

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

COVID-19 atau *Corona Virus Disease* pertama kali di temukan di Cina pada tahun 2019 yang merupakan transmisi dari hewan ke manusia. Corona virus termasuk kedalam *famili Coronaviridae* yang dibagi menjadi genus *Alphacoronavirus* dan *Betacoronavirus* yang diketahui menjadi penyakit pada manusia, sedangkan 4 genus penyakit di hewan adalah *Gammacoronavirus*, *Deltacoronavirus*, *Torovirus*, dan *Bafinivirus* [1]. Terdapat varian baru dari COVID-19 yaitu *omicron* dan pada Oktober 2022 varian ini bermutasi menjadi varian XBB gabungan dari BA.2.10.1 dan BA.275. Gejala awal SARS CoV-2 ditandai dengan adanya pneumonia mulai dari gejala yang ringan hingga berat, pneumonia adalah peradangan paru-paru yang disebabkan oleh infeksi. Gejala gastrointestinal seperti muntah, diare, dan sakit perut juga dirasakan oleh beberapa orang yang terjangkit SARS-Cov-2. Selain itu terdapat individu yang terinfeksi namun tidak menunjukkan gejala. Komite darurat WHO mendeklarasikan darurat kesehatan global berdasarkan tingkat pertumbuhan kasus di Cina dan internasional. Virus ini menyebar melalui udara dan menular melalui kontak langsung maupun dengan benda yang digunakan oleh individu yang sudah terinfeksi, dengan demikian individu yang telah melakukan kontak dengan individu atau benda yang terinfeksi dapat terinfeksi jika menyentuh mata, mulut, atau hidung karena virus tersebut bertransmisi [2],[3].

Masa inkubasi individu yang terinfeksi COVID-19 mencapai 14 hari [1], individu yang terinfeksi akan mengembangkan gejala di minggu pertama, oleh karenanya otoritas kesehatan merekomendasikan periode pemantauan aktif 14 hari untuk individu yang terinfeksi. Penentuan masa inkubasi ini berpengaruh terhadap penanganan untuk kesembuhan individu yang terinfeksi COVID-19 dengan karantina selama masa inkubasi dan penanganan medis lainnya. Gejala dari penyakit SARS CoV-2 ini dapat mencapai penyakit pernapasan akut yang parah atau ARDS, diantara 1099 pasien rawat inap di Cina dengan infeksi COVID-19, 15,6% pasien

dengan pneumonia berat menderita ARDS. Keadaan tersebut mengidentifikasi bahwa infeksi COVID-19 memicu respon imun yang berlebih atau yang dikenal dengan badai sitokin, badai sitokin adalah penyakit imun yang berpotensi fatal untuk individu yang terinfeksi COVID-19 yang ditandai dengan aktivasi tingkat tinggi sel imun dan produksi sitokin sehingga terjadi inflamasi yang berlebihan. Keadaan ini dianggap sebagai penyebab utama keparahan penyakit dan kematian pada pasien dengan COVID-19 karena badai sitokin dapat menyebabkan cedera paru, kegagalan multi-organ, dan prognosis yang kurang baik. Sitokin adalah bagian penting dari proses inflamasi. Sitokin diproduksi oleh beberapa sel imun termasuk makrofag bawaan, sel dendritik, sel pembunuh alami dan limfosit T dan B adaptif. Penyebab badai sitokin pasca sembuh dari COVID-19 terjadi saat sitokin terus-menerus meningkat dan tidak terkendali kondisi tersebut membuat tubuh mengalami inflamasi yang berlebih namun virus didalam tubuh sudah mati atau tidak ada ditubuh individu yang terjangkit COVID-19 [4],[5].

Upaya yang dilakukan untuk dapat menghentikan lonjakan kematian yang diakibatkan oleh virus ini diantaranya dengan mengurangi mobilitas di luar rumah, menjaga kesehatan dan kebersihan diri dan lingkungan, selain itu dengan mengenali gejala dan melakukan vaksinasi juga perlu untuk mencegah terinfeksi virus. Melakukan tes antigen atau PCR (*Polymerase chain Reaction*) untuk individu yang mengalami gejala COVID-19 dan melakukan karantina dan pengobatan medis untuk yang sudah terinfeksi [6].

Pemodelan dapat dikatakan sebagai proses menerima, memformulasikan, memproses dan menampilkan kembali persepsi dunia luar [7]. Pengidentifikasi penyebaran COVID-19 dan adanya individu yang mengalami peningkatan sitokin pasca infeksi direpresentasikan dalam bentuk model matematika dengan kompartemen dan parameter yang dibuat sehingga memudahkan pemahaman ketika analisa menggunakan model matematika untuk melihat dinamika penyebaran COVID-19 dan laju individu yang mengalami peningkatan sitokin pasca infeksi sehingga dapat membantu perencanaan ataupun pertimbangan hal yang akan dilakukan.

Model epidemiologi mulai dari model sederhana SEIR terus mengalami modifikasi dan penambahan akibat adanya gagasan dan fenomena di dunia luar.

Memformulasikan masalah adalah tahapan dalam pemodelan matematika untuk menganalisa dan membuat asumsi dari masalah dunia nyata ke dalam bentuk model matematika. Adapun model SEIR yang diperpanjang untuk penyebaran COVID-19 dengan adanya vaksinasi yang ditulis oleh Rabih Ghostine, Mohamad Gharamti, Sally Hassrouny, dan Ibrahim Hotit yang berjudul *An Extended SEIR Model with Vaccination for Forecasting the Covid-19 Pandemic in Saudi Arabia Using an Ensemble Kalman Filter*. Pada tugas akhir ini, penulis mengkontruksi model matematika untuk penyebaran COVID-19 dengan adanya individu yang mengalami peningkatan sitokin pasca infeksi, model ini adalah hasil modifikasi dari model SEIR. Model ini terdiri dari 6 kompartemen yaitu *Susceptible (S)*, *Exposed (E)*, *Infected (I)*, *Quarantined (Q)*, *Recovered (R)*, peningkatan sitokin Pasca infeksi (*Is*). Model matematika yang telah dibuat ini akan di analisa kestabilannya juga terdapat hasil interpretasi dari model matematika yang sudah dikonstruksikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah untuk tugas akhir ini sebagai berikut

1. Bagaimana kontruksi model matematika untuk COVID-19 dengan adanya peningkatan sitokin pasca infeksi?
2. Bagaimana kestabilan dari titik kesetimbangan pada model matematika untuk COVID-19 dengan adanya peningkatan sitokin pasca infeksi?
3. Bagaimana efektivitas vaksin pada model matematika yang sudah di konstruksikan?
4. Bagaimana hasil interpretasi dari model matematika tersebut dengan adanya populasi karantina yang mengalami peningkatan sitokin pasca infeksi dalam bentuk simulasi dinamik?

1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini terdapat batasan masalah agar permasalahan yang dikaji tetap pada fokusnya yaitu sebagai berikut

1. Populasi yang dikaji bersifat tertutup.
2. Model yang dibentuk terdiri dari 6 kompartemen, yaitu *Susceptible* (S), *Exposed* (E), *Infected* (I), *Quarantined* (Q), *Recovered* (R), badai sitokin pasca COVID-19 (Is). dimana $N = S(t) + E(t) + I(t) + Q(t) + Is(t) + R(t)$.
3. Setiap kompartemen berantung pada waktu (t).
4. Interaksi terjadi pada kompartemen rentan (*susceptible*) dengan kompartemen terinfeksi (*infected*).
5. Kematian akibat penyakit terjadi pada populasi terinfeksi (I) dan populasi yang mengalami peningkatan sitokin (Is).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian pada tugas akhir ini yaitu:

1. Mengkontruksikan model matematika untuk COVID-19 dengan adanya peningkatan sitokin pasca infeksi.
2. Menentukan kestabilan dari titik kesetimbangan pada model matematika untuk COVID-19 dengan adanya peningkatan sitokin pasca infeksi.
3. Mengetahui laju efektifitas vaksin pada model matematika yang sudah di kontruksikan.
4. Mengetahui hasil interpretasi dari model matematika tersebut dengan adanya populasi karantina yang mengalami peningkatan sitokin pasca infeksi dalam bentuk simulasi dinamik.

1.5 Metode Penelitian

Tugas akhir ini disusun dengan menggunakan pendekatan studi literatur dimana dalam tahapan ini penulis mengumpulkan literasi tentang COVID-19, badai sitokin dan model matematika untuk penyebaran penyakit tersebut, pendekatan perancangan yaitu dimana setelah penulis mendapatkan literasi tentang model matematika untuk penyebaran penyakit penulis merancang atau memodifikasi model matematika yang ada, pendekatan analisa yaitu dimana penulis menganalisa model matematika yang sudah rampung, dan terakhir pendekatan simulasi dimana pada bagian ini penulis dapat mensimulasikan dengan model yang sudah dirancang agar mendapatkan visualisasi dari data yang diimplementasikan pada model.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini berisi lima bab dan diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini bab satu pendahuluan terdiri dari latar belakang berisi hal-hal yang menjadi alasan dipilihnya judul skripsi, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab dua terdapat landasan teori yang berisi penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai penunjang tugas akhir diantaranya ulasan mengenai COVID-19, badai sitokin, persamaan diferensial, sistem persamaan diferensial, model epidemiologi, titik kesetimbangan, titik kestabilan, bilangan reproduksi dasar, matriks Jacobian, nilai eigen dan vektor eigen, ekspansi kofaktor dan kriteria Routh-Hurwitz.

BAB III ANALISIS MODEL MATEMATIKA UNTUK PENYEBARAN COVID-19 DENGAN ADANYA PENINGKATAN SITOKIN PASCA INFEKSI

Pada bab tiga ini akan disampaikan inti dari tugas akhir disusun oleh penulis yang di dalamnya berisi rancangan model, asumsi-asumsi dari model yang dibuat, analisis model matematika yang sudah dimodifikasi mencakup analisis kestabilan dari titik kesetimbangan.

BAB IV SIMULASI DAN INTERPRETASI

Pada bab empat ini berisi visualisasi dari data yang disimulasikan ke model matematika yang sudah dikonstruksikan, simulasi dinamik ini terdiri dari dua kondisi yaitu saat bebas penyakit (DFE) dan endemik (END).

BAB V PENUTUP

Bab lima ini adalah bab penutup, dimana pada bab ini berisi hasil kesimpulan dari analisis model matematika untuk penyebaran COVID-19 dengan adanya peningkatan sitokin pasca infeksi dan saran progresif untuk penelitian baik sebagai kekontinuan maupun pembandingan hasil yang didapatkan.

