

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Coronavirus Disease-2019 atau biasa disebut dengan COVID-19 merupakan suatu penyakit akibat virus dengan gejala batuk, demam, hilangnya indra perasa maupun penciuman, hingga sesak napas. Gejala ini ditimbulkan oleh virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2). SARS-CoV-2 dapat disebarkan baik oleh individu terinfeksi yang bergejala maupun tidak bergejala. Hal ini menyebabkan penyebarannya sulit diprediksi [1]. Penyebaran virus oleh individu terinfeksi tanpa gejala diperkirakan menjadi penyebab utama penyebaran berlangsung lebih cepat. Penularan penyakit COVID-19 dapat terjadi ketika ada kontak antara individu terinfeksi dengan individu rentan. Penyakit ini dapat ditularkan melalui tetesan air liur dari batuk atau bersin yang dikeluarkan oleh individu terinfeksi.

Berdasarkan uji klinis, masa inkubasi penyakit COVID-19 berlangsung sekitar 2-14 hari. Selama masa inkubasi, individu terinfeksi tidak selalu menunjukkan gejala dan memungkinkan untuk tidak diketahui bahwa mereka sedang terinfeksi sehingga dapat menularkan ke individu lain [2]. COVID-19 adalah penyakit menular yang dapat menyerang semua kalangan masyarakat seperti orang dewasa, anak-anak, lansia, dan ibu hamil. Individu yang terinfeksi COVID-19 ada yang menunjukkan gejala dan ada yang tidak. Namun keduanya tetap dapat menularkan penyakit COVID-19 ke individu lain. Gejala penyakit COVID-19 ada yang ringan dan berat. Gejala ringan meliputi kelelahan, demam, diare, sakit tenggorokan, batuk kering, dan kehilangan rasa atau penciuman. Gejala ini biasanya dirasakan oleh individu yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang kuat. Sementara itu, gejala berat seperti sesak napas, nyeri dada, dan kehilangan kemampuan berbicara biasanya dirasakan orang yang sistem kekebalan tubuhnya lemah atau memiliki penyakit bawaan. Penyakit bawaan yang dapat memperparah atau bahkan dapat menyebabkan kematian pada penderita COVID-19 antara lain diabetes, hipertensi,

penyakit jantung, penyakit kardiovaskular, autoimun, dan gangguan pernapasan kronis [3].

Secara umum, COVID-19 dapat ditularkan melalui droplet atau percikan lendir dari saluran pernapasan yang keluar saat individu terinfeksi sedang berbicara, batuk, ataupun bersin. Selain itu, COVID-19 juga dapat ditularkan jika individu terinfeksi menyentuh mata, hidung, atau mulut tanpa mencuci tangan terlebih dahulu setelah menyentuh benda atau permukaan yang terkena droplet dari individu lain yang terinfeksi. Virus COVID-19 tersebut dapat bertahan pada permukaan benda selama 2-3 hari. Saat ini masyarakat sudah mulai mengabaikan protokol kesehatan sehingga penyebaran penyakit COVID-19 masih bisa terjadi dengan cepat dan sulit ditangani oleh pemerintah.

Salah satu langkah untuk mengendalikan penyebaran COVID-19 yaitu dengan menggunakan model matematika. Model matematika sering digunakan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan salah satunya pada bidang kesehatan khususnya dalam penanggulangan penyakit menular. Pemodelan matematika sendiri merupakan cabang ilmu dari matematika yang berperan penting dalam mengendalikan dan mencegah penyebaran penyakit menular. Menurut Widowati dan Sutimin, pemodelan matematika adalah ilmu matematika yang menggambarkan dan menjelaskan permasalahan dunia nyata menjadi bahasa matematika sehingga didapatkan pemahaman yang lebih tepat terhadap permasalahan dunia nyata [4]. Sementara itu menurut Windawati, dalam menggambarkan fenomena perubahan populasi terhadap waktu yang bersifat kontinu dapat menggunakan pemodelan matematika, contohnya pada masalah penyebaran penyakit menular dimana pemodelan matematika merupakan komponen penting dalam menganalisis penyebaran dan kontrol penyakit menular[5].

Pada penyebaran penyakit COVID-19 terdapat beberapa jenis model yang sangat umum digunakan yaitu model SIS, SIR, dan SEIR. Model tersebut digunakan untuk memprediksi epidemi pada penyebaran penyakit COVID-19. Telah banyak

penelitian terdahulu yang membahas tentang penyebaran penyakit COVID-19, beberapa diantaranya yaitu model SVEAIR yang diusulkan oleh Zhong Hua Shen dkk dengan mempertimbangkan kontrol berupa pencegahan diri/isolasi, vaksinasi, dan pelaksanaan *rapid test* [6]. Selanjutnya ada juga model $SEI_a I_s MR$ oleh Naba Kumar Goswami dkk yang mempertimbangkan kontrol berupa pencegahan diri, pengecekan fasilitas dan pengobatan, dan pemberian obat kepada individu terinfeksi serta menggunakan prinsip maksimum *Pontryagin* untuk analisis kontrol optimalnya [7]. Adapun model $SEI_1 I_2 QR$ yang diusulkan oleh Jiraporn Lamwong dkk yang menggunakan kontrol berupa pembatasan sosial dan penggunaan masker, dan vaksinasi serta menggunakan metode *Lyapunov* untuk analisis kestabilan global dan prinsip maksimum *Pontryagin* untuk analisis kontrol optimalnya [8]. Kemudian M. Aakash dkk mengusulkan model SEIDQR dan mempertimbangkan kontrol berupa perawatan, karantina, dan kemanjuran deduksi serta menggunakan kriteria *Routh-Hurwitz* untuk analisis kestabilan lokal dan prinsip maksimum *Pontryagin* untuk analisis kontrol optimal [9]. Selanjutnya diusulkan pula model SEIQR oleh Ammar ElHasan dkk yang menggunakan variabel kontrol berupa pencegahan diri serta menggunakan prinsip *Pontryagin* untuk analisis kontrol optimal [10].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Anip Kumar Paul dkk dengan model $SV_a V_b B_v EA I_n HR$ yang membagi individu yang menerima vaksin menjadi tiga kelompok berdasarkan dosis vaksin yang diterima serta menggunakan kriteria *Routh-Hurwitz* untuk analisis kestabilan lokal dan *Partial Rank Correlation Coefficients* (PRCC) untuk analisis sensitifitas [11]. Kemudian model $SS_q EI H_q HR$ yang diusulkan oleh Shraddha Ramdas Bandekar dan Mini Ghosh dengan menggunakan variabel kontrol pencegahan diri untuk mengurangi penyebaran penyakit, pelaksanaan *rapid test* dan *tracing* untuk mendeteksi individu yang terinfeksi baik dengan atau tanpa gejala serta menggunakan kriteria *Routh-Hurwitz* untuk analisis kestabilan lokal dan prinsip maksimum *Pontryagin* untuk analisis kontrol optimalnya [12]. Selanjutnya, model STQIR yang diusulkan oleh Nurul Aini Istiqomah, dkk dengan mempertimbangkan intervensi *physical distancing* dan *self-precaution* sebagai parameter model, yang menggunakan

kriteria *Routh-Hurwitz* dan *Manifold Center* untuk analisis kestabilan lokalnya serta metode *Lyapunov* untuk analisis kestabilan globalnya [13]. Selain itu ada pula model STQIR yang diusulkan oleh U. A. Fitriani, dkk dengan mempertimbangkan pencegahan diri, pengobatan, dan karantina sebagai variabel kontrolnya yang menggunakan kriteria *Routh-Hurwitz* dan *Manifold Center* untuk analisis kestabilan lokalnya serta prinsip maksimum *Pontryagin* untuk kontrol optimalnya [14]. Selain itu ada pula model SVIR yang diusulkan oleh Forrest dkk dengan mempertimbangkan kontrol berupa vaksinasi [15]. Adapun model SVEIR yang diusulkan oleh Kaijing Chen, dkk yang membedakan sub populasi E dan I berdasarkan varian baru dari virus COVID-19 [16]. Yang terakhir model SVIRD oleh Mo'tassem yang mempertimbangkan kontrol optimal berupa vaksinasi [17].

Dalam penelitian ini penulis mengembangkan model yang diusulkan oleh peneliti sebelumnya yaitu Hussain dan Laldinpui [18] dengan menambahkan interaksi antara individu terinfeksi tanpa gejala dengan individu terinfeksi bergejala yang bertujuan untuk mengkonstruksi model yang dapat diterapkan untuk kasus COVID-19 di Indonesia, khususnya provinsi DKI Jakarta. Alasan lain penulis menambahkan interaksi antara individu terinfeksi tanpa gejala dengan individu terinfeksi bergejala adalah karena dalam kehidupan sehari-hari dapat saja terjadi interaksi tersebut yang disebabkan individu terinfeksi tanpa gejala tidak mengetahui bahwa dirinya sudah terinfeksi. Model matematika pada penelitian ini terdiri dari 6 subpopulasi yaitu subpopulasi rentan yang belum menerima vaksin (S), subpopulasi rentan yang menerima vaksin dosis 1 dan 2 (V), subpopulasi terpapar (E), subpopulasi terinfeksi tanpa gejala (I_a), subpopulasi terinfeksi bergejala (I_s), dan subpopulasi sembuh (R). Setelah mengkonstruksi model, akan dihitung bilangan reproduksi dasar ($\mathcal{R}_0$) untuk menetapkan laju penyebaran penyakit COVID-19 dan melakukan analisis titik kesetimbangan bebas penyakit dan endemik, selanjutnya titik kesetimbangan tersebut akan dianalisis kestabilan lokal dan globalnya. Selain itu akan dilakukan simulasi numerik dengan menggunakan data provinsi DKI Jakarta yang diperoleh dari web resmi <https://corona.jakarta.go.id>. Dari hasil simulasi, diperoleh bahwa titik kesetimbangan bebas penyakit bersifat stabil asimtotik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana modifikasi model pada penyebaran penyakit COVID-19?
2. Bagaimana analisis kestabilan lokal dari titik kesetimbangan bebas penyakit dan endemik dari model penyebaran penyakit COVID-19?
3. Bagaimana analisis kestabilan global dari titik kesetimbangan bebas penyakit dan endemik dari model penyebaran penyakit COVID-19?
4. Bagaimana hasil simulasi numerik model penyebaran penyakit COVID-19?

1.3 Pembatasan Penelitian

Pembahasan masalah pada penelitian ini dibatasi dengan menjelaskan model matematika terhadap penyebaran COVID-19 dengan menggunakan model SEIR yang memiliki enam subpopulasi yaitu subpopulasi rentan yang belum menerima vaksin (S), subpopulasi rentan yang menerima vaksin dosis 1 dan 2 (V), subpopulasi terpapar (E), subpopulasi terinfeksi tanpa gejala (I_a), subpopulasi terinfeksi bergejala (I_s), dan subpopulasi sembuh (R).

Vaksin dosis 1 diberikan kepada populasi rentan yang tidak menerima vaksin, sementara vaksin dosis 2 diberikan kepada populasi rentan yang telah menerima vaksin dosis 1. Kematian akibat terinfeksi hanya ada pada populasi terinfeksi bergejala.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh modifikasi model pada penyebaran penyakit COVID-19.
2. Memperoleh analisis kestabilan lokal dari titik kesetimbangan bebas penyakit dan endemik dari model penyebaran penyakit COVID-19.
3. Memperoleh analisis kestabilan global dari titik kesetimbangan bebas penyakit dan endemik dari model penyebaran penyakit COVID-19.
4. Memperoleh hasil simulasi numerik model penyebaran penyakit COVID-19.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah dan memperdalam pengetahuan terkait pemodelan matematika dan penerapannya pada permasalahan nyata di bidang kesehatan.
2. Memberikan referensi baru terkait penerapan pemodelan matematika di bidang kesehatan dengan menggunakan model $SVEI_a I_S R$.
3. Memberikan informasi mengenai hasil analisis pada penyebaran COVID-19, sehingga dapat digunakan dalam pengambilan kebijakan untuk mengurangi angka penyebaran COVID-19.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari tiga bab yaitu Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, dan Metodologi Penelitian, Pembahasan, dan Penutup.

BAB I Pendahuluan adalah bab yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka adalah bab yang berisi teori penunjang untuk mendukung pembahasan pada penelitian ini, yang meliputi penelitian terdahulu terkait penyebaran penyakit COVID-19, pemodelan matematika, nilai eigen dan vektor eigen, sistem persamaan diferensial, kepositifan dan keterbatasan solusi, titik kesetimbangan, linierisasi sistem persamaan diferensial, bilangan reproduksi dasar, kestabilan titik kesetimbangan, kriteria kestabilan *Routh-Hurwitz*, metode *Lyapunov*, serta model matematika awal yang akan dikembangkan.

BAB III Metodologi Penelitian adalah bab yang menjelaskan langkah-langkah yang digunakan penulis untuk menulis penelitian ini yang meliputi metode penelitian, bahan dan alat penelitian, langkah-langkah penelitian, dan diagram alir penelitian

BAB IV Pembahasan adalah bab yang menjelaskan proses penyebaran COVID-19, formulasi model, analisis kepositifan dan keterbatasan solusi, menentukan bilangan reproduksi dasar, analisis titik kesetimbangan, analisis kestabilan lokal dan global pada titik kesetimbangan, simulasi numerik.

BAB V Penutup adalah bab yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran bagi pembaca maupun bagi peneliti selanjutnya.