

KONTROL OPTIMAL PREY DAN PREDATOR MODEL RANTAI MAKANAN ROSENZWEIG-MACARTHUR TIGA SPESIES

Budi Cahyono
IAIN Walisongo
Jl. Walisongo No. 3-5, SEMARANG
Email : rinabudi15@gmail.com,

Abstract. The development of knowledge study about ecosystem grows fast in this last decade, one of the study is a model of food chain that include prey-predator. Rosenzweig-MacArthur's food chain model is one of the model that develop in the study about prey and predator's correlation which at first include two species only. To approach the real situation, Rosenzweig-MacArthur added one new variable (super-predator) on super-predator model so that it became three species food chain model. Population density function of prey-predator in the food chain model was influenced by time function and control profile to search optimal control function from model can be gained through the information that construct Rosenzweig-MagArthur food chain model. By optimal control principal, prey population and super-predator will be controlled through the prey carrying capacity (k) and death rate (mortality) of super-predator (d_3) to minimize variation agreed for the model of Rosenzweig-MacArthur three species. It was expected that from optimal control function which has been obtained, the three species will not extinct.

Keywords: Ecosystem, Food chain model, Optimum Control, Rosenzweig-MacArthur's,

1. PENDAHULUAN

Pada akhir dekade ini minat penduduk dunia untuk mempelajari ekologi meningkat tajam dan itu bukan hal yang mengejutkan karena manusia tidak dapat dipisahkan dengan lingkungannya. Pada rantai makanan yang melibatkan prey-predator yang telah dimodelkan pada dimensi dua, menunjukkan adanya hubungan antara variabel satu dengan yang lainnya. Model rantai makanan Rosenzweig-MacArthur adalah salah satu model yang mempelajari tentang model rantai makanan dua dimensi [9]. Pada pembahasan-pembahasan model rantai makanan Rosenzweig-MacArthur yang melibatkan prey-predator dapat diambil kesimpulan bahwa pertumbuhan prey lebih cepat dari predator [3], [8]. Untuk mendekati kondisi kondisi real (rantai makanan) model Rosenzweig-MacArthur dua dimensi ditambahkan satu variabel baru yaitu predator tingkat dua, mengingat pada kondisi real ada predator yang dimangsa predator tingkat dua [4], [12].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [4] pada model Rosenzweig-MacArthur dalam populasi yang besar menunjukkan suatu ketidakberaturan (chaos), yang diakibatkan adanya predator yang memangsa predator. Hal ini bertentangan dengan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya, yaitu adanya predator tingkat kedua yang memangsa predator tingkat satu sehingga menyebabkan kondisi chaos. Dalam keadaan real, adanya lingkungan yang tidak beraturan dapat menyebabkan punahnya salah satu spesies, hal tersebut merupakan kejadian yang langka.

Pada model prey-predator dua dimensi, yang telah dimodelkan dengan model matematika menunjukkan adanya hubungan antara variabel satu dengan yang lainnya. Model rantai makanan Rosenzweig-MacArthur adalah salah satu model yang mempelajari tentang model rantai makanan

dua dimensi yang dirumuskan dalam bentuk [4] :

$$\begin{aligned} \dot{x} &= x \left[r * \left(1 - \frac{x}{K} \right) - \frac{a * y}{b + x} \right] \\ \dot{y} &= y \left[e * \frac{a * x}{b + x} - d \right] \end{aligned}$$

dengan $r*$ adalah laju pertumbuhan prey, K adalah persediaan makanan untuk prey dilingkungan, $a*$ adalah suatu konstanta yang menyatakan jumlah maksimum prey yang dapat dimakan predator, b konstan, $e*$ jumlah predator baru yang lahir dan d adalah laju kematian rata-rata dari predator. Pada model Rosenzweig-MacArthur analisa skala waktu (metode pertubasi singular) dilakukan berdasarkan asumsi *the trophic time diversification* yang menyatakan bahwa pertumbuhan prey lebih cepat dari predator [4], [7], [8], [9], [10] sehingga siklus kehidupan atau keberadaan semua spesies dapat dipertahankan.

Model Rosenzweig-MacArthur yang diperluas dengan penambahan variabel baru (predator tingkat dua) akan menjadi sistem tiga dimensi sebagai berikut ([10]) :

$$\dot{x}_1 = x_1 \left[r \left(1 - \frac{x_1}{k} \right) - \left(\frac{a_2 x_2}{b_2 + x_1} \right) \right] \tag{1}$$

$$\dot{x}_2 = x_2 \left(e_2 \frac{a_2 x_1}{b_2 + x_1} - \frac{a_3 z}{b_3 + x_2} - d_2 \right) \tag{2}$$

$$\dot{x}_3 = x_3 \left(e_3 \frac{a_3 x_2}{b_3 + x_2} - d_3 \right) \tag{3}$$

- x_1 = prey,
- x_2 = predator tingkat satu,
- x_3 = predator tingkat dua
- r = laju pertumbuhan prey
- k = persediaan makanan untuk prey di lingkungan.

a_i, b_i dan $e_i, i = 2,3$, dinotasikan secara terurut adalah jumlah maksimum pemangsaan diperbolehkan, half saturation

constant, efisiensi dari predator tingkat satu ($i = 2$) dan predator tingkat dua ($i = 3$).

d_3 adalah laju rata-rata kematian predator tingkat dua,

d_2 adalah laju rata-rata kematian dari predator tingkat satu.

Pada [2] telah menganalisa model Rosenzweig - MacArthur dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik sehingga dapat diketahui kondisi yang stabil dari sistem yang dapat memastikan tidak terjadi kepunahan dari ketiga spesies tersebut. [12] dalam jurnalnya juga menggunakan pendekatan sistem dinamik untuk menganalisa model prey-predator tiga dimensi. Dengan pendekatan kontrol optimal, dalam penelitian ini akan dibahas bagaimana mendapatkan fungsi kontrol yang dapat mengoptimalkan sistem pada model Rosenzweig-MacArthur yang diperluas dengan penambahan variabel baru (predator tingkat dua) sehingga diharapkan dapat meminimalkan peluang terjadinya kepunahan dari ketiga spesies tersebut