

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMBANG	xii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Tinjauan Pustaka	6
1.6 Metode Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan	9
II SISTEM DINAMIK	11
2.1 Dasar Pemodelan	11
2.1.1 Pemodelan Logistik	11
2.1.2 Model Persaingan Dua Populasi	17
2.2 Sistem Persamaan Diferensial Orde Satu	19
2.3 Kestabilan Lokal Titik Ekuilibrium	24
2.4 Teori Bifurkasi	31
III PERSAMAAN DIFERENSIAL TUNDAAN	40
3.1 Persamaan Diferensial Tundaan	40
3.2 Kriteria Pontryagin	47
IV TINJAUAN MEDIS VIRUS <i>ONCOLYTIC</i>	64
4.1 Tumor	64
4.2 Pengobatan Tumor	65
4.3 Imunoterapi	66

4.4	Virus Oncolytic	68
V	FORMULASI MODEL	72
5.1	Pembentukan Model disertai Tundaan	72
5.2	Keterbatasan Solusi	76
5.3	Eksistensi Titik Equilibrium Tanpa Tundaan	79
5.4	Analisis Kestabilan Lokal Titik Ekuilibrium tanpa tundaan	88
5.4.1	Analisis Kestabilan Lokal untuk $E_1 = (0, 0)$	89
5.4.2	Analisis Kestabilan Lokal Titik Ekuilibrium $E_2 = (K, 0)$	90
5.4.3	Analisis Kestabilan Lokal Titik Ekuilibrium $E_3 = (0, \bar{y})$	91
5.4.4	Analisis Kestabilan Lokal $E_4 = (x^*, y^*)$	93
5.5	Analisis Kestabilan Titik Ekuilibrium $E_4 = (x^*, y^*)$ Dengan Tundaan	97
5.5.1	Linearisasi	98
5.5.2	Daerah Kestabilan	100
5.5.3	Analisis Bifurkasi Lokal Dengan Tundaan Sebagai Parameter Bifurkasi	115
VI	SIMULASI NUMERIK	127
6.1	Simulasi Numerik Saat $\tau = 0$	128
6.1.1	Prilaku Subpopulasi Sel Tumor yang Tidak terinfeksi dan Terinfeksi Virus Oncolytic di sekitar Titik Ekuilibrium $E_2(K, 0)$	128
6.1.2	Prilaku Subpopulasi Sel Tumor yang Tidak terinfeksi dan Terinfeksi Virus Oncolytic di sekitar Titik Ekuilibrium $E_3(0, \bar{y})$	129
6.1.3	Prilaku Subpopulasi Sel Tumor yang Tidak terinfeksi dan Terinfeksi Virus Oncolytic di sekitar Titik Ekuilibrium $E_4(x^*, y^*)$	131
6.1.4	Analisi Bifurkasi Lokal Numerik	133
6.2	Simulasi Numerik Saat $\tau \geq 0$	134
6.2.1	Prilaku Subpopulasi Sel Tumor yang Tidak terinfeksi dan Terinfeksi Virus Oncolytic di sekitar Titik Ekuilibrium $E_4(x^*, y^*)$ saat τ Divariasikan	134
6.2.2	Pengaruh Waktu Tunda di Sekitar Titik Bifurkasi Transkritik β_0 terhadap Dinamika Solusi Sistem di Sekitar Titik Ekuilibrium $E_4(x^*, y^*)$	141
VII	KESIMPULAN	147
7.1	Kesimpulan	147
7.2	Saran	150
DAFTAR PUSTAKA		151

DAFTAR GAMBAR

1.1	Diagram Proses Penelitian dan Literturnya	9
2.1	Gambaran umum $R(N(t))$ sebagai fungsi dari $N(t)$ (Haberman, 1977).	13
2.2	Gambaran umum hubungan linear $R(N) = a - bN$ (Haberman, 1977)	14
2.3	Kurva $\frac{dN(t)}{dt}$ terhadap $N(t)$ (Haberman, 1977)	15
2.4	Kurva solusi model pertumbuhan logistik (Haberman, 1977)	17
2.5	Orbit dan Kurva Solusi (Kuznetsov,1995)	32
2.6	Ilustrasi Dua Potret Fase Ekuivalen Secara Topologis (Kuznetsov,1995)	35
2.7	Bifurkasi <i>Fold</i> (Kuznetsov,1995)	37
2.8	Bifurkasi <i>Hopf Supercritical</i> (Kuznetsov,1995)	38
2.9	Bifurkasi <i>Hopf Subcritical</i> (Kuznetsov,1995)	39
3.1	Kurva Solusi Persamaan Diferensial Tundaan (Raffoul,2023)	41
4.1	Perbedaan morfologi antara tumor jinak dan tumor ganas (kanker).	64
5.1	Grafik dari $F(y)$ dan nilainya pada akar-akar dari $G(y)$, yaitu r_j dalam domain positif.	112
5.2	Grafik dari $G'(y)$ dan nilainya pada akar-akar dari $G(y)$, yaitu r_j dalam domain positif.	114
6.1	Potret fase di sekitar titik ekuilibrium E_2	128
6.2	Grafik solusi $x(t)$ dan $y(t)$ di sekitar titik ekuilibrium E_2	129
6.3	Potret fase di sekitar titik ekuilibrium E_3	130
6.4	Grafik solusi $x(t)$ dan $y(t)$ di sekitar titik ekuilibrium E_3	131
6.6	Grafik solusi $x(t)$ dan $y(t)$ di sekitar titik ekuilibrium E_4	132
6.5	Potret Fase di sekitar titik ekuilibrium E_4	132
6.7	(a) Diagram bifurkasi 2D yang menunjukkan nilai titik cabang (BP) akibat variasi parameter β . (b) Diagram bifurkasi 3D yang memperlihatkan pertukaran kestabilan antara E_4 dan E_2 di sekitar titik BP.	133
6.8	Potret Fase untuk berbagai nilai delay $\tau < \tau_0$	136
6.9	Jumlah subpopulasi sel tumor tidak terinfeksi virus Oncolytic $x(t)$ terhadap waktu untuk berbagai nilai delay $\tau < \tau_0$	137
6.10	Jumlah subpopulasi sel tumor terinfeksi virus Oncolytic $y(t)$ terhadap waktu untuk berbagai nilai delay $\tau < \tau_0$	137

6.11	Potret Fase untuk berbagai nilai delay $\tau > \tau_0$	138
6.12	Jumlah subpopulasi sel tumor tidak terinfeksi virus Oncolytic $x(t)$ terhadap waktu untuk berbagai nilai delay $\tau > \tau_0$	139
6.13	Jumlah subpopulasi sel tumor terinfeksi virus Oncolytic $y(t)$ terhadap waktu untuk berbagai nilai delay $\tau > \tau_0$	140
6.14	Kasus 1 ($\beta < \beta_0$) (a) Potret fase untuk $\tau = 0$. (b) Potret fase untuk $\tau = 0.5$. (c) Potret fase untuk $\tau = 25$	142
6.15	Kasus 2 ($\beta = \beta_0$) (a) Potret fase untuk $\tau = 0$. (b) Potret fase untuk $\tau = 0.5$. (c) Potret fase untuk $\tau = 25$	143
6.16	Kasus 2 ($\beta > \beta_0$) (a) Potret fase untuk $\tau = 0$. (b) Potret fase untuk $\tau = 0.5$. (c) Potret fase untuk $\tau = 25$	144