^i = \int_0^T e^{-\delta t}\ i(t)\ dt$ dan *present value* premi asuransi yang digunakan adalah $\bar{a}_T^s$, dengan

$$\bar{a}_T^s = \int_0^T e^{-\delta t}\ s(t)\ dt \quad (10a)$$

Persamaan (10) dapat dinyatakan dalam bentuk $\bar{a}_T^i$, dimana $\bar{a}_T^s = \frac{1-(\delta+\alpha)\bar{a}_T^i}{\delta}$.

Sehingga, berdasarkan persamaan (5) model premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* rawat inap dapat ditulis sebagai

$$\bar{P}\left(\bar{a}_T^i\right) = \frac{\bar{a}_T^i}{\bar{a}_T^s} = \frac{\delta \bar{a}_T^i}{1-(\delta+\alpha)\bar{a}_T^i}. \quad (10b)$$

Premi Tunggal Bersih *Benefit Lump Sum*

Model untuk premi tunggal bersih dengan *benefit lump sum* diperoleh dari persamaan prinsip kesamaan (*equivalence principle*), dimana *present value benefit* yang digunakan adalah $\bar{A}_T^i$, dimana

$$\bar{A}_T^i = \int_0^T e^{-\delta t}\, s(t)\, \mu^s\, (t)\, dt, \tag{11}$$

dan *present value* premi asuransi yang digunakan adalah $\bar{a}_T^s$. Persamaan (11) dapat dinyatakan dalam bentuk $\bar{a}_T^i$, dimana $\bar{A}_T^i = (\alpha + \delta)\, \bar{a}_T^i - i_0$. Sehingga, berdasarkan persamaan (5) model premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit lump sum* dapat ditulis sebagai berikut,

$$\bar{P}(\bar{A}_T^i) = \frac{\bar{A}_T^i}{\bar{a}_T^s} = \frac{\delta(\alpha+\delta)\, \bar{a}_T^i - \delta\, i_0}{1-(\delta+\alpha)\, \bar{a}_T^i}. \tag{12}$$

Premi Tunggal Bersih *Benefit* Rawat Inap dan *Benefit* Kematian

Model untuk premi tunggal bersih dengan *benefit* rawat inap dan *benefit* kematian diperoleh dari persamaan prinsip kesamaan (*equivalence principle*), dimana *present value benefit* yang digunakan adalah $\bar{a}_T^i + \bar{A}_T^d$ dan *present value* premi asuransinya adalah $\bar{a}_T^s$. Sehingga berdasarkan persamaan (5), diperoleh

$$\bar{P}(\bar{a}_T^i + \bar{A}_T^d) = \frac{\bar{a}_T^i + \bar{A}_T^d}{\bar{a}_T^s} = \frac{\delta(1+\alpha)\, \bar{a}_T^i}{1-(\delta+\alpha)\bar{a}_T^i}\ . \tag{13}$$

Premi Tunggal Bersih *Benefit Lump Sum* dan *Benefit* Kematian

Model untuk premi tunggal bersih dengan *benefit* rawat inap dan *benefit* kematian diperoleh dari persamaan prinsip kesamaan (*equivalence principle*), dimana *present value benefit* yang digunakan adalah $\bar{A}_T^i + \bar{A}_T^d$ dan *present value* premi asuransinya adalah $\bar{a}_T^s$. Sehingga berdasarkan persamaan (5), diperoleh

$$\bar{P}(\bar{A}_T^i + \bar{A}_T^d) = \frac{\bar{A}_T^i + \bar{A}_T^d}{\bar{a}_T^s} = \frac{(\delta^2 + 2\alpha\delta)\bar{a}_T^i - \delta i_0}{1-(\delta+\alpha)\bar{a}_T^i}. \tag{14}$$

SIMULASI MODEL

Model SIR Demam Berdarah *Dengue*

Model SIR untuk penyakit demam berdarah *dengue* mengidentifikasi dua populasi, yaitu populasi manusia dan populasi vektor atau nyamuk. Jumlah populasi manusia dinotasikan dengan N_h, dimana dalam populasi manusia terdiri dari tiga kompartemen yaitu jumlah manusia yang rentan (S_h), jumlah manusia yang terinfeksi (I_h), dan jumlah manusia yang telah sembuh dari penyakit (R_h). Sedangkan, jumlah populasi vektor dinotasikan dengan N_v, dimana dalam populasi vektor terdiri dari dua kompartemen yaitu jumlah vektor yang rentan (S_v), dan jumlah vektor yang terinfeksi (I_v). Asumsi-asumsi yang digunakan pada model SIR demam berdarah *dengue* adalah sebagai berikut [5]:

1. Vektor yang menyebarkan virus hanya nyamuk betina jenis *Aedes aegypti*.
2. Total populasi manusia dan total populasi nyamuk dianggap kostan, dimana $N_h = S_h(t) + I_h(t) + R_h(t)$ dan $N_v = S_v(t) + I_v(t)$.
3. Nyamuk tidak akan pernah sebuh setelah terinfeksi.
4. Populasi manusia dan populasi nyamuk bersifat tertutup, yaitu tidak ada manusia ataupun nyamuk yang migrasi).
5. Laju kelahiran dan kematian manusia dan nyamuk dianggap konstan.
6. Rata-rata gigitan nyamuk per hari adalah konstan.

Sedangkan, parameter-parameter yang digunakan pada model SIR demam berdarah *dengue* adalah b menyatakan rata-rata gigitan nyamuk per hari, λ_h jumlah kelahiran dan kematian manusia per satuan waktu, λ_v jumlah kelahiran dan kematian nyamuk per satuan waktu, α_h rasio manusia terinfeksi dapat sembuh dari penyakit per satuan waktu, $b\omega_v$ rasio laju nyamuk rentan menjadi nyamuk terinfeksi per satuan waktu, $b\omega_h$ rasio laju manusia rentan menjadi manusia terinfeksi per satuan waktu [5].

Berdasarkan asumsi-asumsi dan parameter-parameter yang digunakan, formulasi untuk model SIR demam berdarah *dengue* adalah

$$S_h'(t) = \frac{dS_h(t)}{dt} = \lambda_h N_h - \frac{\omega_h b}{N_h} I_v(t) S_h(t) - \lambda_h S_h(t), \tag{15a}$$
$$I_h'(t) = \frac{dI_h(t)}{dt} = \frac{\omega_h b}{N_h} I_v(t) S_h(t) - (\lambda_h + \alpha_h)\, I_h(t), \tag{15b}$$
$$R_h'(t) = \frac{dR_h(t)}{dt} = \alpha_h I_h(t) - \lambda_h R_h(t),$$
$$S_v'(t) = \frac{dS_v(t)}{dt} = \lambda_v N_v - \frac{\omega_v b}{N_v} I_h(t) S_v(t) - \lambda_v S_v(t),$$
$$I_v'(t) = \frac{dI_v(t)}{dt} = \frac{\omega_v b}{N_h} I_h(t) S_v(t) - \lambda_v I_v(t), \tag{15c}$$

dimana $\lambda_h N_h$ adalah laju kelahiran manusia menjadi manusia rentan per satuan waktu, $\lambda_h S_h$ adalah laju kematian manusia rentan per satuan waktu, dan $\lambda_h I_h$ adalah laju kematian manusia terinfeksi per satuan waktu, serta $\lambda_h R_h$ adalah jumlah seluruh kematian dalam populasi per satuan waktu. Sedangkan $\lambda_v N_v$ adalah laju pertumbuhan nyamuk baru menjadi nyamuk rentan per satuan waktu, $\lambda_v S_v$ laju kematian nyamuk rentan per satuan waktu, $\alpha_h I_h$ adalah laju kesembuhan manusia teinfeksi per satuan waktu.

Karena analisis mortalitas bukan didasarkan pada nilai absolut, maka diperlukan rasio individu pada kompartemen S_h, I_h, R_h, dan I_v yaitu $s_h(t) = \frac{S_h(t)}{N_h}$, $i_h(t) = \frac{I_h(t)}{N_h}$, $r_h(t) = \frac{R_h(t)}{N_h}$, dan $i_v(t) = \frac{I_v(t)}{N_v}$. Sehingga, jika kedua ruas persamaan (15a) - (15b) sama-sama dibagi dengan total populasi N_h dan persamaan (15c) sama-sama dibagi total populasi N_v, maka diperoleh

$$s_h'(t) = \frac{ds_h(t)}{dt} = \lambda_h\big(1 - s_h(t)\big) - \beta\, s_h(t)\, i_v(t), \tag{16a}$$
$$i_h'(t) = \frac{di_h(t)}{dt} = \beta\, s_h(t)\, i_v(t) - \alpha\, i_h(t), \tag{16b}$$
$$i_v'(t) = \frac{di_v(t)}{dt} = \gamma\big(1 - i_v(t)\big) i_h(t) - \lambda_v\, i_v(t), \tag{16c}$$

dengan

$$\beta = \frac{b\, \omega_h\, N_v}{N_h}, \tag{17}$$
$$\alpha = \alpha_h + \lambda_h, \tag{18}$$

dan

$$\gamma = b\, \omega_v. \tag{19}$$

Menentukan titik tetap untuk $s_h(t)$, $i_h(t)$, dan $i_v(t)$ dapat diperoleh dengan menyelesaikan sistem pada persamaan model (16a) – (16c), dimana solusinya dapat diperoleh pada saat $s'_h(t) = i'_h(t) = i'_v(t) = 0$. Sehingga diperoleh

$$\left.\begin{aligned} s_h(t) &= \frac{\lambda_h \gamma + \alpha \lambda_v}{\gamma(\lambda_h + \beta)} \\ i_h(t) &= \frac{\lambda_h(\gamma\beta - \alpha\lambda_v)}{\alpha\gamma(\lambda_h + \beta)} \\ i_v(t) &= \frac{\lambda_h(\gamma\beta - \alpha\lambda_v)}{\beta(\gamma\lambda_h + \alpha\lambda_v)} \end{aligned}\right\} \tag{20}$$

Premi Tunggal Bersih untuk Penyakit Demam Berdarah *Dengue*

Simulasi model premi asuransi tunggal bersih yang dilakukan adalah untuk penyakit demam berdarah *dengue* di wilayah Sulawesi Selatan, Indonesia. Parameter-parameter dari model SIR demam berdarah *dengue* di Sulawesi Selatan ini diperoleh dari data Kementrian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2008 yang dipublikasikan oleh [8], dimana total populasi manusia di Sulawesi Selatan tahun 2008 berjumlah 7,675,893 jiwa dengan jumlah awal populasi yang terinfeksi 487 jiwa dan rasio total populasi nyamuk dengan total populasi manusia ($\frac{N_v}{N_h}$) adalah 0.393 [8]. Manusia yang terinfeksi penyakit demam berdarah *dengue* memiliki masa inkubasi selama 7 – 14 hari hingga sembuh. Simulasi untuk model premi asuransi tunggal bersih ini menggunakan tingkat suku bunga tahunan yang mengacu pada suku bunga Bank Indonesia sebesar 6.5%. Berikut nilai parameter-parameter yang digunakan pada model SIR untuk penyakit demam berdarah *dengue* di Sulawesi Selatan, Indonesia:

Tabel 1. Nilai Parameter Penyebaran Penyakit DBD di Sulawesi Selatan [8]

Paramater	Nilai	Keterangan
α_h	0.32883/hari	Rasio manusia terinfeksi dapat sembuh
$b\omega_v$	0.375 /hari	Rasio laju nyamuk dapat terinfeksi
$b\omega_h$	0.75 /hari	Rasio laju manusia dapat terinfeksi
λ_v	0.0323	Rasio kelahiran dan kematian nyamuk
λ_h	0.000046	Rasio kelahiran dan kematian manusia
$s_h(0)$	0.99993655	Rasio jumlah awal manusia rentan
$i_h(0)$	0.000063445	Rasio jumlah awal manusia terinfeksi

Menghitung besarnya premi tunggal bersih dilakukan dengan menggunakan *software R*, yaitu dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai β, α, dan γ

   Nilai β, α, dan γ dapat diperoleh dari mensubtitusi nilai parameter pada Tabel 1 ke dalam persamaan (17) - (19), sehingga diperoleh $\beta = 0.29475$, $\alpha = 0.328876$, dan $\gamma = 0.375$.
2. Menentukan nilai $i_h(t)$

   Nilai $i_h(t)$ dapat diperoleh dengan mensubtitusikan nilai parameter pada Tabel 1 ke persamaan (20), sehingga diperoleh $i_h(t) = 0.000126$
3. Menentukan nilai δ

   Nilai δ dapat diperoleh dengan mensubtitusi nilai suku bunga tahunan yang mengacu pada suku bunga Bank Indonesia yaitu $= 6.5\% = 0.065$, sehingga diperoleh $\delta = 0.0629748$
4. Menentukan nilai $\bar{a}_T^i$

   Nilai $\bar{a}_T^i$ dengan T adalah masa inkubasi penyakit demam berdarah *dengue* yaitu $T = \frac{14}{365} = 0.038356$ tahun, sehingga diperoleh $\bar{a}_T^i = 0.00000482$
5. Menentukan $\bar{P}(\bar{a}_T^i)$, $\bar{P}(\bar{A}_T^i)$, $\bar{P}(\bar{a}_T^i + \bar{A}_T^d)$, dan $\bar{P}(\bar{A}_T^i + \bar{A}_T^d)$

   Nilai $\bar{P}(\bar{a}_T^i)$, $\bar{P}(\bar{A}_T^i)$, $\bar{P}(\bar{a}_T^i + \bar{A}_T^d)$, dan $\bar{P}(\bar{A}_T^i + \bar{A}_T^d)$ dapat diperoleh dengan mensubtitusi nilai δ, nilai α, nilai $i_h(0)$, dan nilai $\bar{a}_T^i$ ke persamaan (10b), (12), (13) dan (14), sehingga diperoleh

Model	**Premi Tunggal Bersih**
1	3.0492×10^{-7}
2	3.1495×10^{-7}

Model 1: Menujukkan bahwa besarnya premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap di rumah sakit tanpa *benefit* kematian adalah sebesar 3.0492×10^{-7} per *benefit* Rp 1.

Model 2: Menujukkan bahwa besarnya premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap di rumah sakit dan *benefit* kematian adalah sebesar 3.1495×10^{-7} per *benefit* Rp 1.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah model premi asuransi tunggal bersih yang diperoleh dari penurunan model SIR ada 4 model yaitu model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap di rumah sakit tanpa *benefit* kematian, model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit lump sum*, model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit* berupa penanggungan biaya rawat inap di rumah sakit dengan *benefit* kematian, dan model untuk premi asuransi tunggal bersih dengan *benefit lump sum* dan *benefit* kematian. Berdasarkan hasil pembahasan dan simulasi yang dilakukan, penulis menyarankan agar peneliti sPelanjutnya untuk mengembangkan model premi tunggal bersih ini dengan mempertimbangkan cadangan preminya.

REFERENSI

[1] Boyce, W., & DiPrima, R., 2009, *Elementary Differential Equation and Boundary value Problems,* USA: John Wiley and Sons, Inc.

[2] Brauer, F., 2008, *Compartemental Models in Epidemiology*. Lecture Notes in Mathematics, Volume 1945, Hal 19-78.

[3] Feng, R., & Garido, J., 2009, Actuarial Applications of Epidemiological Models. *North American Journal,* Volume 15, No. 1, Hal 112-136.

[4] Kellison, S., 1991, *The Theory of Interest* (*Second Edition*)*,* New York: McGraw-Hill.

[5] Khalid, M. & Sultana, M., 2015, Numerical Solution of SIR Model of Dengue Fever, *International Journal of Computer Application* (0975 8887), Volume 118, No. 21, Hal. 1-4.

[6] Purcell, E.J., Varberg, D., & Rigdon, S.E., 2003, *Kalkulus Jilid I*, Jakarta: Erlangga.

[7] Rakhman, A., & Effendi, A. R., 2015, *Matematika Aktuaria*, Jakarta: Universitas Terbuka.

[8] Side, S., & Noorani, S. M., 2013, A SIR Model for Spread of Dengue Fever Disease (Simulation for South Sulawesi, Indonesia and Selangor, Malaysia), *World Journal of Modelling and Simulation,* Volume 9, No. 2, Hal 96-105.

[9] Taylor, H. M., & Karlin, S., 1998, *An Introduction to Stocastic Modeling 3rd Edition,* Academic Press, USA.

[10] Walpole, R. E., 1997, *Pengantar Statistika,* Edisi ke-3, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

[11] Collet, 1994. *Modelling Survival Data in Medical Reaserch.* 3th ed. London-Glasgow-Weinheim-New York-Tokyo-Melbourne-Madras: Caphman and Hall.