

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Metodologi Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB II LANDASAN TEORI	9
2.1 Interaksi antara Sel Tumor dan Sistem Imun	9
2.2 Respons Imun Nonmonotonik	11
2.3 Model Matematika	12
2.4 Sistem Persamaan Diferensial Biasa	14
2.5 Waktu Tunda pada Sistem Imun	15
2.6 Proses Nondimensionalisasi	16

2.7	Titik Keseimbangan	17
2.8	Analisis Kestabilan Lokal	19
2.9	Analisis Bifurkasi	21
2.9.1	Bifurkasi <i>Saddle-Node</i>	22
2.9.2	Bifurkasi Hopf pada Sistem dengan Waktu Tunda	24

BAB III ANALISIS DINAMIKA MODEL RESPONS IMUN NONMONOTONIK PADA SISTEM INTERAKSI TUMOR DAN IMUN DENGAN DUA WAKTU TUNDA 26

3.1	Formulasi Model	26
3.2	Model Nondimensi	31
3.2.1	Proses Nondimensionalisasi per Kompartemen	33
3.2.2	Interpretasi Variabel dan Parameter Tak Berdimensi	35
3.3	Titik Keseimbangan Sistem Saat $\tau = 0$	39
3.3.1	Titik Keseimbangan Bebas Tumor (E_0)	39
3.3.2	Titik Keseimbangan Keberadaan Tumor (E^*)	40
3.3.3	Analisis Keberadaan Titik Keseimbangan E^*	41
3.4	Analisis Kestabilan Lokal	47
3.4.1	Kestabilan Lokal di Sekitar Titik Bebas Tumor	48
3.4.2	Kestabilan Lokal di Sekitar Titik Keberadaan Tumor	49
3.5	Analisis Bifurkasi <i>Saddle-Node</i>	53
3.6	Analisis Bifurkasi Hopf	57
3.6.1	Linierisasi Sistem dengan Waktu Tunda	58
3.6.2	Kasus 1: $\tau_1 > 0$ dan $\tau_2 = 0$	59
3.6.3	Kasus 2: $\tau_1 = 0$ dan $\tau_2 > 0$	62
3.6.4	Kasus 3: $\tau_1 > 0$ dan τ_2 bernilai tetap	64
3.6.5	Kasus 4: τ_1 bernilai tetap dan $\tau_2 > 0$	66

BAB IV SIMULASI NUMERIK DAN INTERPRETASI 70

4.1	Dinamika Sistem Tanpa Waktu Tunda	71
4.1.1	Titik Keseimbangan dan Analisis Kestabilan	71
4.1.2	Bifurkasi <i>Saddle-Node</i> dan Dinamika Fenomena Bistabilitas	75
4.2	Dinamika Sistem dengan Waktu Tunda (Bifurkasi Hopf)	84
4.2.1	Interval $0 \leq k \leq 0.20$	85
4.2.2	Interval $0.21 \leq k \leq 0.23$	87
4.2.3	Interval $0.24 \leq k \leq 0.39$	91
4.2.4	Interval $k > 0.4122$	95
4.3	Rangkuman Dinamika Sistem dan Interpretasi Klinis	98

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	102
5.1 Kesimpulan	102
5.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	

