

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Malaria merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh parasit *Plasmodium* dan ditularkan melalui nyamuk *Anopheles* betina. Pada tahun 2015, ada sekitar 212 juta kasus malaria dan diperkirakan 429.000 kasus kematian disebabkan oleh malaria. Menurut Robert dkk. (2003) di dalam daerah endemik, individu dapat terpapar sampai beberapa ratus gigitan nyamuk yang terinfeksi per tahun. Portugal dkk. (2011) mengamati pada daerah endemik, nyamuk berulang kali mentransmisikan *Plasmodium* pada individu yang telah memiliki parasit *Plasmodium* dari infeksi sebelumnya, dan menghasilkan risiko superinfeksi. Namun, salah satu kompleksitas malaria dapat menyebabkan infeksi tanpa gejala. Individu terinfeksi tanpa gejala lebih rentan mendapatkan risiko superinfeksi dibandingkan individu terinfeksi dengan gejala (kasus kronis).

Menurut Lindblade dkk. (2013) individu terinfeksi tanpa gejala didefinisikan sebagai individu yang tidak memiliki riwayat gejala terinfeksi, tidak terdeteksi dan tidak diobati tetapi mereka dapat menularkan penyakitnya. Menurut Augusto dan Lenhart (2014), superinfeksi adalah fenomena sebagai akibat dari infeksi yang berulang dari spesies *Plasmodium* yang berbeda. Superinfeksi terjadi ketika individu yang terinfeksi memperoleh infeksi baru sebelum pulih dari sebelumnya. Situasi ini berbeda dari paparan berulang di mana individu yang terinfeksi pulih dan kembali terinfeksi. Superinfeksi menyebabkan penyakit malaria menjadi lebih parah (kronis).

Model matematika merupakan model yang dapat merepresentasikan suatu permasalahan di dunia nyata ke dalam persamaan matematika. Umumnya model matematika pada penyebaran malaria melibatkan individu rentan, individu terpapar, dan individu menular. Filipe dkk. (2007) melibatkan individu dengan kelas terinfeksi tanpa gejala dalam model matematika dengan kekebalan. Penelitian Ghani dkk. (2009) memperkenalkan model matematika *age-structured* dengan transmisi malaria antara manusia

dan nyamuk dalam daerah endemik untuk memahami dampak pengembangan kekebalan pada pola epidemiologi. Selanjutnya Ogutu dkk. (2010) mengkonstruksi model dengan kelas terinfeksi tanpa gejala dengan pengobatan. Menurut Ngonghala dkk. (2015), infeksi tanpa gejala sering terjadi karena individu memiliki kekebalan parsial terhadap malaria yang dihasilkan dari paparan yang berulang. Selanjutnya individu terinfeksi tanpa gejala dapat dianggap sebagai individu yang mempunyai kekebalan.

Beberapa tindakan pengendalian yang ada saat ini menurut Kassam dkk. (2015), adalah pencegahan dan pengobatan. Langkah-langkah pencegahan meliputi penyemprotan insektisida, penggunaan pengusir serangga, penggunaan *bed-net*, dan lain-lain. Setelah infeksi terjadi, penggunaan obat-obatan adalah salah satu cara utama untuk mengobati penyakit malaria.

Kontrol optimal pada penyebaran malaria bertujuan untuk menentukan strategi yang optimal dengan menggunakan suatu tindakan pengendalian. Menurut Fatmawati dan Tasman pada tahun 2015, kontrol optimal dengan menggunakan *bed net* adalah pengendalian yang paling sering digunakan. Tahun 2015 Mwanga dkk. menerapkan kontrol optimal pada penelitiannya dengan penyemprotan residu dalam ruangan, pengobatan dan penggunaan *bed net* dengan adanya kelas tanpa gejala. Berbeda dari penelitian sebelumnya, Cai dkk. (2017), melakukan penelitian model malaria dengan menerapkan kontrol optimal terhadap penggunaan *bed-net* dan pengobatan dengan tingkat kompleksitas tambahan yaitu memungkinkan superinfeksi pada individu terinfeksi tanpa gejala.

Pada skripsi ini dikaji kembali penelitian tentang kontrol optimal pada model malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi yang telah dibahas oleh Cai dkk. Pertama akan dikonstruksi model malaria dengan adanya kontrol optimal. Selanjutnya menyelesaikan masalah kontrol optimal dengan prinsip Pontryagin. Pada bagian akhir, dilakukan simulasi numerik dengan metode *Sweep Maju-Mundur* menggunakan *software* Matlab.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, pokok permasalahan yang dikaji dalam skripsi ini adalah

1. Bagaimana formulasi masalah kontrol optimal pada model penyebaran malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi?
2. Bagaimana penyelesaian masalah kontrol optimal pada model penyebaran malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi?
3. Bagaimana hasil simulasi numerik dan interpretasi hasil penyelesaian masalah kontrol optimal pada model penyebaran malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada skripsi ini adalah

1. Superinfeksi hanya terjadi pada subpopulasi individu terinfeksi tanpa gejala.
2. Pengobatan hanya diberikan kepada subpopulasi individu terinfeksi dengan gejala.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah

1. Memformulasikan masalah kontrol optimal pada model penyebaran malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi.
2. Menyelesaikan masalah kontrol optimal pada model penyebaran malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi.
3. Melakukan simulasi numerik dan menginterpretasikan hasil penyelesaian masalah kontrol optimal pada model penyebaran malaria dengan kelas tanpa gejala dan superinfeksi.

