

MODEL RANTAI MAKANAN ANTARA TANAMAN JAGUNG, HAMA TIKUS, DAN BURUNG HANTU DENGAN PEMASANGAN PERANGKAP TIKUS

FOOD CHAIN MODEL OF CORN, RAT PEST, AND OWL WITH RAT TRAP INSTALLATION

Nela Rizka^{§1}

¹Institut Teknologi Sumatera [Email:nela.rizka@ma.itera.ac.id]

[§]Corresponding Author

Received Nov 17th 2022; Accepted Dec 30th 2022; Published Dec 30th 2022;

Abstrak

Jagung adalah salah satu komoditas tanaman pangan yang mempunyai peranan penting bagi perekonomian Indonesia. Namun, tercatat bahwa belakangan ini terjadi penurunan produksi tanaman jagung. Komoditas ini mempunyai peran yang sangat penting bagi perekonomian Indonesia. Perlu peran dan kerjasama berbagai pihak untuk upaya pengatasan masalah produksi ini. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah pengendalian penyerangan hama tanaman. Salah satu hama yang menyerang jagung adalah hama tikus. Untuk mengatasi serangan hama ini, bisa dilakukan beberapa pengendalian seperti pemakaian racun, perangkap tikus, dan penempatan burung hantu di area perkebunan. Dinamika dari fenomena tersebut, dilakukan penelitian terkait model rantai makanan antara jagung, tikus, dan burung hantu. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat empat buah titik kesetimbangan yang eksis, yaitu titik kepunahan semua subpopulasi (E_1), titik kepunahan subpopulasi jagung (E_3), titik koeksistensi/ semua subpopulasi (E_4), dan titik kepunahan burung hantu (E_5). Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem stabil menuju E_4 , yaitu titik dimana semua subpopulasi eksis, walaupun subpopulasi tikus menurun menuju 0. Sedangkan untuk metode pengontrolan hama tikus yang lebih efektif adalah dengan menggunakan burung hantu.

Kata Kunci: burung hantu, jagung, model, *predator-prey*, rantai makanan, tikus

Abstract

Corn is one of the food crop commodities that has an important role for economy of Indonesia. However, it was noted that recently there has been a decline in production of corn as crop commodities. So, all of parties should take their own role to overcome this production problem. The effort that we can do is to control the attack of plant pests, such as rat pest. To minimize the lost caused by them, several controls can be used, for instances using rat poison, rat traps, and owls. To see the dynamics of this phenomenon, research was carried out related to the model of food chain of corn, rats, and owls. The differential equations of the food chain model have four equilibrium points, namely the extinction point for all subpopulation (E_1), the extinction point for the corn subpopulation (E_3), the co-existence point

(E_4), and the owl extinction point (E_5). The system stable to E_4 , which is all the subpopulations exist, even though the rat subpopulation decreases towards 0. In addition, the more effective control method to used is using owls.

Keywords: rats, predator-prey, owls, model, food chain, corn

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara pertanian yang menghasilkan berbagai macam komoditas tanaman pangan, salah satunya adalah jagung. Komoditas ini mempunyai peran yang sangat penting bagi perekonomian Indonesia, dimana terlihat dari perannya sebagai kontributor nomor dua terbesar bagi PDB setelah padi dalam subsektor tanaman pangan [1].

Pemanfaatan jagung sangatlah luas dan bervariasi. Jagung tidak hanya dikonsumsi langsung sebagai makanan penghasil karbohidrat, akan tetapi juga digunakan sebagai pakan ternak, dan industri. Permintaan akan jagung untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat diperkirakan akan semakin tinggi [2]. Namun, menurut [3], terjadi penurunan produktivitas pertanian. Para ahli kependudukan telah melakukan proyeksi bahwa jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2035 mendatang mencapai 350 juta. Akibatnya, tingkat konsumsi per kapita juga akan meningkat. Namun, tingkat produksi dan ketersediaan lahan yang dimiliki dinilai masih kurang. Misal beras, pada tahun 2035 diproyeksikan bahwa luas lahan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi tersebut adalah 11 juta hektar sawah. Akan tetapi, tercatat bahwa luas lahan sawah yang dimiliki Indonesia saat ini adalah 6,5 juta hektar. Akibatnya, untuk memenuhi kebutuhan tersebut pemerintah melakukan impor 29 komoditas pangan, diantaranya termasuk jagung.

Adanya penurunan produksi tanaman pangan ini disebabkan karena permasalahan yang terjadi di berbagai aspek, seperti aspek geografi, kebijakan pemerintah, dan aspek program pemerintah. Perlu peran dan kerjasama berbagai pihak untuk upaya pengatasan masalah produksi ini. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah pengendalian penyerangan hama tanaman.

Beberapa hama atau musuh alami pada tanaman jagung ialah kumbang kubah, semut hitam, *monochillus*, kumbang koksi, lalat tanchinid, belalang hijau, belalang kayu, laba-laba [4]. Selain itu, hama tikus juga merupakan musuh alami dari jagung. Bahkan serangan dari tikus lebih dikhawatirkan karena adanya kemampuan indera penciumannya yang tajam.

Kerusakan yang disebabkan oleh serangan tikus maupun hama lainnya tentu saja menimbulkan kerugian kepada beberapa pihak terkait, terutama petani. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pencegahan dan penurunan jumlah penyerangan oleh tikus sehingga kerugian-kerugian tersebut dapat diminimalisir. Beberapa contoh usaha pencegahan yang dapat dilakukan diantaranya adalah dengan menggunakan racun tikus, memasang perangkap tikus, dan menyebarkan atau memelihara musuh alami dari tikus, seperti burung hantu, di area perkebunan. Untuk melihat dinamika interaksi dari fenomena rantai makanan antara jagung

sebagai mangsa, tikus sebagai pemangsa jagung, dan burung hantu sebagai pemangsa tikus, maka dilakukan penelitian terkait hal ini dengan membuat dan menganalisis model interaksinya.

2. Landasan Teori

2.1 Model Pertumbuhan Logistik

Model pertumbuhan logistik dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\frac{dx(t)}{dt} = rx(t) \left(1 - \frac{x(t)}{K}\right) \quad (2)$$

dengan r merupakan laju pertumbuhan instrinsik dari populasi x dan diasumsikan bernilai positif. Sedangkan parameter positif K merujuk kepada daya dukung lingkungan populasi x [5].

2.2 Model Lotka-Volterra

Model Lotka-Volterra menggambarkan bentuk interaksi mangsa dan pemangsa yang mengabaikan beberapa kondisi yang dinyatakan dalam bentuk asumsi-asumsi. Berikut asumsi-asumsi yang digunakan dalam membangun model Lotka-Volterra.

- Ketersediaan makanan untuk populasi mangsa diasumsikan berlimpah jika tidak ada penyerangan dari pemangsa
- Kemampuan pemangsa untuk bertahan hidup tergantung kepada ketersediaan mangsa.
- Laju penyerangan oleh mangsa bergantung kepada interaksi antara pemangsa dengan mangsa

- Tingkat pertumbuhan populasi predator sebanding dengan asupan makanan (laju pemangsaan)

Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut, persamaan Lotka- Volterra dinyatakan sebagai berikut.

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$

$$\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y$$

Variabel x menyatakan banyaknya populasi mangsa dan y menyatakan banyaknya populasi pemangsa. Adapun α, β, δ , dan γ merupakan konstanta positif yang masing-masingnya secara berurutan menunjukkan laju pertumbuhan intrinsik mangsa, tingkat interaksi pemangsa terhadap mangsa, tingkat interaksi mangsa terhadap pemangsa, dan tingkat kematian alami pemangsa [6].

2.3 Kriteria Routh-Hurwitz

Diberikan sebuah fungsi polinomial karakteristik berderajat n sebagai berikut.

$$P(\lambda) = \lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \dots + a_{n-1}\lambda + a_n \quad (1)$$

dengan a_i untuk $i = 1, 2, \dots, n$ merupakan suatu konstanta riil. Selanjutnya, definisikan matriks Hurwitz berukuran n dengan entri-entri matriksnya berupa koefisien-koefisien a_i dari persamaan polinomial karakteristik (1).

$$H_1 = [a_1], H_2 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 \\ a_3 & a_2 \end{bmatrix}, H_3 = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 \\ a_5 & a_4 & a_3 \end{bmatrix}$$

$$\text{dan } H_n = \begin{bmatrix} a_1 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & 1 & \dots & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_n \end{bmatrix}$$

dengan $a_j = 0$.

Seluruh akar rill dari persamaan polinomial karakteristik (1) akan bernilai negatif jika dan hanya jika nilai determinan dari setiap matriks Hurwitz bernilai positif, dengan kata lain $\det H_j > 0$, untuk setiap $j = 1, 2, \dots, n$.

Berikut kriteria Routh Hurwitz untuk persamaan polinomial berderajat n , dengan $n = 2$, $n = 3$, $n = 4$, dan $n = 5$.

- a. Untuk $n = 2$, kriterianya adalah $a_1 > 0$, $a_2 > 0$.
- b. Untuk $n = 3$, kriterianya adalah $a_1 > 0$, $a_3 > 0$ dan $a_1 \cdot a_3 > 0$.
- c. Untuk $n = 4$, $a_1 > 0$, $a_3 > 0$, $a_4 > 0$ dan $a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 > a_3^2 + a_1^2 a_4$
- d. Untuk $n = 5$, $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 > 0$, $a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 > a_3^2 + a_1^2 a_4$, dan $mn > p + q$. Adapun nilai untuk m, n, p , dan q masing-masing adalah sebagai berikut.

$$m = (a_1 a_4 - a_5);$$

$$n = (a_1 a_2 a_3 - a_3^2 - a_1^2 a_4);$$

$$p = a_5 (a_1 a_2 - a_3)^2; \text{ dan}$$

$$q = a_1 a_5^2. [7]$$

3. Hasil Dan Pembahasan

Model rantai makanan pada penelitian ini menggunakan konsep pemodelan predator-prey. Ada tiga kelompok populasi yang digunakan pada pemodelan rantai makanan ini, yaitu populasi

jagung (C) sebagai prey, populasi hama tikus (R) sebagai predator dari jagung sekaligus mangsa bagi burung hantu, dan populasi burung hantu (O) sebagai pemangsa dari hama tikus. Disamping sebagai predator, penambahan populasi burung hantu pada pemodelan ini adalah sebagai pengontrol jumlah tikus dengan harapan bisa meminimalkan jumlah penyerangan hama tikus pada tanaman jagung. Lebih lanjut, pemasangan perangkap tikus juga digunakan sebagai parameter kontrol.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada model rantai makanan ini adalah sebagai berikut.

- a. Populasi predator dan prey bersifat tertutup (tidak ada migrasi).
- b. Model ini mengkaji interaksi dari tiga kelompok populasi, yaitu jagung hanya dimangsa oleh tikus, populasi tikus merupakan pemangsa dari jagung dan hanya memangsa jagung. Burung hantu hanya memangsa tikus dan tikus hanya dimangsa oleh burung hantu.
- c. Apabila tidak ada interaksi antara populasi jagung dan tikus, maka pertumbuhan jagung mengikuti model logistik dengan laju pertumbuhan instrinsik sebesar α , dan populasi tikus serta burung hantu akan menurun secara eksponensial.
- d. Tidak ada penyakit pada ketiga kelompok populasi.
- e. Daya dukung lingkungan (N) bernilai konstan.

Berdasarkan uraian asumsi di atas, berikut diperoleh model rantai makanan antara kelompok populasi jagung (C), hama tikus (R), burung hantu (O) yang dilengkapi dengan skenario

pemasangan perangkap tikus.

$$\begin{aligned} \frac{dC}{dt} &= \alpha C \left(1 - \frac{C}{N}\right) - \beta CR \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma CR - \delta RO - \epsilon R \\ \frac{dO}{dt} &= \theta RO - \mu O \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan:

- $C(t)$: Jumlah populasi jagung pada saat t
- $R(t)$: Jumlah populasi tikus pada saat t
- $O(t)$: Jumlah populasi burung hantu pada saat t
- N : Daya dukung lingkungan untuk jagung
- α : Tingkat pertumbuhan intrinsik jagung
- β : Tingkat interaksi tikus terhadap jagung
- γ : Tingkat interaksi jagung terhadap tikus
- δ : Tingkat interaksi burung hantu terhadap tikus
- θ : Tingkat interaksi tikus terhadap burung hantu
- ϵ : Laju tangkapan oleh perangkap tikus
- μ : Laju kematian alami burung hantu.

Semua parameter yang digunakan adalah konstanta positif.

3.1 Titik Kesetimbangan dan Syarat Eksistensi

Titik kesetimbangan sistem (3) diperoleh dengan menentukan solusi dari $\frac{dC}{dt} = \frac{dR}{dt} = \frac{dO}{dt} = 0$, sehingga diperoleh titik ekuilibrium sebagai berikut.

- i. $E_1(C, R, O) = E_1(0,0,0)$
- ii. $E_2(C, R, O) = E_1\left(0, \frac{\mu}{\theta}, -\frac{\epsilon}{\delta}\right)$
- iii. $E_3(C, R, O) = E_3(N, 0, 0)$

- iv. $E_4(C, R, O) = E_4\left(\frac{N(\alpha\theta - \beta\mu)}{\alpha\theta}, \frac{\mu}{\theta}, \frac{N\gamma(\alpha\theta - \beta\mu) - \alpha\theta\epsilon}{\alpha\delta\theta}\right)$
- v. $E_5(C, R, O) = E_5\left(\frac{\epsilon}{\gamma}, \frac{\alpha(N\gamma - \epsilon)}{N\gamma\beta}, 0\right)$

Dari titik ekuilibrium yang sudah dituliskan sebelumnya, E_2 dihilangkan dari daftar titik ekuilibrium dan tidak akan dianalisis lebih lanjut. Hal ini dikarenakan ada kompartemen yang bernilai negatif di E_2 , yaitu $O = -\frac{\epsilon}{\delta}$, dengan $\epsilon > 0, \delta > 0$. Titik ekuilibrium E_4 eksis dengan syarat $\frac{\alpha N \gamma \theta}{N \beta \gamma \mu + \alpha \theta \epsilon} > 1$ dan $\frac{\alpha \theta}{\beta \mu} > 1$. Adapun titik ekuilibrium E_1 dan E_3 sudah pasti eksis, sedangkan E_5 syarat eksistensi adalah $\frac{\alpha \theta}{\beta \mu} > 1$ dan $\frac{N \gamma}{\epsilon} > 1$. Dengan demikian, titik ekuilibrium yang akan dianalisis kestabilannya adalah E_1, E_3, E_4 dan E_5 .

3.2 Kestabilan dari Titik Ekuilibrium

Sebagaimana yang telah disampaikan sebelumnya, akan dilihat dinamika disekitar titik-titik kesetimbangan yang eksis dengan memeriksa kestabilannya. Pertama, dibentuk matriks Jacobian dari sistem (3) berikut.

$$J = \begin{bmatrix} \alpha \left(1 - \frac{C}{N}\right) - \frac{\alpha C}{N} - \beta R & -\beta C & 0 \\ \gamma R & \gamma C - \delta O - \epsilon & -\delta R \\ 0 & \theta O & \theta R - \mu \end{bmatrix} \quad (4)$$

Selanjutnya, akan dilihat kestabilan untuk masing-masing titik kesetimbangan.

Kestabilan di titik kesetimbangan $E_1(0, 0, 0)$

Dengan mensubstitusikan E_1 ke matriks

Jacobian (4), diperoleh

$$J_1 = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 \\ 0 & -\epsilon & 0 \\ 0 & 0 & -\mu \end{bmatrix}$$

dengan nilai eigen $\lambda_1 = \alpha$, $\lambda_2 = -\epsilon$, dan $\lambda_3 = \mu$. Karena ada nilai eigen yang positif, maka disimpulkan bahwa system tidak stabil ke E_1 .

Kestabilan di titik kesetimbangan

$$E_3 \left(0, \frac{\mu}{\theta}, -\frac{\epsilon}{\delta} \right)$$

Berikut diperoleh matrik J_2 dengan mensubstitusikan titik E_3 ke matriks Jacobian (4),

$$J_3 = \begin{bmatrix} -\alpha & -\beta N & 0 \\ 0 & N\gamma - \epsilon & 0 \\ 0 & 0 & -\mu \end{bmatrix}$$

yang memberikan nilai eigen $\lambda_1 = -\alpha$, $\lambda_2 = N\gamma - \epsilon$, dan $\lambda_3 = -\mu$. Sistem stabil ke E_3 dengan syarat $\frac{N\gamma}{\epsilon} < 1$.

Kestabilan di titik kesetimbangan

$$E_4 \left(\frac{N(\alpha\theta - \beta\mu)}{\alpha\theta}, \frac{\mu}{\theta}, \frac{N\gamma(\alpha\theta - \beta\mu) - \alpha\theta\epsilon}{\alpha\delta\theta} \right)$$

Titik ekulibrium E_4 disubstitusikan ke matriks Jacobian (4) dan memberikan persamaan polinomial karakteristik berikut.

$$\lambda^3 + a_1\lambda^2 + a_2\lambda + a_3 = 0$$

dengan

$$a_1 = \frac{\alpha^2\theta^2 - \alpha\beta\mu\theta}{\alpha\theta^2}$$

$$a_2 = \frac{N\alpha\gamma\mu\theta(\beta + \theta) - N\beta\gamma\mu^2(\beta - \theta) - \alpha\mu\theta^2\epsilon}{\alpha\theta^2}$$

a_3

$$= \frac{N\alpha\gamma\mu\theta(\alpha\theta - 2\beta\mu) + N\beta^2\gamma\mu^3 + \alpha\mu\theta\epsilon(\beta\mu - \alpha\theta)}{\alpha\theta^2}$$

Untuk menentukan kestabilan pada E_4 , akan

digunakan kriteria kestabilan *Routh-Hurwitz* untuk persamaan polinomial karakteristik berderajat 3, yaitu $a_1 > 0$, $a_2 > 0$, dan $a_1a_2 > a_3$. Dengan demikian diperoleh bahwa sistem stabil ke E_4 dengan syarat $\frac{\alpha\theta}{\beta\mu} > 1$, $\frac{N\alpha^2\gamma\theta^2 + \beta\mu(N\beta\gamma\mu + \alpha\theta\epsilon)}{\alpha\theta(2N\beta\gamma\mu + \alpha\theta\epsilon)} > 1$, dan $\frac{\alpha^2\theta^2 + \beta^2\mu^2}{2\alpha\theta\beta\mu} > 1$.

Kestabilan di titik kesetimbangan

$$E_5 \left(\frac{\epsilon}{\gamma}, \frac{\alpha(N\gamma - \epsilon)}{N\gamma\beta}, 0 \right)$$

Matriks J_5 berikut diperoleh dengan mensubstitusikan E_5 ke matriks Jacobian (4).

$$J_5 = \begin{bmatrix} P & -\frac{\beta\epsilon}{\gamma} & 0 \\ Q & 0 & -\frac{\delta Q}{\gamma} \\ 0 & 0 & \frac{\theta Q}{\gamma} - \mu \end{bmatrix}$$

dengan

$$P = \alpha \left(\alpha - \frac{\epsilon}{\gamma N} \right) - \frac{\alpha\epsilon}{\gamma N} - \frac{\alpha(N\gamma - \epsilon)}{N\gamma}$$

$$Q = \frac{\alpha(N\gamma - \epsilon)}{N\beta}$$

Matriks J_5 mempunyai tiga nilai eigen, yaitu $\lambda_1 = N\alpha\gamma\theta - (N\beta\gamma\mu + \alpha\theta\epsilon)$, sedangkan λ_2 dan λ_3 memenuhi persamaan kuadrat berikut.

$$\frac{N\gamma\lambda^2 + \epsilon\alpha\lambda + \alpha N\gamma\epsilon - \alpha\epsilon^2}{\gamma^2 N^2 \beta} = 0 \quad (5)$$

Adapun syarat kestabilan sistem di titik kesetimbangan E_5 adalah $\frac{N\beta\gamma\mu + \alpha\theta\epsilon}{N\alpha\gamma\theta} > 1$ dan $\frac{N\alpha\gamma}{\epsilon} > 1$.

3.3 Simulasi

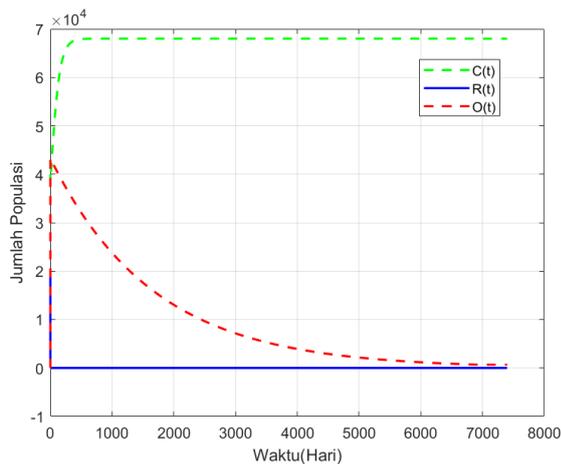
Berkaitan dengan kajian kestabilan sistem yang telah dilakukan sebelumnya, maka akan dilakukan simulasi untuk memperkuat hasil

analisis yang diperoleh. Nilai parameter yang digunakan adalah nilai parameter yang sesuai dengan referensi dan juga berupa hasil perhitungan berdasarkan informasi dari referensi terkait. Rincian nilai-nilai parameter yang digunakan untuk simulasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai-nilai Parameter

Parameter	Nilai	Satuan
N	68.000	pohon
α	0,0125	1/hari
β	0,001	(1/ekor)/waktu
γ	0,001	(1/rumpun)/waktu
δ	0,1667	(1/ekor)/waktu
θ	0,2	(1/ekor)/waktu
ϵ	0,02	1/ hari
μ	0,0006	1/ hari

Berikut grafik hasil simulasi menggunakan parameter Tabel. 1.

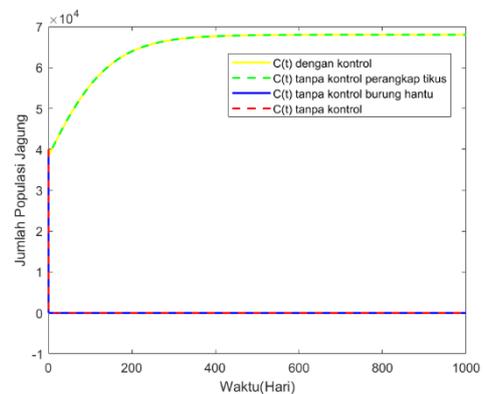


Gambar 1. Grafik solusi $C(t), R(t), O(t)$

Pada Gambar 1. dapat dilihat bahwa populasi Jagung tidak punah dan bergerak menuju nilai daya dukung lingkungan (N). Sedangkan populasi hama tikus menurun mendekati nilai 0 dan populasi burung hantu sempat mengalami kenaikan jumlah populasi, namun pada akhirnya mengalami penurunan jumlah, namun bukan 0.

Agar hasil analisis yang diperoleh berdasarkan hasil simulasi numerik bersesuaian dengan hasil analisis analitiknya, maka parameter pada Tabel 1. Disubstitusikan ke semua nilai eigen untuk masing-masing titik ekuilibrium. Diperoleh bahwa hanya titik $E_4 \left(\frac{N(\alpha\theta - \beta\mu)}{\alpha\theta}, \frac{\mu}{\theta}, \frac{N\gamma(\alpha\theta - \beta\mu) - \alpha\theta\epsilon}{\alpha\delta\theta} \right)$ yang semua nilai eigennya bernilai negatif. Hal ini menunjukkan hasil analisis numerik bersesuaian dengan analisis secara analitiknya. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem stabil ke $E_4(67983.68, 0.003, 407.746)$, yaitu kondisi koeksistensi dengan jumlah populasi tikus yang sangat kecil mendekati 0.

Lebih lanjut, dilakukan juga simulasi untuk beberapa skenario, yaitu: (i) kondisi sistem yang ditambahkan kontrol berupa perangkap tikus dan burung hantu; (ii) kondisi sistem tanpa kontrol perangkap tikus (kontrolnya hanya berupa burung hantu); (iii) kondisi sistem tanpa kontrol burung hantu (kontrolnya hanya berupa perangkap tikus); dan (iv) kondisi system tanpa control sama sekali. Grafik simulasi untuk semua kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Grafik solusi $C(t)$ untuk beberapa kondisi

Pada Gambar 2. terlihat bahwa kurva $C(t)$ dengan kontrol berhimpitan dengan $C(t)$ tanpa

kontrol perangkap tikus. Sedangkan kurva $C(t)$ tanpa kontrol sama sekali dengan kurva $C(t)$ tanpa kontrol burung hantu juga saling berhimpitan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan perangkap tikus tidak terlalu efektif untuk bisa mengurangi jumlah tikus. Sebaliknya, dengan menggunakan burung hantu sebagai predator untuk mengontrol jumlah tikus maupun jumlah penyerangan terhadap jagung cukup signifikan.

4. Kesimpulan Dan Saran

Model rantai makanan antara populasi jagung, tikus, dan burung hantu ditunjukkan pada sistem persamaan (3). Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat empat buah titik kesetimbangan yang eksis, yaitu titik kepunahan semua subpopulasi (E_1), titik kepunahan subpopulasi jagung (E_3), titik koeksistensi/semua subpopulasi (E_4), dan titik kepunahan burung hantu (E_5). Saat simulasi menggunakan parameter pada Tabel 1. diperoleh bahwa sistem stabil menuju E_4 , yaitu titik dimana semua subpopulasi eksis, walaupun subpopulasi tikus menurun menuju 0. Sedangkan untuk metode pengontrolan hama tikus yang lebih efektif adalah dengan menggunakan burung hantu.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah mendukung penulisan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. A. Sulaiman, I. . Kariyasa, Hoerudin, K. Subagyono, Suwandi, and F. A. Bahar, “Cara Cepat Swasembada Jagung,” 2018.
- [2] R. G. Kinastri and I. M. I. Hasmarini, “Analisis Ekspor Jagung di Indonesia dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya,” 2019, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/76995>
- [3] B. A. Anggaran, A. Pelaksanaan, and S. DPR-RI, “Permasalahan dan Upaya Peningkatan Produktivitas Pertanian,” *Jakarta Penerbit Sekr. Jenderal Dewan Perwakilan Rakyat*, 2011.
- [4] E. Surya and R. Rubiah, “Kelimpahan Musuh Alami (Predator) Pada Tanaman Jagung Di Desa Saree Kecamatan Lembah Seulawah Kabupaten Aceh Besar,” *Serambi Saintia J. Sains dan Apl.*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [5] S. Toaha, “Analisis Kestabilan Model Logistik Satu Populasi Dengan Tundaan Waktu,” *J. Mat. Stat. dan Komputasi*, vol. 8, no. 2, pp. 131–138, 2012.
- [6] L. Edelstein-Keshet, *Mathematical models in biology*. SIAM, 2005.
- [7] L. J. S. Allen, “An introduction to mathematical biology., 2007,” *ISBN*, vol. 10, pp. 0–13.