

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Coronavirus Disease* (COVID-19) merupakan virus yang disebabkan oleh *severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2* (SARS-CoV-2). Virus ini menyerang sistem pernapasan dan dapat ditularkan manusia ke manusia. COVID-19 pertama kali ditemukan Desember 2019 di kota Wuhan, Provinsi Hubei, Tiongkok dan terus menyebar secara global. Pada 30 Januari 2020, wabah akibat SARS-CoV-2 ditetapkan sebagai darurat kesehatan global atau pandemi oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO). Untuk mengendalikan pandemi, pemerintah China melakukan karantina di kota Wuhan pada 23 Januari 2020 (Hou, Can, dkk, 2020).

Pada tanggal 2 Maret 2020 ditemukan dua kasus COVID-19 di Indonesia pertama kali. Pada tanggal 24 Maret 2022 terdapat 5.847.900 kasus yang terkonfirmasi dan ada 151.414 kasus meninggal di Indonesia (Kemenkes RI, 2021). Dengan tingginya laju penyebaran covid-19 di Indonesia bahkan seluruh dunia, sehingga setiap masing-masing negara harus melakukan kebijakan dan penanganan yang tepat agar lonjakan covid-19 tidak semakin meningkat. Di Indonesia kebijakan yang diterapkan antara lain Pembatasan Sosial Bersekala Besar (PSBB), Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM), Lockdown, dan vaksinasi. Vaksinasi dilakukan agar mengurangi penyebaran covid-19, dimana diketahui covid-19 menyerang sistem imun tubuh. Dengan adanya pembatasan kegiatan sosial masyarakat memaksa mobilitas dibatasi, untuk menghindari kontak langsung antar masyarakat.

Sejak 30 Januari 2020, yang mana COVID-19 ditetapkan sebagai pandemi oleh WHO maka berbagai negara diseluruh dunia melakukan upaya pencegahan masuknya wabah COVID-19 ke negara masing-masing, termasuk Indonesia. Pada 04 Februari 2020, Bandara Soekarno-Hatta resmi menutup penerbangan dari dan ke China. Pada tanggal 02 maret 2020 ditemukan kasus pertama di Indonesia, maka pemerintah Indonesia memperketat ketentuan gerbang internasional di bandara. Pemberlakuan penutupan sementara efektif mulai 05 Februari 2020

sampai 30 hari kedepan. pada 02 April 2020 Rute penerbangan internasional kembali aktif. Pada 21 Juli 2021 pemerintah mengeluarkan surat Permenkumham RI nomor 27 tahun 2021 tentang pembatasan orang asing masuk ke wilayah Indonesia dalam masa pemberlakuan pembatasan kegiatan masyarakat darurat. Pada 15 Oktober 2021 pemerintah mengeluarkan surat keputusan ketua satuan tugas penanganan covid-19 nomor 15 tahun 2021 tentang 19 negara asing warga negaranya diizinkan datang ke Indonesia (Angkasapura2, 2022).

Adanya mobilitas penduduk mengakibatkan proses penyebaran covid-19 semakin cepat. Covid-19 merupakan penyakit yang mengalami masa inkubasi 2-14 hari, dalam rentan waktu tersebut penderita covid-19 dapat mengalami gejala berat, ringan, dan tidak bergejala, akibatnya covid-19 mendapatkan kesempatan untuk dapat bertransmisi antar individu dari satu tempat yang lainnya. Dengan begitu cepatnya virus ini bertransmisi maka mempercepat juga penyebaran ke berbagai negara (Yazid, 2020). Pada 27 November 2021 ditemukan varian baru virus corona B.1.1.529 atau omicron, sehingga syarat pintu masuk bagi penumpang perjalanan internasional diperketat, pemerintah menutup juga pintu kedatangan warga negara asing (WNA) dari berbagai negara (nasional.com, 2021). Ditemukan varian baru SARS-CoV-2 B.1.1.529 di Afrika Selatan dan telah menyebar di beberapa negara di dunia, sehingga Indonesia perlu menyesuaikan peraturan untuk penumpang perjalanan luar negeri terkhusus Afrika dan negara sekitarnya untuk memproteksi penduduk indonesia dari varian baru tersebut.

Pada November 2021 di bandara Soekarno-Hatta telah ditemukan sebanyak 40 penumpang asal luar negeri terkonfirmasi positif Covid-19 setelah melakukan tes PCR (Sindonews.com, 2021). Berdasarkan data kumulatif kasus corona yang ditemukan di bandara Soekarno-Hatta periode 01 Desember 2021-16 Januari 2022 total penumpang luar negeri yang masuk mencapai 123.313 orang, dari seluruh jumlah penumpang tersebut sekitar 3.923 orang atau 3,2 % kasus positif covid-19 ditemukan. Ribuan kasus positif tersebut kemudian dilakukan pemeriksaan *Whole Genome Sequencing* (WGS) yang menunjukkan hasil 567 orang atau 14,5 % terkonfirmasi covid-19 varian baru atau omicron (merdeka.com, 2021). Dengan data COVID-19 yang ditemukan di bandara internasional di Indonesia, sehingga mobilitas memiliki pengaruh pada dinamika

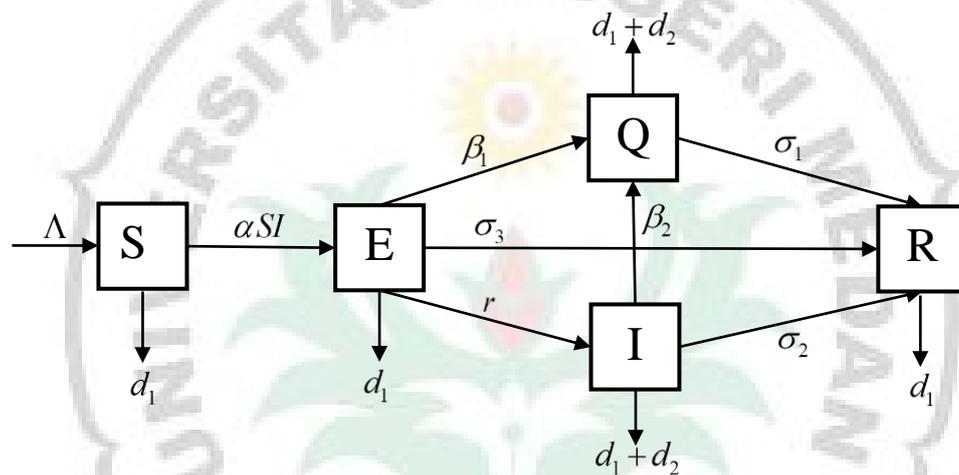
penyebaran COVID-19. Kasus COVID-19 yang ditemukan juga ada yang merupakan varian baru yang mana tingkat penyebarannya lebih cepat, sehingga perlu dikaji karakteristik penyebaran COVID-19 dengan parameter mobilitas internasional.

Dalam mengatasi pandemi COVID-19 yang terus menyebar di seluruh dunia, banyak kontribusi yang diberikan setiap bidang pekerjaan, diantaranya para peneliti dari berbagai bidang yang berusaha memberikan kontribusinya dalam mengatasi pandemi COVID-19. Peneliti di bidang kesehatan berusaha mengetahui sumber virus, sifat virus dan penyebarannya, dan upaya pengobatan. Ilmuwan matematika berusaha memprediksi karakteristik penyebaran virus dan menemukan langkah-langkah intervensi melalui pengembangan model matematika yang diharap mampu mengendalikan penularan penyakit. Penelitian tentang model dinamik penyebaran COVID-19 telah banyak dilakukan, seperti Anna, dkk. (2020) mengkonstruksikan model SEIR penyebaran COVID-19 dengan mempertimbangkan faktor vaksinasi dan isolasi. Zeb, dkk. (2020) mengembangkan model SEIQR penyebaran COVID-19 dengan menambahkan kelas isolasi. Dari beberapa penelitian diatas, belum ada model matematika dengan menambahkan parameter mobilitas internasional, sehingga penelitian ini bertujuan untuk menentukan model dinamik COVID-19 dengan penambahan parameter mobilitas internasional.

Penelitian mengenai model matematika penyebaran penyakit COVID-19 telah banyak dilakukan. Anna, dkk. (2020) mengkonstruksikan model SEIR penyebaran COVID-19 dengan mempertimbangkan faktor vaksinasi dan isolasi yang menunjukkan hasil bahwa pemberian vaksin dapat mempercepat penyembuhan dan isolasi dapat menurunkan penyebaran COVID-19. Zeb, dkk. (2020) mengembangkan model SEIQR penyebaran COVID-19 dengan menambahkan kelas isolasi dan dari hasil analisis model diperoleh bahwa isolasi manusia terinfeksi secara keseluruhan dapat mengurangi risiko penyebaran COVID-19. Ndairou, dkk. (2020) mengembangkan model SEIR menjadi SEIPHRF dimana hasil analisis numerik model yang dikonstruksikan dapat mencerminkan realitas wabah COVID-19 di Wuhan. Model SEIR juga dikembangkan oleh Resmawan, dkk. (2021) menjadi model SEAQIR yang hasil

analisisnya menunjukkan bahwa peningkatan intervensi dan karantina pada manusia terinfeksi dapat memperlambat transmisi COVID-19.

Analisis model dinamika penyebaran penyakit COVID juga dilakukan oleh Youssef, dkk. (2021). Pada model ini, populasi manusia pada saat  $t$  terbagi menjadi 4 subpopulasi, yaitu  $S$  (*susceptible*),  $E$  (*exposed*),  $I$  (*infected*),  $Q$  (*quarantine*), dan  $R$  (*recovered*). Berikut ini adalah skema dan model SEIR dinamika penyakit COVID 19:



**Gambar 1.1 Skema Dinamika COVID-19**

**Keterangan :**

- $\Lambda$  : laju tingkat kelahiran
- $\alpha$  : laju tingkat perpindahan dari kelas  $S$  ke  $E$
- $\beta_1$  : laju tingkat perpindahan individu dari  $E$  ke  $Q$
- $\beta_2$  : laju tingkat perpindahan individu dari  $I$  ke  $Q$
- $d_1$  : laju tingkat kematian alami
- $d_2$  : laju tingkat kematian karena infeksi Covid-19
- $\sigma_1$  : laju tingkat kesembuhan dari  $Q$  ke  $R$
- $\sigma_2$  : laju tingkat kesembuhan karena pengobatan di  $I$
- $\sigma_3$  : laju tingkat perpindahan individu dari  $E$  ke  $R$
- $r$  : laju tingkat perpindahan individu dari  $E$  ke  $I$

$S$  merupakan populasi *Susceptible*, populasi sehat yang rentan terkena virus,  $E$  merupakan populasi *Exposed*, populasi yang telah kontak langsung

penderita,  $I$  merupakan populasi *Infected*, Populasi yang telah dikonfirmasi terinfeksi virus dengan menggunakan tes swab yang diuji melalui PCR,  $R$  merupakan Populasi *Recovered*, populasi yang telah bebas dari virus, bisa diartikan sembuh maupun meninggal,  $Q$  merupakan populasi karantina yang terinfeksi dan diperlukan perawatan. Parameter  $\alpha$  didefinisikan sebagai laju populasi yang rentan terinfeksi tetapi tidak terdeteksi. Penulis mempertimbangkan arus masuk populasi rentan pada tingkat  $\wedge > 0$  persatuan nilai waktu.

Kelompok variabel  $S(t)$ , arus masuk dari tingkat kelahiran  $\wedge$ . Arus keluar populasi dengan kematian alami  $d_1$ , dan arus keluar yang masuk ke kelompok  $E(t)$  dengan nilai  $\alpha I(t)(S(t))$  dapat menginfeksi ke kelompok  $\alpha I(t)$ , jadi jumlah arus keluar sama dengan kelipatan  $\alpha S(t)I(t)$ . Kelompok rentan terhadap infeksi COVID-19 dengan variabel  $E(t)$  arus masuk  $\alpha I(t)S(t)$ . Arus keluar ada empat, populasi dengan kematian alami  $d_1$ . Populasi keluar menuju kelompok  $Q(t)$  dengan laju bernilai  $\beta_1$ . Populasi keluar menuju kelompok pemulihan tanpa memerlukan pengobatan dengan laju bernilai  $\sigma_3$ . Populasi menuju kelompok terinfeksi variabel  $I(t)$  dengan laju bernilai  $r$ . Kelompok terinfeksi COVID-19 dengan variabel  $I(t)$ , arus masuk berasal dari  $E(t)$  dengan laju bernilai  $r$ , arus keluar menuju kelompok  $Q(t)$  dengan laju bernilai  $\beta_2$ , arus keluar menuju pemulihan yang berhasil dengan laju  $\sigma_2$ , arus keluar yang terakhir yaitu kematian alami dengan laju  $d_1$  dan kematian karena virus COVID-19 dengan laju  $d_2$ . Kelompok karantina dengan variabel  $Q(t)$ , arus masuk  $\beta_1 E(t)$  dan  $\beta_2 I(t)$ . Populasi adalah kematian total dengan kematian alami  $d_1$  dan kematian karena COVID-19  $d_2$ , populasi menuju kelompok penyembuhan  $\sigma_3$  kelompok terinfeksi dengan laju penyembuhan bernilai  $r(t)$ . Kelompok pengobatan dengan variabel  $R(t)$ , arus masuk populasi berasal dari kelompok karantina  $Q(t)$  dengan laju pemulihan bernilai  $\sigma_1$ , arus masuk dari kelompok terinfeksi dengan laju pemulihan  $r_2$ , dan arus masuk populasi yang keluar dari

area yang terpapar secara langsung dengan laju pemulihan  $\sigma_3$ . Satu arus keluar dari populasi terinfeksi dengan kematian alami.

Berdasarkan Gambar 1.1 dan lima variabel tersebut, maka model penyebaran COVID-19 dapat dibentuk dalam sistem persamaan diferensial nonlinear orde satu sebagai berikut (Youssef,dkk. 2021).

$$\begin{aligned}
 \frac{dS(t)}{dt} &= \Lambda - \alpha S(t)I(t) - d_1 S(t) \\
 \frac{dE(t)}{dt} &= \alpha S(t)I(t) - (r + \beta_1 + \sigma_3 + d_1) E(t) \\
 \frac{dI(t)}{dt} &= rE(t) - (\beta_2 + \sigma_2 + d_1 + d_2) I(t) \\
 \frac{dQ(t)}{dt} &= \beta_1 E(t) + \beta_2 I(t) - (\sigma_1 + d_1 + d_2) Q(t) \\
 \frac{dR(t)}{dt} &= \sigma_3 E(t) + \sigma_2 I(t) + \sigma_1 Q(t) - d_1 R(t)
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Dimana  $\varepsilon_1 = (r + \beta_1 + \sigma_3 + d_1)$ ,  $\varepsilon_2 = (\beta_2 + \sigma_2 + d_1 + d_2)$ , dan  $\varepsilon_3 = (\sigma_1 + d_1 + d_2)$ . Dengan kondisi awal  $(S(t), E(t), I(t), Q(t), R(t)) \geq 0$ , sehingga solusi model SEIQR pada persamaan 1.1 non-negatif pada interval  $[0, \infty]$  (Marcheva, 2015).

Penelitian-penelitian terdahulu yang telah dijelaskan menunjukkan bahwa model matematika merupakan alat yang tepat dalam menyelidiki dinamika dan pengendalian penyebaran penyakit COVID-19. Pemodelan matematika umumnya menunjukkan bahwa strategi vaksinasi, karantina, dan pengobatan merupakan berbagai strategi yang dibutuhkan untuk pengendalian penyakit menular. Pada penelitian ini kestabilan modifikasi bersifat menyebar atau berkurang, dimana pada model SEIQR dengan penambahan parameter penerbangan internasional nanti akan menghasilkan titik kesetimbangan. Titik kesetimbangan terdiri atas titik kesetimbangan bebas penyakit dan endemik.

Pada penelitian ini akan ditunjukkan apakah analisis kestabilan sistem menunjukkan titik kesetimbangan bebas penyakit bersifat stabil asimtotik lokal pada  $R_0 < 1$  dan tidak stabil  $R_0 > 1$ . Karena penyebaran COVID-19 di Indonesia

tinggi, sehingga perlu mendapatkan perhatian lebih pada penyebaran penyakit tersebut. Analisis kestabilan modifikasi model SEIQR perlu dilakukan untuk mengetahui kestabilan model matematika penyebaran COVID-19 dengan adanya penambahan parameter karantina dan pembatasan penerbangan internasional, dimana penelitian ini bertujuan menunjukkan hasil peningkatan intervensi berupa karantina dan penerbangan internasional apakah mampu menekan bilangan reproduksi dasar yang berarti dapat memperlambat terjadinya penularan COVID-19. Berdasarkan penelitian terdahulu, penulis berniat untuk melakukan konstruksi pada model yang diusulkan Youssef, dkk. dengan judul **“Analisis Kestabilan Modifikasi Model SEIQR Penyebaran SARS-CoV-2 Dengan Adanya Mobilitas Internasional di Indonesia”**.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Konstruksi modifikasi model SEIQR penyebaran SARS-CoV-2 di Indonesia dengan mempertimbangkan mobilitas internasional.
2. Analisis kestabilan model SEIQR penyebaran SARS-CoV-2 di Indonesia dengan mempertimbangkan mobilitas internasional.
3. Analisis kestabilan model modifikasi SEIQR penyebaran SARS-CoV-2 di Indonesia dengan menggunakan data suspek sebelum/sesudah vaksinasi.

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah dan topik pembahasan tidak meluas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Populasi penduduk pada penyebaran Covid-19 bersifat terbuka yang berarti bahwa adanya migrasi.
2. Mobilitas in-out internasional penduduk diasumsikan tidak ada yang illegal.
3. Data mobilitas internasional yang diambil hanya menggunakan data penerbangan.
4. Data suspek yang sebelum vaksinasi pada tanggal 2 Maret 2020 – 12 Januari 2021, sesudah vaksinasi 13 Januari 2021 – Februari 2022.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Membangun modifikasi model SEIQR penyebaran SARS-CoV-2 di Indonesia dengan mempertimbangkan mobilitas internasional.
2. Menganalisis kestabilan model SEIQR penyebaran SARS-CoV-2 di Indonesia dengan mempertimbangkan mobilitas internasional.
3. Menganalisis kestabilan model modifikasi SEIQR penyebaran SARS-CoV-2 di Indonesia dengan menggunakan data suspek sebelum/sesudah vaksinasi.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Bagi pembaca, sebagai bahan referensi untuk melakukan penelitian serupa dan sebagai tambahan informasi mengenai modifikasi model SEIQR penyebaran COVID-19.
2. Bagi pembaca, sebagai bahan referensi untuk melakukan penelitian serupa dan sebagai tambahan informasi mengenai kestabilan pada model dinamik SEIQR penyebaran COVID-19.
3. Bagi pembaca, untuk mengetahui bentuk pengontrolan yang dapat dilakukan dalam menekan jumlah infeksi penyebaran penyakit COVID-19 sehingga dapat dilakukan intervensi kesehatan terhadap variabel tersebut.