

PENGARUH EKSPLOITASI BERLEBIHAN POPULASI *PREY* PADA MODEL *PREDATOR PREY* HOLLING II, PEMANENAN DAN PERLINDUNGAN *PREY*

THE EFFECT OF OVER EXPLOITATION OF THE PREY POPULATION ON THE PREDATOR PREY MODEL WITH HOLLING TYPE II, HARVESTING AND PREY REFUGE

Kridha Pusawidjayanti^{1§}

¹Universitas Negeri Malang [Email: kridha.pusawidjayanti.fmipa@um.ac.id]

[§]Corresponding Author

Received Oct 02nd 2021; Accepted Nov 18th 2021; Published Dec 01st 2021;

Abstrak

Pada artikel ini, kami membahas tentang model *predator prey* dengan fungsi respon holling tipe II, perlindungan pada *prey* dan pemanenan pada kedua populasi. Hal ini diasumsikan bahwa laju pertumbuhan *prey* lebih tinggi dibandingkan dengan laju pemanenan. Model ini ditemukan ada tiga titik equilibrium yaitu E_1 , E_2 dan E_3 . Simulasi numerik ditunjukkan tidak hanya untuk memperlihatkan titik equilibriumnya tetapi juga untuk melihat efek eksploitasi pada populasi *prey*. Hasil dari penelitian ini adalah jika populasi *prey* di eksploitasi secara besar-besaran akan menyebabkan kepunahan pada populasi *prey*.

Kata Kunci: eksploitasi, populasi, pemanenan dan perlindungan.

Abstract

In this paper, we discussed about predator prey model with respond function type II, refuge in prey and harvest in both populations. It is assumed that growth rate of prey higher than harvesting rate. It is found that the model has three equilibrium points such as E_1 , E_2 and E_3 . Numerical simulation is presented not only to illustrate equilibrium point but also to illustrate effect of exploitation prey population. The result of this study is that if the prey population is exploited on a large scale, it will cause the prey population to become extinct.

Keywords: *exploitation, population, harvesting and refuge.*

1. Pendahuluan

Analisis dinamik merupakan bagian keilmuan yang paling menarik untuk dibahas, karena dari data saat ini kita dapat memprediksi di waktu yang akan datang secara dinamis. Salah satu yang dapat dibahas secara dinamik adalah *predator prey*.

Dalam Ekologi yang sangat kompleks, perlu diketahui beberapa perilaku makhluk hidup yang saling menguntungkan bagi makhluk hidup yang lain atau bahkan merugikan [3], untuk itu pembahasan mengenai perilaku dinamik beberapa

populasi dalam suatu ekosistem harus lebih banyak diteliti.

Model yang terdiri dari dua spesies berbeda dengan perilaku interaksi antara mangsa dan pemangsa merupakan model *predator prey*, dengan *prey* sebagai mangsa dan predator sebagai pemangsa. Pada penelitian kali ini akan dibahas model predator *prey* dengan fungsi respon holling II, serta memberikan perlindungan pada *prey* dan pemanenan. Model *Predator Prey* ini adalah model yang dapat dianalisis secara dinamik sehingga ada beberapa kemungkinan yang dapat terjadi diwaktu yang akan datang. Laju pertumbuhan adalah model logistik dengan adanya *carrying capacity* dalam pertumbuhan populasi [8].

Model *predator prey* yang lain adalah model *lotka voltera*, dengan melihat dua spesies *Prey* sebagai mangsa dan predator sebagai pemangsa. Model pemangsa-pemangsa *Lotka-Volterra* dua dimensi yang dimodifikasi juga menggunakan sistem persamaan nonlinier yang mencakup pertumbuhan logistik dua spesies, *carrying capacity* mangsa, daya dukung predator dan faktor predator telah dibahas oleh [4] dan [5].

Adapun perilaku interaksi antara *predator* dan *prey* dalam suatu ekosistem dapat menyebabkan beberapa keadaan populasi berubah. Interaksi tersebut dapat memberikan dampak positif, negative atau bahkan tidak berpengaruh terhadap spesies-spesies yang saling berinteraksi. Sehingga yang menyebabkan salah satu spesies punah adalah tingkat pemangsaan terhadap populasi *prey* yang sangat tinggi dan rendahnya tingkat pertumbuhan *prey* [3].

Beberapa peneliti mengembangkan model lotka voltera dengan berbagai asumsi diantaranya [10] memberikan asumsi bahwa interaksi kedua spesies tersebut dengan fungsi respon Holling I, sedangkan [2], [6] dan [9] menggunakan fungsi respon Holling tipe II, dan [3] menggunakan fungsi respon Holling tipe III dengan memberikan pertimbangan bahwa populasi tersebut merupakan populasi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia.

Populasi dalam satu ekosistem akan memberikan banyak manfaat bagi manusia, dengan keadaan tersebut maka ada asumsi bahwa populasi tersebut dipanen untuk kebutuhan manusia sehingga [1] dan [3] memberikan asumsi pemanenan pada populasi *predator prey*. Tetapi peneliti juga memberikan asumsi bahwa pemanenan harus kurang dari pertumbuhan populasi, agar tidak ada terjadinya kepunahan.

Mengacu dari beberapa penelitian diatas maka penulis memberikan asumsi perlindungan pada *prey*, agar tidak mudah di mangsa oleh predator dimana perlindungan *prey* di simbolkan dengan n pada sistem. Menurut [7] perlindungan semacam itu memberi mangsa beberapa tingkat perlindungan dari predasi dan sekaligus mengurangi kemungkinan pemangsaan akibat predasi. Sehingga penulis mempunyai tujuan untuk mengetahui model Predator Prey Holling Tipe II, Pemanenan dan Perlindungan Prey serta Efek Kestabilan dengan asumsi pemanenan yang berlebihan.

2. Metode Penelitian

Secara umum kerangka penelitian ini di mulai dengan mengkonstruksi model yang disesuaikan dengan asumsi-asumsi yang sudah diberikan seperti menggunakan fungsi respon Holling tipe II, pemanenan pada kedua populasi serta perlindungan *prey* dari *predator*. Kemudian dari konstruksi model maka peneliti mencari titik equilibrium dan melakukan beberapa simulasi numerik untuk menggambarkan titik equilibriumnya serta mengilustrasikan pengaruh dari eksploitasi yang berlebihan pada populasi *prey*. Simulasi numerik penelitian ini dengan menggunakan software komputer yaitu MATLAB.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kontruksi Model

Pada artikel ini, penulis akan mengkontruksi model dari [3] dengan fungsi respon Holling type II serta memberikan perlindungan *prey* dan dengan memberikan asumsi bahwa populasi tersebut dapat bermanfaat untuk kebutuhan manusia maka kedua populasi itu di panen untuk kebutuhan manusia maka model populasi predator *prey* dengan asumsi diatas memenuhi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= rx \left(1 - \frac{x}{K}\right) - \frac{(1-n)mxy}{1+x} - a_1 Q_1 x \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{(1-n)cxy}{1+x} - by - a_2 Q_2 y \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana $x(t)$ dan $y(t)$ adalah jumlah populasi *prey* dan jumlah populasi predator pada saat t . Kemudian r dan c adalah laju pertumbuhan *prey* dan predator, a_1 dan a_2 koefisien

ketertangkapan *prey* dan predator, K adalah daya dukung lingkungan, n adalah konstanta perlindungan, m adalah laju pemangsaan dan b adalah laju kematian alami predator.

Jika $r_1 = r - a_1 Q_1$ dan $r_2 = b + a_2 Q_2$ maka sistem (1) menjadi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= r_1 x - \frac{rx^2}{K} - \frac{(1-n)mxy}{1+x} \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{(1-n)cxy}{1+x} - r_2 y \end{aligned} \quad (2)$$

3.2 Titik Equilibrium

Sistem (2) harus dianalisa dengan kondisi awal yaitu $x(0) > 0$ dan $y(0) > 0$. Berdasarkan sistem (2) diperoleh tiga titik tetap yaitu

- $E_1(0,0)$ yaitu titik tetap dengan semua populasi punah
- $E_2(x_2, 0)$ dimana $x_2 = \frac{r_1 K}{r}$, yaitu titik tetap dengan populasi predator punah.
- $E_3(x_3, y_3)$, dimana $x_3 = \frac{r_2}{(1-n)c-r_2}$ dan $y_3 = \frac{(1+x_3)(r_1 - \frac{rx_3}{K})}{(1-n)m}$, yaitu titik tetap koeksistensi

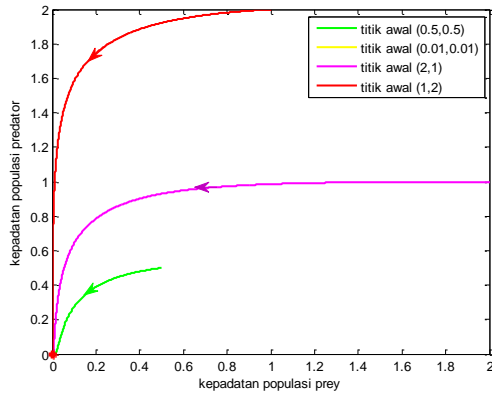
3.2 Simulasi Numerik

Pada simulasi numerik ini kita akan menunjukkan hasil simulasi berdasarkan pada sistem (2) dan akan membandingkan kestabilan sistem (2) jika parameter pemanenan *prey* lebih besar daripada pertumbuhan *prey*.

Kasus pertama, dengan memberikan beberapa nilai awal yang berbeda dan memberikan parameter

$$r_1 = -0.01; r = 0.7; n = 0.5; c = 0.3;$$

$$m = 0.7; r_2 = 0.1; K = 2;$$



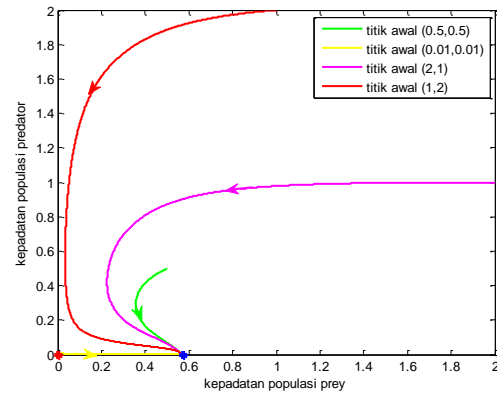
Gambar 1. Potret fase model (2) dengan $r_1 < 0$

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa semua populasi akan konvergen ke titik tetap $E_1(0,0)$ dengan demikian saat waktu tertentu akan mengakibatkan populasi prey dan populasi predator punah. Karena $r_1 = r - a_1Q_1$ dan $r_1 < 0$ sehingga laju pertumbuhan kurang dari usaha ketertangkapan prey, dengan demikian terdapat eksploitasi yang berlebihan pada populasi prey yang mengakibatkan kepunahan populasi prey dan populasi predator.

Kasus kedua, dengan memberikan nilai awal yang berbeda dan dengan parameter

$$r_1 = 0.2; r = 0.7; n = 0.5; c = 0.3;$$

$$m = 0.7; r_2 = 0.1; K = 2;$$



Gambar 1. Potret fase model (2) dengan $r_1 > 0$

Pada gambar 2 ada dua titik tetap yang eksis yaitu titik $E_1(0,0)$ dan titik tetap $E_2(x_2, 0)$. Dengan memberikan empat nilai awal yang berbeda solusi kedua populasi tersebut konvergen ke E_2 sehingga E_2 dapat dikatakan stabil asimtototik. Tetapi untuk titik E_1 tidak stabil. Dengan memberikan parameter $r_1 > 0$ hal ini menunjukkan bahwa populasi prey tidak punah.

4 Kesimpulan

Model predator prey dengan fungsi respon holling tipe II dan perlindungan prey serta pemanenan mempunyai 10 parameter. Pada simulasi numerik telah ditunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan jika angka pemanenan lebih besar dari laju pertumbuhan prey, jika populasi prey di eksploitasi secara besar-besaran akan menyebabkan kepunahan populasi prey, tetapi jika usaha pemanenan tidak lebih besar dari laju pertumbuhan prey maka tidak akan terjadi kepunahan pada populasi prey.

Untuk penelitian selanjutnya perlu dibahas mengenai analisis dinamik model ini secara analitik.

Daftar Pustaka

- [1] Al-Omari, J., (2007). *Stability and Optimal Harvesting in Lotka-Volterra Competition Model for Two-Species with Stage Structure*. Kyungpook Mathematical Journal 31-56.
- [2] Chakraborty, S., Pal, S., Bairagi, N. (2012). *Predator-Prey Interaction with Harvesting: Mathematical Study with Biological ramifications*. Applied Mathematical Modelling 36, 4044-4059.
- [3] Didiharyono. (2016). *Analisis Kestabilan dan Keuntungan Maksimum Model Predator-Prey Fungsi Respon tipe Holling III dengan Usaha Pemanenan*. Jurnal Masagena, Vol. 11, nomor: 2.
- [4] Hadziabdic, V., Mehuljic, M., & Bektesevic J. (2017). *Lotka-Volterra Model with Two Predators and Their Prey*. TEM Journal. Vol 6, Issue 1, Page 132-136. DOI: 10.18421/TEM61-19.
- [5] Hang Deng, Fengde Chen, Zhenliang Zhu & Zhong Li. (2019). *Dynamic behaviors of Lotka-Volterra Predator-Prey Model Incorporating Predator Cannibalism*. Advances in Difference Equations. <https://doi.org/10.1186/s13662-019-2289-8>.
- [6] Molla, H., Rahman Md. S., & Sarwandi S. (2018). *Dynamics of a Predator-Prey Model with Holling Type II Functional Response Incorporating a Prey Refuge Depending On Both Species*. International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation.
- [7] Pusawidjayanti, K., Suryanto, A., & Wibowo, R. B. E. (2015). *Dynamics of a Predators-Prey Model Incorporating Prey Refuge, Predator Infection and Harvesting*. International Journal of Applied Mathematical Sciences. Vol 9, 2015 no. 76, 3751-3760 HIKARI Ltd.
- [8] Safuan, H. M, Sidhu H. S., dkk. (2014) *A Two-Species Predator-Prey Model In An Environment Enriched By A Biotic Resource*. Anziam J. 54 pp. C768-C787.
- [9] Sahoo, B. (2012). *Predator-Prey Model with Deifferent Growth Rates and Different Functional Responses: A Comparative Study with Additional Food*. International Journal of Allied Mathematical Research, 1 (117-129).
- [10] Ye Y., Liu H., dkk. *Dynamic Study of a Predator-Prey Model with Alle effect and Holling type I Functional Response*. Advances in Difference Equations. <https://doi.org/10.1186/s13662-019-2311-1>.