

## Model Matematika untuk Penyakit Infeksi Cacing Parasit pada Kuda

Elvi Syukrina Erianto<sup>1</sup>, Mia Siti Khumaeroh<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung  
Jl. A.H Nasution No. 105 Cibiru, Bandung, 40614  
Email: elvise@uinsgd.ac.id, miasitihumairoh@uinsgd.ac.id

### ABSTRAK

Pada dasarnya, kuda merupakan inang bagi beberapa cacing parasit seperti *Helminth*. Spesies cacing parasit ini, contohnya *Parascaris equorum*, biasanya ditemukan dalam usus kecil kuda. Pada kasus infeksi yang parah, parasit ini dapat menyebabkan inefisiensi, kehilangan energi, dan terkadang kolik pada kuda sehingga dapat mengganggu kegiatan kuda sehari-hari sebagai kuda tunggang, kuda beban, atau lainnya. Dalam artikel ini, dibangun model matematika penyebaran penyakit infeksi cacing pada kuda, dengan mempertimbangkan siklus hidup cacing pada kuda dan di lapangan bertujuan untuk melihat penyebaran penyakit serta penanggulangan yang dapat dilakukan untuk menekan distribusi penyakit. Metode yang dilakukan yakni studi literatur dengan mengumpulkan segala informasi terkait penyakit infeksi cacing dan siklus penyebarannya diikuti dengan pengembangan model matematika. Populasi kuda dibagi menjadi kompartemen kuda sehat ( $S$ ), kuda ekspos ( $E_x$ ), dan kuda terinfeksi ( $I$ ). Sementara kompartemen cacing terbagi menjadi telur ( $E$ ) dan larva ( $L$ ). Model matematika yang terbentuk kemudian dianalisis, mulai dari menentukan titik tetap bebas penyakit dan titik tetap endemik, kestabilan model, dilanjutkan dengan pencarian rasio reproduksi dasar ( $R_0$ ). Hasil analisis menunjukkan bahwa titik tetap bebas penyakit akan stabil asimptotik lokal pada saat  $R_0 < 1$ , adapun eksistensi dan kestabilan titik tetap endemik terjadi pada saat  $R_0 > 1$ . Dari interpretasi hasil simulasi numerik dengan menggunakan data sintesis, disarankan untuk melakukan pembersihan lingkungan dan pakan kuda minimal 10 hari sekali untuk menekan perkembangan dan persebaran telur serta larva cacing parasit.

**Kata Kunci:** infeksi cacing parasite, model matematika

### ABSTRACT

*Essentially, horse is the host of pretty much parasite worms, such as Helminth. The species of these parasite worms, namely Parascaris equorum is usually found in small intestine of the horse. In heavy infections, this parasite can cause unthriftiness, loss of energy, and occasionally colic for horses so that it can interfere horse's daily activities as a riding horse, working horse, or others. In this paper, we construct a mathematical model of Helminth infection disease in a horse, with life cycle of worms within the horse and in the field, aims to see the spread of the disease and countermeasures that can be done to decrease the distribution of the disease. The population of horse is divided into susceptible horse compartment ( $S$ ), exposed horse ( $E_x$ ), and infected horse ( $I$ ). While, compartment for worm is divided into egg ( $E$ ) and larvae ( $L$ ). The mathematical model that is formed is then analyzed, starting from determining the disease-free equilibrium point and the endemic equilibrium point, stability analysis, and then continuing with finding the basic reproduction ratio ( $R_0$ ). The result of analysis shows that the disease-free equilibrium point will be locally asymptotic stable when  $R_0 < 1$ , while the existence and stability of endemic equilibrium point happen when  $R_0 > 1$ . From the interpretation of the numerical simulation using synthetic data, it is recommended to clean the environment and horse feed at least once every 10 days to suppress the development and spread of parasite worm eggs and larvae.*

**Keywords:** parasite worms infection, mathematical model

### Pendahuluan

Kuda merupakan salahsatu hewan istimewa yang disebut beberapa kali di dalam Alqur'an, salahsatunya pada Surat An-Nahl ayat 8. Dalam ayat tersebut, disebutkan bahwa kuda diciptakan untuk

ditanggung dan sebagai perhiasan[1]. Dalam kajian filosofi Barkawi dipaparkan pemanfaatan kuda dari zaman Rasulullah SAW sebagai sarana transportasi dan perang, hingga saat ini masih dimanfaatkan walaupun teknologi sudah mengalami perkembangan yang pesat[1]. Di Indonesia sendiri,

sampai sekarang tenaga kuda masih banyak dimanfaatkan di beberapa daerah untuk moda transportasi baik sebagai kuda beban membantu petani maupun pendukung pariwisata seperti *Cidomo* di Lombok dan *Delman* di Bogor[2], [3]. Populasi kuda di Indonesia pada tahun 2021 tercatat sebanyak 401.328 ekor didominasi wilayah Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Timur[4].

Dalam kesehariannya, kesehatan dan pemeliharaan kuda harus diperhatikan. Salahsatu penyakit yang dapat menurunkan performa kuda yakni infeksi cacing atau kecacingan pada kuda[2]. Ada banyak faktor yang dapat mengakibatkan kuda mudah untuk terjangkit penyakit ini seperti nutrisi yang buruk, pengelolaan yang kurang diperhatikan, dan status kesehatan serta fisiologi lainnya[5]. Penyakit kecacingan pada umumnya disebabkan cacing parasit (Helminth). Cacing parasit adalah organisme multiseluler besar, yang mana dalam kondisi dewasa secara umum dapat dilihat dengan mata telanjang. Cacing parasit hidup dan makan dengan cara menyerap nutrisi tubuh yang ditumpangnya (inangnya). Pada umumnya, cacing parasit yang ditemukan pada kuda berasal dari keluarga Nematoda dengan spesies *Parascaris equorum*[6],[7]. Pada tahapan awal infeksi, kuda biasanya tidak akan menunjukkan gejala klinis yang khas[8]. Penyakit ini bersifat zoonosis, artinya dapat bertransmisi dari hewan ke manusia[5].

Kehidupan cacing *Parascaris equorum* banyak ditemukan pada saluran pencernaan kuda muda[9], [10] Siklus hidup *Parascaris equorum* terjadi pada 2 lingkungan, yaitu lingkungan luar (alam bebas) dan di dalam tubuh kuda. *Parascaris equorum* jantan dan betina bertemu dan bereproduksi pada usus kecil kuda. Betina mampu bertelur sebanyak 170.000 telur per hari. Telur *Parascaris equorum* memiliki cangkang yang berlapis, sehingga mampu membuat telur bertahan pada berbagai lingkungan bahkan hingga bertahun-tahun[6], [11]. Fase Pre-parasit terjadi pada lingkungan luar, dimana telur cacing yang terbawa pada feses kuda mulai berkembang. Telur cacing pada fase ini membutuhkan suhu berkisar  $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$  untuk dapat berkembang ke dalam fase selanjutnya[11]. Telur tidak dapat menginfeksi sampai dia mengandung larva[11]. Waktu yang dibutuhkan berkisar 10-14 hari. Fase Selanjutnya adalah telur yang memuat larva tingkat I atau biasa disebut larva tingkat I. Setelah 6 hari larva tingkat I berkembang menjadi larva tingkat II[12]–[14]. Pada umumnya, kuda memakan rumput yang mengandung telur dengan larva tingkat II, karena pada fase ini larva dapat berpindah tempat dan mudah terbawa oleh angin. Fase dimana larva tingkat II berada dalam tubuh kuda, disebut sebagai fase parasit. Larva tingkat II masuk ke dalam tubuh kuda melalui saluran pencernaan dan sampai di usus kecil kuda. Pada usus kecil kuda larva tingkat II akan

berpindah ke hati melalui dinding pada usus kecil. Biasanya larva tingkat II akan sampai di hati setelah 24 jam larva tingkat II termakan oleh kuda. Perubahan larva tingkat II menjadi larva tingkat III terjadi pada kelenjar mukosa antara usus kecil dan hati. Setelah 7-14 hari, mayoritas larva tingkat III berpindah ke paru-paru melalui arteri paru-paru kemudian naik ke pohon bronkus dan berakhir pada faring. Setelah itu kuda akan batuk dan larva tingkat III akan tertelan kembali. Larva tingkat III yang tertelan kembali akan berkembang menjadi larva tingkat IV dan dewasa pada usus kecil[9]. Fase parasit dalam tubuh kuda kurang lebih memakan waktu 10-14 minggu.

Model matematika dapat menggambarkan dinamika persebaran penyakit infeksi terhadap suatu populasi[15]. Setelahnya bahkan dapat direncanakan penanggulangan resiko akibat penyakit tersebut. Dinamika penyakit infeksi cacing sudah banyak dimodelkan oleh peneliti, seperti *SEIW* untuk model pemberantasan penyakit cacing *Guinea* dan *SEIRM* untuk model transmisi infeksi *Helminth* melalui tanah[16], [17]. Model matematika yang dibahas pada penelitian yang dilakukan Robert, dkk. fokus pada *nematoda* dalam air minum disebut sebagai cacing *Guinea* yang dapat menginfeksi manusia[16]. Model persebaran penyakitnya melibatkan manusia yang *Susceptible (S)*, *Exposed (E)* dan *Infected (I)* serta (*W*) sebagai kompartemen parasit di dalam air minum. Untuk satu jenis penyakit, model matematika dapat dikembangkan berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan yang berpengaruh kepada pembentukan kompartemen. Model yang dihasilkan dari penelitian Robert, dkk., pada tahun 2012 kemudian berkembang menjadi lebih detail dalam penelitian yang dilakukan Rendani tahun 2017 dengan mempertimbangan siklus hidup parasite yang melibatkan tiga organisme yakni vektor *copepod*, manusia dan parasite cacing[18]. Model yang berbeda untuk infeksi cacing *Guinea* dapat dilihat pada penelitian Indrajit, dkk., tahun 2018 yang melibatkan manusia, anjing dan *copepod*[19]. Penelitian terbaru membangun model penyakit cacing *Guinea* ini dengan memperhatikan persebaran yang melibatkan host *copepods*, *tadpoles*, kodok dan anjing[20]. Pada penelitian yang dilakukan Aristide, dkk., dibahas model penyebaran infeksi cacing *Helminth* pada manusia dengan kompartemen SEIR pada manusia dan M sebagai kompartemen parasite di tanah [17].

Membangun model matematika untuk penyakit-penyakit yang diderita kuda sudah pernah dibahas dalam banyak penelitian seperti penelitian yang dilakukan oleh Weesuda, dkk. (2022) dan Rüegg, dkk. (2008)[21][22]. Keduanya membahas tentang penyebaran penyakit pada kuda yang disebabkan oleh virus dan bakteri. Di dalam penelitian ini akan dibentuk model matematika persebaran penyakit

infeksi *Helminth* yang berfokus pada kuda dengan memperhatikan siklus transmisi di luar tubuh kuda. Pada penelitian yang dibahas sebelumnya, cacing parasit dimodelkan dalam satu kompartemen. Menimbang siklus kehidupan cacing yang berperan besar dalam transmisi di luar tubuh kuda terdiri dari telur dan larva, maka pada tulisan ini akan dibentuk model dengan kompartemen cacing parasit terbagi menjadi dua. Dengan melihat infeksi yang bersifat zoonosis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran penanggulangan penyebaran penyakit infeksi Helminth pada kuda melalui interpretasi model matematika.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni kajian literatur yang diikuti dengan pengembangan model matematika berkaitan dengan penyakit infeksi cacing parasite pada kuda. Penelitian diawali dengan pengkajian artikel dan buku yang berkaitan dengan siklus hidup cacing parasite *Helminth* dan distribusi penyebaran penyakit infeksi cacing yang diakibatkan terhadap kuda. Selanjutnya beberapa asumsi untuk pembentukan model diidentifikasi dan kemudian dibangun diagram persebaran penyakitnya. Langkah berikutnya yakni membangun model dan melakukan analisis kestabilan untuk titik tetap bebas penyakit serta titik tetap endemik. Angka reproduksi dasar ( $R_0$ ) ditentukan melalui *Next Generation Matrix (NGM)*. Setelah memperoleh  $R_0$ , dilakukan simulasi numerik dan interpretasi hasil.

### Hasil dan Pembahasan

#### Model Matematika

Dalam mengkonstruksi model matematis, diperlukan beberapa asumsi diantaranya distribusi usia kuda seragam, total seluruh populasi kuda konstan, semua kuda yang lahir dalam kondisi sehat. Habitat kuda memiliki kapasitas tertentu karena dikelompokkan dalam kuda yang dipelihara di peternakan, jadi bukan kuda yang hidup di alam liar. Kompartemen kuda yang terlibat dalam model ini adalah populasi kuda sehat ( $S$ ), kuda ekspos ( $E_x$ ), kuda terinfeksi ( $I$ ), total populasi kuda dinyatakan dengan ( $N$ ). Sedangkan untuk kompartemen cacing terdiri dari populasi telur cacing ( $E$ ), dan larva cacing ( $L$ ). Kompartemen cacing dalam hal ini tidak diikuti karena cacing hidup dan bereproduksi dalam tubuh kuda. Diagram kompartemen dari model penyakit infeksi cacing parasit pada kuda dapat dilihat pada Gambar 1.

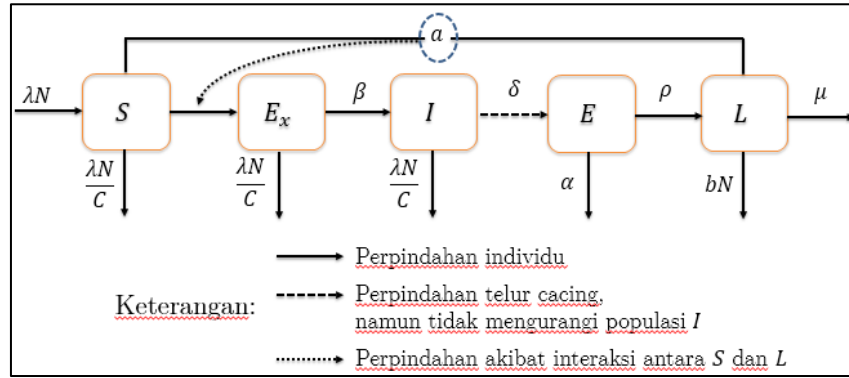
Berdasarkan diagram kompartemen pada Gambar 1, diperoleh sistem persamaan diferensial untuk masing-masing kompartemen, yaitu

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= \lambda N - aSL - \frac{\lambda N}{C} S \\ \frac{dE_x}{dt} &= aSL - \frac{\lambda N}{C} E_x - \beta E_x \\ \frac{dI}{dt} &= \beta E_x - \frac{\lambda N}{C} I \\ \frac{dE}{dt} &= \delta I - \rho E - \alpha E \\ \frac{dL}{dt} &= \rho E - \mu L - bNL \end{aligned} \quad (1)$$

Keterangan parameter ditampilkan dalam Tabel 1.  
 Tabel 1. Daftar parameter yang digunakan

Parameter	Deskripsi	Satuan
$\lambda$	Laju kelahiran kuda	1/hari
$a$	Koefisien interaksi kuda dan larva	1/(hari.larva)
$C$	Kapasitas habitat	ekor
$\beta$	Laju infeksi	1/hari
$\delta$	Laju produksi telur	1/hari
$\rho$	Laju transisi telur menjadi larva	1/hari
$\alpha$	Laju kematian alami telur cacing	1/hari
$\mu$	Laju kematian alami larva cacing	1/hari
$bN$	Koefisien interaksi larva dan populasi kuda	1/(hari.kuda)

Berdasarkan asumsi yang digunakan, populasi kuda konstan dan habitatnya memiliki kapasitas  $C$ , maka dimanfaatkan fungsi logistik untuk menghitung pertumbuhan populasi kuda[23]. Berdasarkan hal ini, laju kematian untuk kompartemen kuda memuat parameter  $\frac{\lambda N}{C}$ . Telur cacing yang disertakan dalam model merupakan telur cacing yang dikeluarkan oleh kuda terinfeksi melalui feses yang selanjutnya akan berkembang menjadi larva. Pada kompartemen larva cacing, terjadi pengurangan yang diakibatkan oleh adanya interaksi pada saat larva cacing termakan oleh kuda sebesar  $bNL$ . Setelah termakan, larva akan berkembang dan berubah menjadi cacing parasit di dalam tubuh kuda.



Gambar 1. Diagram kompartemen model penyakit infeksi cacing parasit pada kuda

### Titik Tetap

Titik tetap dari sistem persamaan (1) diperoleh dengan menyelesaikan persamaan (2) berikut ini.

$$\frac{dS}{dt} = 0, \frac{dE_x}{dt} = 0, \frac{dI}{dt} = 0, \frac{dE}{dt} = 0, \frac{dL}{dt} = 0 \quad (2)$$

diperoleh titik tetap bebas penyakit (*Disease Free Equilibrium*)  $E_1(S, E_x, I, E, L) = (C, 0, 0, 0, 0)$  dan titik tetap endemik (*endemic equilibrium*) yang dinyatakan dalam  $E^*$ , sebagai berikut.

$$E_2(S, E_x, I, E, L) = (S^*, E_x^*, I^*, E^*, L^*)$$

Di mana:

$$S^* = \frac{\lambda N C (N b + \mu)}{\alpha \rho C E^* + \lambda N (N b + \mu)}$$

$$E_x^* = \frac{\alpha \rho \lambda N C^2 E^*}{(\lambda N + \beta C)(\alpha \rho C E^* + \lambda N (N b + \mu))}$$

$$I^* = \frac{\beta \alpha \rho C^3 E^*}{(\lambda N + \beta C)(\alpha \rho C E^* + \lambda N (N b + \mu))}$$

$$E^* = \frac{\beta C^3 \delta \alpha \rho - \lambda N (C \beta + N \lambda)(N b + \mu)(\alpha + \rho)}{\alpha \rho C (C \beta + N \lambda)(\alpha + \rho)}$$

$$L^* = \frac{\rho E^*}{N b + \mu}$$

### Angka Reproduksi Dasar ( $R_0$ )

Angka reproduksi dasar merupakan nilai harapan banyaknya populasi rentan menjadi populasi terinfeksi selama masa infeksi. Angka reproduksi dasar ditentukan dengan hanya melibatkan persamaan yang mengandung infeksi, dalam kompartemen ini hanya kompartemen  $E_x, I, E, L$  yang dilibatkan. Angka reproduksi dasar diperoleh dengan mencari nilai eigen yang dominan dari *Next Generation Matrix (NGM)* berikut ini

$$NGM = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & C\alpha/Nb + \mu \\ C\beta/N\beta + N\lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \delta C/\lambda N & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho/\alpha + \rho & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Berdasarkan analisis, diperoleh nilai eigen yang dominan dari matriks *NGM* sebagai berikut.

$$R_0 = \left( \frac{\beta C^3 \delta \alpha \rho}{(C\beta + N\lambda)\lambda N(Nb + \mu)(\alpha + \rho)} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

### Analisis Eksistensi Titik Tetap Endemik

Titik tetap endemik ( $E_2$ ) akan bernilai positif pada saat  $E^* > 0$ , atau pada saat

$$\beta C^3 \delta \alpha \rho - \lambda N (C\beta + N\lambda)(N b + \mu)(\alpha + \rho) > 0,$$

$$\beta C^3 \delta \alpha \rho > \lambda N (C\beta + N\lambda)(N b + \mu)(\alpha + \rho)$$

Dalam bentuk sederhana dapat ditulis sebagai berikut.

$$\frac{\beta C^3 \delta \alpha \rho}{(C\beta + N\lambda)\lambda N(Nb + \mu)(\alpha + \rho)} > 1$$

Atau  $R_0 > 1$ .

Sehingga syarat eksistensi titik tetap endemik adalah  $R_0 > 1$ .

### Analisis Kestabilan Titik Tetap

Kestabilan titik tetap bebas penyakit dapat dievaluasi dengan mensubstitusi titik  $E_1(S, E_x, I, E, L)$  ke dalam matriks jacobian sistem persamaan diferensial (1) sebagai berikut:

$$Jacobian(E_1) = \begin{pmatrix} -\lambda N/C & 0 & 0 & 0 & -aC \\ 0 & -\lambda N/C - \beta & 0 & 0 & aC \\ 0 & \beta & -\lambda N/C & 0 & \beta \\ 0 & 0 & \delta & -\rho - \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho & -\mu - bN \end{pmatrix} \quad (5)$$

Persamaan karakteristik dari matriks jacobian (5) adalah

$$\det(Jacobian(E_1) - Ix) = 0$$

$$(Cx + N\lambda)(a_0 x^4 + a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4) = 0$$

Dengan

$$\begin{aligned}
 a_0 &= C^2 \\
 a_1 &= 2\lambda CN + \beta C^2 + yC^2 \\
 a_2 &= (\lambda CN + yC^2)\beta + \lambda^2 N^2 + 2CNy\lambda + zC^2 \\
 a_3 &= (\lambda CNy + C^2z)\beta + y\lambda^2 N^2 + 2CNz\lambda \\
 a_4 &= (1 - R_0^4)/(\beta C + N\lambda^2)Nz \\
 y &= (\alpha + \rho + \mu + bN) \\
 z &= (\alpha + \rho)(\mu + bN)
 \end{aligned}$$

Diketahui nilai eigen pertama adalah  $x = -N\lambda/c$ , dan koefisien polinomial karakteristik  $a_0 > 0$ ,  $a_1 > 0$ ,  $a_2 > 0$ ,  $a_3 > 0$ ,  $b_1 = (a_1 a_2 - a_0 a_3)/a_1 > 0$ , adapun  $a_4 > 0$  jika  $R_0 < 1$ . Sehingga berdasarkan kriteria Routh Hurwitz titik bebas penyakit stabil asimptotik lokal pada saat  $R_0 < 1$ .

### Simulasi Numerik

Pada bagian ini ditampilkan beberapa simulasi numerik terkait dengan nilai  $R_0$ .

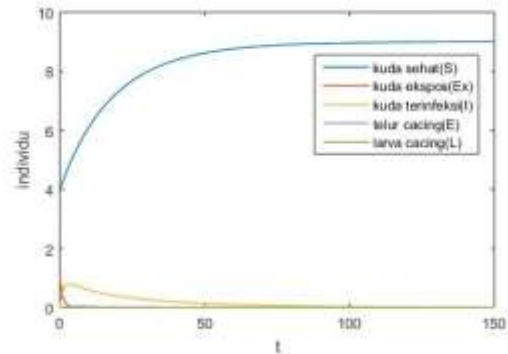
#### Simulasi Numerik untuk $R_0 < 1$

Simulasi numerik untuk kondisi  $R_0 < 1$  menggunakan nilai parameter yang disajikan dalam Tabel 2.

Dipilih syarat awal  $S(0) = 4, E_x(0) = 1, I(0) = 0, E(0) = 0, L(0) = 0$ . Hasil dari simulasi numerik disajikan dalam Gambar 2. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Gambar 2, terlihat bahwa solusi menuju ke titik tetap bebas penyakit  $E_1 = (9, 0, 0, 0, 0)$ .

Tabel 2. Tabel parameter simulasi numerik  $R_0 < 1$

Parameter	Nilai
$\lambda$	0,1
$a$	0,2
$C$	9
$\beta$	0,89
$\delta$	0,02
$\rho$	0,03
$\alpha$	0,4
$b$	0,01
$\mu$	0,1
$N$	5
$R_0$	0,7298101103



Gambar 2. Plot solusi untuk  $R_0 < 1$

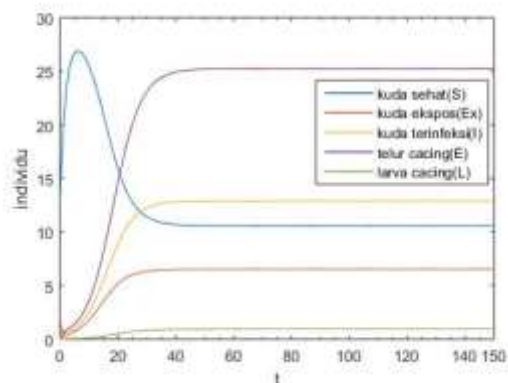
#### Simulasi Numerik untuk $R_0 > 1$

Simulasi numerik untuk kondisi  $R_0 > 1$  menggunakan nilai parameter yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Tabel parameter simulasi numerik  $R_0 > 1$

Parameter	Nilai
$\lambda$	0,9
$a$	0,9
$C$	30
$\beta$	0,89
$\delta$	0,9
$\rho$	0,06
$\alpha$	0,4
$b$	0,07
$\mu$	0,6
$N$	15
$R_0$	1,297618745

Dipilih syarat awal  $S(0) = 13, E_x(0) = 2, I(0) = 0, E(0) = 0, L(0) = 0$ . Hasil dari simulasi numerik disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Plot solusi untuk  $R_0 > 1$

Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Gambar 3, terlihat bahwa solusi menuju ke titik tetap endemik  $E_2 = ((10, 8), (6, 7), (12, 9), (25, 2), (0, 9))$ . Dapat dilihat juga telur cacing mulai mengalami

peningkatan yang signifikan sekitar 10 hari. Dari interpretasi data pada Gambar 3, penyebaran telur dan larva akan mengalami penurunan jika lingkungan dan pakan kuda yang terkontaminasi telur dan larva bisa dibersihkan setidaknya dalam 10 hari sekali.

### Kesimpulan

Model infeksi penyakit cacing pada kuda membagi populasi kuda ke dalam tiga kompartemen yaitu kuda sehat, kuda ekspos, kuda terinfeksi dan dua kompartemen pada cacing yaitu telur cacing dan larva cacing. Kompartemen cacing tidak diikutsertakan karena cacing hidup dalam tubuh kuda. Model ini memiliki dua titik tetap, yaitu tetap bebas penyakit (*disease free equilibrium*) dan titik tetap endemik (*endemic equilibrium*). Untuk  $R_0 < 1$  solusi stabil menuju titik tetap bebas penyakit, sedangkan untuk  $R_0 > 1$  solusi stabil menuju titik tetap endemik. Dari interpretasi data hasil simulasi  $R_0 > 1$ , untuk menekan penyebaran infeksi cacing parasit pada kuda dapat dilakukan usaha penanggulangan dengan rajin membersihkan lingkungan kuda setidaknya 10 hari sekali.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Faizal Ade R. Abdullah yang telah menginisiasi diskusi awal pengembangan model matematika ini.

### Daftar Pustaka

- [1] A. Prof and B. Kalib, "( An Interpretive Study ) The Philosophy of Hiring Horses in the Holy Quran ( An Interpretive Study ) ( An Interpretive Study )," vol. 17, no. 7, pp. 15653–15662, 2020.
- [2] D. Setiawan, I. Dwinata, and I. Oka, "Identifikasi Jenis Cacing Nematoda Pada Saluran Gastrointestinal Kuda Penarik Cidomo Di Kecamatan Selong, Lombok Timur," *Indones. Med. Veterinus*, vol. 3, no. 5, pp. 351–358, 2015.
- [3] H. Shatyaayupranathasari, E. Sudarnika, and Y. Ridwan, "Prevalensi dan faktor risiko infeksi cacing saluran pencernaan pada kuda delman di Kota Bogor," *Acta Vet. Indones.*, vol. 9, no. 2, pp. 87–96, 2021.
- [4] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian, *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2021/Livestock and Animal Health Statistics 2021*. 2021.
- [5] K. E. Ogbein, A. G. Dogo, D. O. Oshadu, and E. R. Edeh, "Gastrointestinal parasites of horses and their socio-economic impact in Jos Plateau – Nigeria," *Appl. Vet. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–11, 2022, doi: 10.31893/avr.2022010.
- [6] E. O. Lind, E. Rautalinko, A. Uggla, P. J. Waller, D. A. Morrison, and J. Höglund, "Parasite control practices on Swedish horse farms," *Acta Vet. Scand.*, vol. 49, no. 1, pp. 1–9, 2007, doi: 10.1186/1751-0147-49-25.
- [7] E. Zelpina, S. Sujatmiko, P. S. Noor, and D. Lefiana, "Parascaris equorum in Horses of Payakumbuh City, West Sumatra, Indonesia," *World's Vet. J.*, vol. 12, no. 2, pp. 181–185, 2022, doi: 10.54203/scil.2022.wvj23.
- [8] I. H. Pratama, S. Supriadi, M. Janah, and A. L. D. Agustin, "Deteksi Telur Nematoda Gastrointestinal Pada Feses Kuda (Equus caballus) Cidomo Di Pasar Kecamatan Empang Sumbawa," *Mandalika Vet. J.*, vol. 1, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.33394/mvj.v1i1.3620.
- [9] B. Koudela and Š. Bodeček, "Effects of low and high temperatures on viability of Parascaris equorum eggs suspended in water," *Vet. Parasitol.*, vol. 142, no. 1–2, pp. 123–128, 2006, doi: 10.1016/j.vetpar.2006.05.031.
- [10] M. M. Attia *et al.*, "Evaluation of immune responses and oxidative stress in donkeys: Immunological studies provoked by Parascaris equorum infection," *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 2173–2179, 2022, doi: 10.1016/j.sjbs.2021.11.044.
- [11] A. G. Boyle and R. Houston, "Parasitic Pneumonitis and Treatment in Horses," *Clin. Tech. Equine Pract.*, vol. 5, no. 3, pp. 225–232, 2006, doi: 10.1053/j.ctep.2006.03.018.
- [12] V. Devani, M. I. H. Umam, Y. Aiza, and S. Sarbaini, "Optimization of Tire Production Planning Using The Goal Programming Method and Sensitivity Analysis," *Int. J. Comput. Sci. Appl. Math.*, vol. 8, no. 2, pp. 36–40, 2022.
- [13] M. L. Hamzah, M. Rizki, and M. I. H. Umam, "Integration of Fuzzy Logic Algorithms with Failure Mode and Effect Analysis for Decision Support Systems in Product Quality Improvement of Piano Cabinets," in *2022 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)*, 2022, pp. 13–19.
- [14] S. Sarbaini, "Modeling of Traffic Flow Schemes at Road Intersections in Pekanbaru City Using Compatible Graphs," *Eduma Math. Educ. Learn. Teach.*, vol. 11, no. 2, pp. 213–222, 2022.
- [15] J. C. Blackwood and L. M. Childs, "An introduction to compartmental modeling for

- the budding infectious disease modeler,” *Lett. Biomath.*, vol. 5, no. 1, pp. 195–221, 2018, doi: 10.1080/23737867.2018.1509026.
- [16] R. J. Smith?, P. Cloutier, J. Harrison, and A. Desforges, “A mathematical model for the eradication of Guinea Worm Disease,” *Underst. Dyn. Emerg. Re-Emerging Infect. Dis. Using Math. Model.*, vol. 661, no. 2, pp. 133–156, 2012.
- [17] A. G. Lambura, G. G. Mwanga, L. Luboobi, and D. Kuznetsov, “Mathematical Model for Optimal Control of Soil-Transmitted Helminth Infection,” *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/6721919.
- [18] R. Netshikweta and W. Garira, “A Multiscale Model for the World’s First Parasitic Disease Targeted for Eradication: Guinea Worm Disease,” *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/1473287.
- [19] I. Ghosh, P. K. Tiwari, S. Mandal, M. Martcheva, and J. Chattopadhyay, “A mathematical study to control guinea worm disease: A case study on chad,” *J. Biol. Dyn.*, vol. 12, no. 1, pp. 846–871, 2018, doi: 10.1080/17513758.2018.1529829.
- [20] J. E. Vinson, A. W. Park, C. A. Cleveland, M. J. Yabsley, V. O. Ezenwa, and R. J. Hall, “Alternative transmission pathways for guinea worm in dogs: implications for outbreak risk and control,” *Int. J. Parasitol.*, vol. 51, no. 12, pp. 1027–1034, 2021, doi: 10.1016/j.ijpara.2021.05.005.
- [21] W. Phisitsak, A. Wiratsudakul, and N. Nuchprayoon, “Dynamic Transmission of African Horse Sickness in Horse Populations during the First Epidemic in Thailand” *48 J. Appl. Anim. Sci.*, vol. 15, no. 1, pp. 47–62, 2022.
- [22] S. R. Rüegg, D. Heinzmann, A. D. Barbour, and P. R. Torgerson, “Estimation of the transmission dynamics of *Theileria equi* and *Babesia caballi* in horses,” *Parasitology*, vol. 135, no. 5, pp. 555–565, 2008, doi: 10.1017/S0031182008004204.
- [23] B. Barnes and G. R. Fulford, *Mathematical modelling with case studies: a differential equations approach using Maple and MATLAB*. Chapman and Hall/CRC, 2011.