

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai optimisasi penjadwalan dosis obat kemoterapi kanker dengan pendekatan algoritma *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II), serta mempertimbangkan aspek efektivitas pengobatan dan minimumkan toksisitas terhadap sel sehat, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Model optimisasi yang digunakan dalam penjadwalan kemoterapi berbasis NSGA-II dirancang untuk menentukan kombinasi dosis 8 hari obat selama periode pengobatan 106 hari yang optimal berdasarkan dua fungsi objektif utama, yaitu meminimumkan jumlah sel kanker (Z_1) dan meminimumkan toksisitas terhadap sel sehat (Z_2). Setiap solusi dalam populasi merepresentasikan distribusi dosis 1 mingguan yang dibatasi oleh batas atas dan bawah yaitu 20–30 mg/m² per 8 hari untuk obat doxorubicin. Fungsi penalti diterapkan jika solusi melanggar kendala-kendala, sehingga solusi yang memenuhi seluruh kendala tidak dikenai penalti.
2. Implementasi NSGA-II dimulai dengan inialisasi populasi acak yang merepresentasikan berbagai skenario distribusi dosis (20 – 30 mg/m²) membentuk individu-individu. Setiap individu dievaluasi berdasarkan nilai Z_1 dan Z_2 , yang sebelumnya di perhitungkan menggunakan metode Runge-Kutta dengan memenuhi kendala-kendala untuk sel normal ($M(t) > 10^8$), konsentrasi obat ($0 < D(t) < 50$), dan toksisitas dalam tubuh pasien ($T(t) < 100$). Proses selanjutnya, seleksi turnamen berbasis dominasi dan *crowding distance*, untuk memilih populasi orang tua yang akan digunakan dalam *crossover*. *Crossover* dilakukan menggunakan *simulated binary crossover* (SBX) dan mutasi menggunakan *polynomial mutation* dengan probabilitas *crossover* 90% dan mutasi 1%, dengan pemilihan acak nilai u dalam rentang 0 dan 1. Untuk menjaga keragaman dan menghindari konvergensi prematur, mekanisme *non-dominated sorting* dan *crowding distance* digunakan dalam

pemilihan individu yang akan masuk ke generasi berikutnya. Seluruh proses diulang selama sejumlah 100 generasi, dengan setiap generasi menghasilkan kumpulan solusi *non-dominated* baru yang lebih baik dari sebelumnya. Hasil terbaik dari setiap generasi disimpan dan divisualisasikan dalam ruang objektif.

3. Hasil implementasi algoritma NSGA-II pada skenario penjadwalan dosis kemoterapi menunjukkan bahwa metode ini mampu menghasilkan sejumlah solusi optimal (*pareto front*) yang merepresentasikan kompromi terbaik antara dua tujuan. Dalam penelitian ini, jadwal dosis dirancang selama 106 hari dan direpresentasikan oleh kromosom berdimensi 106, di mana setiap gen menyatakan pemberian dosis setiap 8 hari. Melalui proses NSGA-II dengan melakukan iterasi sebanyak 100 dengan parameter populasi 50 individu (kromosom), probabilitas crossover 90%, dan probabilitas mutasi 1%, berhasil ditentukan kombinasi jadwal obat optimal. Dosis berkisar antara 20,00 hingga 29,55 mg/m² dengan rata-rata 24,28 mg/m² dan standar deviasi 3,64 mg/m² yang menghasilkan sel kanker minimum (efektivitas maksimum terhadap sel kanker) sebesar 94.068.170 sel dan kerusakan minimum terhadap sel sehat sebanyak 70.720.960.000 sel. Validasi terhadap hasil optimasi dilakukan melalui simulasi dinamika sel, yang menunjukkan bahwa respons terapeutik terhadap sel kanker meningkat secara signifikan tanpa disertai lonjakan toksisitas ekstrem.

5.2 Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Tenaga medis dan periset klinis dapat mempertimbangkan model optimisasi berbasis NSGA-II ini sebagai pendekatan awal dalam perencanaan penjadwalan dosis kemoterapi yang lebih adaptif dan terkontrol. Model ini dirancang untuk menyeimbangkan efektivitas terapi dan meminimumkan toksisitas terhadap sel sehat. Namun, karena model masih berbasis pendekatan simulasi tanpa melibatkan data pasien riil, maka untuk implementasi klinis, disarankan dilakukan validasi lebih lanjut oleh ahli onkologi serta uji coba terbatas sebagai tahap awal penerapan.

2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar model memperhitungkan variabilitas antar pasien, seperti berat badan, usia, status organ, serta data farmakokinetik dan farmakodinamik obat yang lebih spesifik.
3. Untuk pengembangan riset lanjutan, disarankan mengeksplorasi pendekatan *hybrid* atau kombinasi algoritma metaheuristik lainnya, seperti algoritma *Two-Archive Multi-Objective Squirrel Search Algorithm* (TA-MOSSA) dengan mengoptimalkan dosis kombinasi obat spesifik siklus sel dan non spesifik siklus sel sekaligus, atau penggabungan antara NSGA-II dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Selain itu, pengembangan sistem berbasis antarmuka (GUI) atau aplikasi pendukung keputusan klinis (*clinical decision support system*) dapat membantu mempermudah interpretasi hasil bagi praktisi medis dalam menetapkan jadwal kemoterapi yang aman dan optimal.