

# ABSTRAK

**Nama : Rahmiati Muhidin**

**NIM : 1207010053**

**Judul : Model Deterministik dan Stokastik Dari Sistem Dinamika Respon Imun-Tumor Dengan Adanya Kemoterapi**

Studi medis terkini menunjukkan bahwa kemoterapi memiliki potensi untuk membantu sebagian besar pasien kanker, terutama mereka yang menerima diagnosis pada tahap awal, dengan tujuan menstabilkan kondisi penyakit dari bulan ke tahun. Ini berarti bahwa populasi sel tumor cenderung tetap relatif konstan dalam jangka waktu yang cukup lama setelah melalui pertempuran dengan sistem kekebalan tubuh dan pengobatan. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana respon imun terjadi pada tumor di bawah pengaruh kemoterapi, penelitian ini membangun model persamaan diferensial deterministik dan stokastik. Model tersebut dirancang untuk menggambarkan perubahan dinamis dalam sel tumor dan sel imun. Berbagai sifat dasar dinamika, seperti mencari titik kesetimbangan dan analisis kestabilannya, diselidiki dalam konteks model deterministik. Sementara itu, model stokastik yang dianalisis menggunakan model *Continuous-Time Markov Chain (CTMC)*. Model tersebut mempertimbangkan perhitungan mencari ekspektasi dan variansi menggunakan proses Wiener dan proses Ito. Selain itu, model CTMC digunakan untuk memperkirakan probabilitas kepunahan sel tumor. Hasil analisis dari model deterministik menghasilkan dua titik kesetimbangan yaitu titik kesetimbangan bebas penyakit dan titik kesetimbangan endemik. Hasil analisis kestabilan menunjukkan bahwa titik kesetimbangan bebas penyakit akan stabil asimtotik ketika nilai eigen kurang dari nol, dan analisis kestabilan titik kesetimbangan endemik menggunakan kriteria Routh-Hurwitz akan stabil asimtotik lokal pada saat  $A_1 > 0, A_2 > 0, A_3 > 0, A_4 > 0, A_1 A_2 A_3 - A_3^2 - A_1^2 A_4 > 0$ . Hasil analisis dari model stokastik dengan menggunakan model *Continuous-Time Markov Chain (CTMC)* menghasilkan nilai ekspektasi dan variansi dari sel imun efektor dan sel normal serta probabilitas kepunahan sel tumor akan meningkat dengan peningkatan  $\alpha_3$ , dan akan menurun dengan peningkatan  $r_2$ . Dengan demikian, terbukti bahwa efek konsentrasi obat kemoterapi dapat mengurangi pertumbuhan sel tumor.

**Kata Kunci:** Tumor, Kemoterapi, Model Deterministik, Model Stokastik

# ABSTRACT

**Name** : Rahmiati Muhidin

**NIM** : 1207010053

**Title** : *Deterministic and Stochastic Models of System Dynamics*

*Immune-Tumor Response System in the Presence of Chemotherapy*

Recent medical studies have shown that chemotherapy has the potential to help most cancer patients, especially those who receive the diagnosis at an early stage, with the aim of stabilizing the disease condition from month to year. This means that the tumor cell population tends to remain relatively constant over a considerable period of time after going through a battle with the immune system and treatment. To gain a deeper understanding of how the immune response occurs in tumors under the influence of chemotherapy, this study builds a deterministic and stochastic differential equation model. The model is designed to describe the dynamic changes in tumor cells and immune cells. Various basic properties of the dynamics, such as finding the equilibrium point and analyzing its stability, are investigated in the context of the deterministic model. Meanwhile, the stochastic model analyzed uses the Continuous-Time Markov Chain (CTMC) model. The model considers the calculation of expectation and variance using Wiener process and Ito process. In addition, the CTMC model was used to estimate the probability of tumor cell extinction. The analysis of the deterministic model resulted in two equilibrium points, namely the disease-free equilibrium point and the endemic equilibrium point. The stability analysis results show that the disease-free equilibrium point will be asymptotically stable when the eigenvalue is less than zero, and the stability analysis of the endemic equilibrium point using the Routh-Hurwitz criterion will be locally asymptotically stable when  $A_1 > 0, A_2 > 0, A_3 > 0, A_4 > 0, A_1 A_2 A_3 - A_3^2 - A_1^2 A_4 > 0$ . The analysis of the stochastic model using the continuous-time Markov chain (CTMC) model results in the expectation value and variance as well as the probability of tumor cell extinction will increase with the increase of  $\alpha_3$ , and will decrease with the increase of  $r_2$ . Thus, it has been proven that the concentration of chemotherapy drugs can reduce tumor cell growth.

**Keywords:** *Tumor, Chemotherapy, Deterministic Model, Stochastic Model*