

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyebaran penyakit merupakan masalah serius yang dihadapi oleh masyarakat karena dapat menimbulkan kerugian termasuk kematian. Pada awal tahun 2020, dunia dikejutkan dengan mewabahnya pneumonia baru yang bermula dari Wuhan, Provinsi Hubei yang kemudian menyebar dengan cepat ke lebih dari 190 negara dan teritori. Wabah ini diberi nama coronavirus disease 2019 (COVID-19) yang disebabkan oleh *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2* (SARS-CoV-2). (Susilo, 2020)

World Health Organization (WHO) menyatakan, Coronaviruses (CoV) adalah keluarga besar virus yang menyebabkan penyakit mulai dari flu biasa hingga penyakit yang lebih parah seperti Sindrom Pernafasan Timur Tengah (MERS-CoV) dan Sindrom Pernafasan Akut Parah (SARS-CoV). Penyakit COVID-19 adalah penyakit menular yang juga disebabkan oleh coronavirus yang baru ditemukan. (Wu dan McGoogan, 2020) menemukan bahwa 81% dari kasus adalah gejala ringan (tanpa pneumonia atau hanya pneumonia ringan), 14% adalah kasus yang parah kesulitan bernafas, dan 5% kritis dengan gagal napas, syok septik, dan/atau disfungsi atau kegagalan banyak organ.

COVID-19 dinyatakan sebagai pandemi dunia dan Pemerintah Indonesia menetapkan sebagai bencana non alam berupa wabah penyakit yang perlu dilakukan penanggulangan terpadu melalui beberapa langkah termasuk keterlibatan seluruh komponen masyarakat (Kemenkes RI, 2020). Segala upaya dilakukan untuk mencegah agar tingkat reproduksi virus dan penularan virus menurun, seperti kebijakan lockdown, karantina, hingga kebijakan khas Indonesia yang disebut Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Keberhasilan menghentikan penyebaran virus membutuhkan upaya keras semua pihak. (Yanti, 2020)

Salah satu upaya yang sedang ditekankan di seluruh dunia adalah menemukan vaksin. Vaksin adalah alat baru yang penting dalam memerangi COVID-19 dan sangat menggembirakan melihat begitu banyak vaksin yang terbukti berhasil dan terus dikembangkan. Para ilmuwan dari seluruh dunia berkolaborasi dan berinovasi

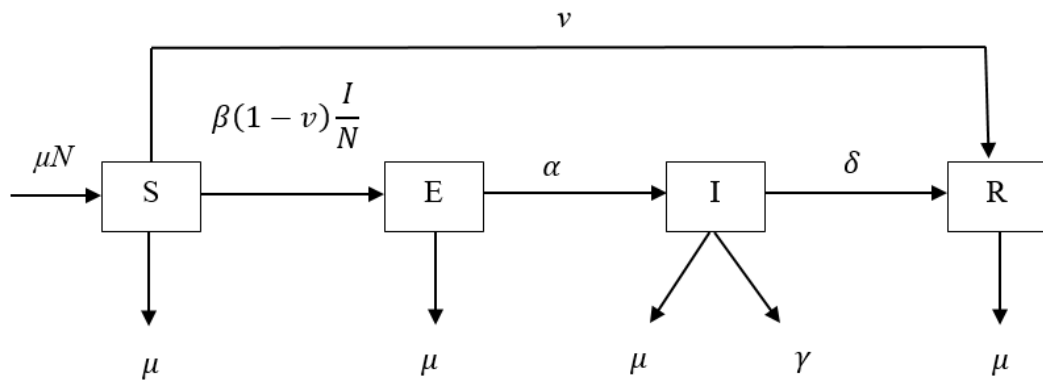
untuk mengembangkan dan menyebarkan vaksin yang aman dan efektif. Vaksin bekerja dengan melatih dan mempersiapkan pertahanan alami tubuh (sistem kekebalan) untuk mengenali dan melawan virus dan bakteri yang ditargetkan. (WHO, 2021)

Upaya secara matematika untuk membantu mengurangi penyebaran penyakit COVID-19 dapat dilakukan dengan mengkonstruksi model matematika. Dalam (Nasution, 2020) menyatakan Model SIR (Susceptible-Infected-Recovered) adalah dasar dari sebagian besar deterministik model yang masih digunakan sampai sekarang. Model ini yang pertama dikembangkan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927. Pada penelitian (Nasution, 2020) Model matematika biasanya digunakan untuk menyederhanakan keadaan kompleks dari sistem. Pemodelan matematis dapat digunakan untuk menggambarkan dan menginformasikan penyebaran penyakit dengan menggunakan asumsi tertentu yang penyelesaiannya dapat diperoleh baik analitik maupun numerik.

(Labzai, 2020) telah melakukan penelitian tentang analisis kestabilan model matematika penyakit COVID-19 dengan lima subpopulasi yaitu populasi *susceptible*, *exposed*, *infected*, *hospitalized cases*, dan *recovered* (SEIHR). Diketahui bahwa keseimbangan bebas penyakit dapat diperoleh jika angka reproduksi dasar yang diperoleh kurang dari atau sama dengan satu. Sebaliknya, jika angka reproduksi dasar lebih besar atau sama dengan satu maka keseimbangan endemik stabil secara asimtotik lokal. Penelitian selanjutnya, juga dilakukan oleh (Madubuaeze, 2020) dengan judul Mengontrol Penyebaran COVID-19: Analisis Kontrol Optimal. Ada tiga variabel kontrol yang digunakan yaitu edukasi masyarakat, karantina dan isolasi. Implementasi ketiga intervensi tersebut berkinerja lebih baik dalam mengurangi penyebaran COVID-19.

Penelitian lain juga dilakukan oleh (Side 2021) yaitu analisis efektifitas vaksin pada penyebaran COVID-19 dengan model matematika SEIR di kabupaten Gowa. Populasi manusia dibagi menjadi 4 kompartemen yaitu, *Susceptible* (S) merupakan manusia sehat dan berpeluang untuk terinfeksi virus Covid-19, *Exposed* (E) yaitu kelas individu yang telah terpapar virus Covid-19 tetapi tidak menularkannya kepada individu lain. *Infected* (I) merupakan kelas individu yang

terinfeksi oleh virus Covid-19 dan memiliki kemampuan menularkan virus tersebut kepada manusia lainnya. *Recovered* merupakan manusia yang telah sembuh dari infeksi virus dan kebal terhadap virus. Penelitian ini, membahas mengenai eksistensi titik kesetimbangan beserta kestabilannya dengan mempertimbangkan pengaruh vaksinasi. Simulasi juga dilakukan untuk menunjukkan secara visual. Hasil simulasi numerik menunjukkan bahwa strategi vaksinasi membuat penyakit dapat dikendalikan dengan lebih efisien. Berikut adalah skema model yang digunakan:



Gambar 1.1. Skema Penyebaran Infeksi Covid-19

Berdasarkan skema tersebut model matematika dalam persamaan sistem persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= \mu N - \left(\mu + v + \beta(1-v)\frac{I}{N} \right) S \\
 \frac{dE}{dt} &= \left(\beta(1-v)\frac{I}{N} \right) S - (\alpha + \mu) E \\
 \frac{dI}{dt} &= \alpha E - (\delta + \mu + \gamma) I \\
 \frac{dR}{dt} &= vS + \delta I - \mu R
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Jumlah populasi adalah N , untuk menyederhanakan sistem persamaan (1.1) dengan melakukan normalisasi dimana proporsi banyaknya individu pada masing-masing kelompok dapat dinyatakan sebagai $S = \frac{S}{N}$, $E = \frac{E}{N}$, $I = \frac{I}{N}$, $R = \frac{R}{N}$ populasi telah dinormalisasi yang artinya $S + E + I + R = 1$ dan didapatkan sistem persamaan baru sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\frac{dS}{dt} &= \mu - (\mu + \nu + \beta(1-\nu)I)S \\
\frac{dE}{dt} &= \beta(1-\nu)IS - (\alpha + \mu)E \\
\frac{dI}{dt} &= \alpha E - (\delta + \mu + \gamma)I \\
\frac{dR}{dt} &= \nu S + \delta I - \mu R
\end{aligned} \tag{1.2}$$

Berdasarkan uraian diatas mengenai penyebaran COVID-19 dan upaya yang perlu dilakukan, penulis akan melakukan analisis dan kontrol optimal pada penyebaran virus. Pengendalian tersebut dilakukan dengan satu kontrol yaitu pengontrolan terhadap penggunaan vaksin dan menggunakan model dinamika penyebaran penyakit COVID-19 dengan 4 subpopulasi. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model SEIR yang diadopsi dari penelitian (Side,2021). Penyelesaian pengontrolan optimal akan digunakan prinsip maksimum Pontryagin. Prinsip ini merupakan salah satu penyelesaian kontrol optimal yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai yaitu meminimumkan populasi ekspose dan populasi yang terinfeksi virus. Berdasarkan hal tersebut, penulis ingin melakukan penelitian dengan judul **“Kontrol Optimal Model SEIR Pada Penyebaran Covid-19 Dengan Pengaruh Vaksinasi”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fungsi kontrol optimal pada model SEIR penyebaran Covid-19 dengan vaksinasi sebagai kontrol?
2. Bagaimana simulasi numerik dinamika penyebaran Covid-19 dan kontrol optimal pada model SEIR penyebaran Covid-19 dengan pengaruh vaksinasi?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak meluas dan lebih terarah, maka penulis memberikan batasan masalah yaitu:

1. Populasi diasumsikan tertutup (tidak ada proses imigrasi dan emigrasi).

2. Penelitian ini tidak mempertimbangkan kemungkinan terjadinya infeksi ulang pada individu yang telah sembuh (recovered).
3. Individu rentan yang divaksinasi menjadi kebal terhadap virus.
4. Penelitian ini menggunakan metode kontrol optimal dengan prinsip maksimum Pontryagin.
5. Penelitian ini menggunakan data penyebaran Covid-19 di Indonesia dan disimulasikan menggunakan software Matlab

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang masalah dan perumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis kontrol optimal pada model SEIR penyebaran Covid-19 dengan vaksinasi sebagai kontrol.
2. Melakukan simulasi numerik dinamika penyebaran Covid-19 dan kontrol optimal pada model SEIR penyebaran Covid-19 dengan pengaruh vaksinasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagi penulis, penelitian ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman mengenai pengendalian optimal pada model penyebaran COVID-19 dengan menggunakan prinsip maksimum Pontryagin.
2. Bagi pembaca, penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi dan referensi bacaan mengenai pengendalian optimal pada model penyebaran Covid-19 dengan menggunakan prinsip maksimum Pontryagin untuk melakukan penelitian yang serupa.