

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses kemajuan ilmu pengetahuan hingga saat ini tidak pernah luput dari adanya peran penting dari ilmu matematika. Salah satu peran penting seorang matematikawan dalam kemajuan ilmu di bidang epidemiologi adalah membuat pemodelan penularan penyakit. Pemodelan matematika dilakukan agar dapat merepresentasikan, menganalisa, bahkan memprediksi permasalahan yang sedang diteliti. Model penularan penyakit dapat menjadi alat yang sangat penting dalam memperoleh pengetahuan mengenai dinamika dari penularan penyakit. Salah satu pandemi global yang saat ini dialami oleh seluruh penduduk dunia adalah pandemi COVID-19, sehingga penelitian ini akan memodelkan penularan dari penyakit COVID-19.

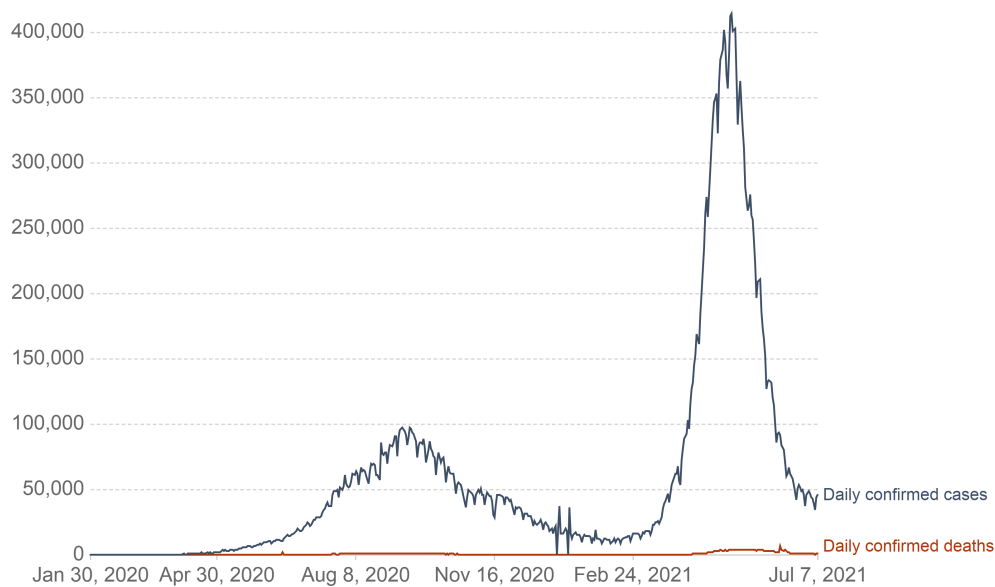
Virus SARS-CoV2 atau yang lebih populer dengan sebutan *Corona Virus Disease* (COVID) diduga awal mula menjangkit manusia yang ada di Wuhan, China pada tanggal 17 November 2019. Setelah menginfeksi banyak warga Wuhan, penyakit COVID-19 kemudian menyebar ke berbagai negara dan *World Health Organization* (WHO) secara resmi mengumumkan penyakit COVID-19 sebagai pandemi global pada tanggal 11 Maret 2020. Penyakit COVID-19 ini memiliki tingkat kematian sebesar 2.3% dan akan sangat mematikan bagi pasien memiliki komorbid atau komplikasi. Masa inkubasi penyakit COVID-19 sekitar 3 hingga 9 hari dengan tanda-tanda seperti batuk, gangguan pernafasan ringan hingga akut, kehilangan indra penciuman, serta 98.6% pasien mengalami demam. Penular penyakit COVID-19 ini terjadi melalui droplet atau melalui transmisi udara membuat virus ini menyebar dengan sangat cepat. Pemerintah dari berbagai negara menganjurkan masyarakatnya untuk menerapkan program kesehatan dengan mengenakan masker saat berpergian, selalu mencuci tangan atau menggunakan pensanitasi tangan setelah berkontak dengan apapun, dan menjaga jarak setidaknya satu meter dengan orang lain agar dapat mencegah penularan penyakit COVID-19 ini [1].

*World Health Organization* (WHO) menganjurkan setiap negara agar melakukan *lockdown* atau karantina wilayah dan vaksinasi dalam melawan wabah COVID-19. Wabah COVID-19 akan menghilang ketika mencapai *herd immunity* yang dimaksud dengan kekebalan masyarakat dalam melawan penyakit COVID-19 dengan setidaknya 80% masyarakat harus terimunisasi [2]. Vaksin berguna untuk

membentuk kekebalan tubuh terhadap penyakit COVID-19 agar saat virus yang masuk ke dalam tubuh, kekebalan ini dapat bekerja untuk menghindari kemungkinan sakit berat atau gejala berat. Berbagai negara telah berhasil membuat antibodi atau vaksin dari penyakit COVID-19 dengan tingkat efikasi yang berbeda-beda.

### Daily confirmed COVID-19 cases and deaths, India

The confirmed counts shown here are lower than the total counts. The main reason for this is limited testing and challenges in the attribution of the cause of death.



Source: Johns Hopkins University CSSE COVID-19 Data – Last updated 8 July, 09:03 (London time) OurWorldInData.org/coronavirus • CC BY

**Gambar 1.1:** Grafik Kasus Baru dan Meninggal Akibat Penyakit COVID-19 di India (Sumber: [www.who.int](http://www.who.int) [3])

Negara-negara di seluruh belahan dunia telah melakukan program vaksinasi dan menjalankan protokol kesehatannya masing-masing. Akan tetapi beberapa negara di Eropa, Afrika, dan Asia Tengah justru mengalami pandemi gelombang kedua dari penyakit COVID-19. Diduga bahwa pandemi gelombang kedua ini terjadi dikarenakan virus ini telah bermutasi. Salah satu varian mutasi virus yang mampu memicu adanya pandemi baru seperti pada Gambar 1.1 adalah varian Delta yang pertama kali muncul di Maharashtra, India pada Desember 2020. Meskipun vaksinasi telah dimulai sejak Januari 2021, tidak disangka bahwa angka positif justru melonjak karena adanya varian Delta ini. Varian Delta yang memiliki transmisi virus yang lebih cepat dan tingkat kematian yang lebih tinggi ini membuat varian Delta lebih berbahaya dibanding virus dari Wuhan. Hingga kini, diduga 90% angka positif di India disebabkan oleh varian Delta ini [4]. Sehingga

India merupakan salah satu negara dengan angka positif penyakit COVID-19 yang sangat signifikan dengan adanya mutasi virus.

Kasus yang terkonfirmasi dalam data grafik total kasus hanyalah data yang tercatat oleh hasil tes yang dilakukan oleh laboratorium, sehingga kasus yang terkonfirmasi ini bukanlah kasus yang terjadi sebenarnya. *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) menuliskan bahwa 81% dari pasien COVID-19 memiliki gejala yang ringan hingga sedang [5]. Sehingga kompartemen *Infected* (I) yang ada pada model akan terbagi menjadi dua subpopulasi lagi yaitu individu dengan gejala atau simtomatik ( $I_a$ ) dan individu tanpa gejala atau ( $I_s$ ).

Menurut Mode Charles J dan Sleeman Candace K [6], model epidemi matematika diklasifikasikan ke dalam dua jenis model matematika, yaitu model deterministik dan model stokastik. Model deterministik biasanya diformulasi dalam bentuk sistem persamaan diferensial, sementara itu model stokastik diformulasi dalam proses stokastik atau himpunan peubah acak yang memiliki pemecahan dalam distribusi probabilitas. Jika dilihat dari jumlah kasus terinfeksi oleh penyakit COVID-19 pada Gambar 1.1, jumlah kasus bergerak secara acak. Oleh karena itu, model deterministik tidak akan cocok lagi untuk digunakan dalam menganalisis penularan penyakit COVID-19. Sehingga, penelitian ini akan menggunakan model deterministik untuk memodelkan penularan virus kemudian menggunakan model stokastik untuk mensimulasikan model deterministik tersebut. Model deterministik yang digunakan adalah model epidemi yang kemudian disimulasikan dengan parameter yang berdistribusi acak. Kemudian, hasil dari simulasi akan dibandingkan dengan data sebenarnya dengan menghitung nilai errornya.

Penelitian ini ditujukan untuk melakukan pemodelan matematika terhadap penularan penyakit COVID-19 di India. Model epidemi matematika yang akan diteliti adalah pengembangan dari model epidemi klasik (*Susceptible - Infective - Recovered*) SIR dengan penambahan kompartemen asimtomatik, karantina, vaksinasi, dan meninggal yaitu model epidemi (*Susceptible - Vaccinated - Infected - Quarantine - Death Recovered*) SVIQDR. Model epidemi SIR pada dasarnya menggambarkan adanya individu rentan yang terinfeksi kemudian sembuh dari penyakit, sedangkan model SVIQDR mewakili suatu situasi dimana individu rentan dapat melakukan vaksinasi kemudian dapat terinfeksi dengan dan tanpa gejala oleh penyakit yang kemudian mengharuskan individu terinfeksi dengan gejala melakukan karantina mandiri untuk mengisolasi diri yang kemudian dapat meninggal atau sembuh dari penyakit ini.

Oleh karena itu, penelitian ini akan memodelkan penularan penyakit COVID-19 di India dengan mengembangkan model epidemi SIR klasik dengan penambahan asimtomatik, vaksinasi, karantina, dan meninggal. Kemudian, model tersebut akan analisis agar dapat memberikan informasi mengenai dinamika penularan penyakit COVID-19. Model epidemi matematika ini akan disimulasikan dengan nilai parameter yang menyesuaikan situasi di India yang diharapkan dapat merepresentasikan permasalahan penularan penyakit COVID-19 di India. Mutasi virus akan menjadi penyebab terjadinya gelombang pandemi kedua dengan adanya laju penularan yang lebih tinggi. Agar dapat memberikan gambaran kepada masyarakat terhadap penyakit COVID-19 maka akan dilihat juga pengaruh vaksinasi, mutasi virus, karantina, asimtomatik, dan efikasi vaksin terhadap model matematika yang diteliti.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penulisan dari latar belakang penelitian ini, maka permasalahan yang akan diteliti adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana memodelkan penularan penyakit COVID-19 dengan menggunakan model epidemi klasik SIR dengan penambahan kompartemen asimtomatik, karantina, vaksinasi, dan meninggal?
2. Bagaimana analisis titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar dari model matematika untuk penularan penyakit COVID-19?
3. Bagaimana cara mensimulasi model matematika secara stokastik untuk penularan penyakit COVID-19 di India menggunakan perangkat lunak R-Studio?
4. Bagaimana pengaruh vaksinasi, mutasi virus, karantina, asimtomatik, dan efikasi vaksin dari penyakit COVID-19?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penulisan dari rumusan masalah penelitian ini, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memodelkan penularan penyakit COVID-19 dengan menggunakan model epidemi klasik SIR dengan penambahan kompartemen asimtomatik, karantina, vaksinasi, dan meninggal.
2. Menganalisis titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar dari model matematika untuk penularan penyakit COVID-19.
3. Mengetahui cara mensimulasi model matematika secara stokastik untuk penularan penyakit COVID-19 di India menggunakan perangkat lunak R-Studio.
4. Mengetahui pengaruh vaksinasi, mutasi virus, karantina, asimtomatik, dan efikasi vaksin dari penyakit COVID-19.

### 1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan penyelesaian dari rumusan masalah penelitian ini, terdapat beberapa batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya membahas penyakit COVID-19 bukan penyakit lain dengan gejala yang sama dengan penyakit COVID-19.
2. Penelitian ini menggunakan model epidemi SVIQDR dan membagi kompartemen *Infected* (I) menjadi 2 subpopulasi, yaitu individu yang terinfeksi dengan gejala dan tanpa gejala.
3. Individu yang divaksinasi adalah total vaksinasi untuk penyakit COVID-19 yang ada di India.
4. Individu yang sedang melakukan karantina hanya individu yang terinfeksi dengan gejala dan tidak dapat menularkan penyakit.
5. Gelombang kedua pandemi penyakit COVID-19 di India hanya disebabkan oleh adanya mutasi virus.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat manfaatnya secara teoretis dan praktis.

### **1.5.1 Manfaat Teoretis**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan secara teoritis adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui model matematika untuk penularan penyakit COVID-19 di India dengan penambahan kompartemen asimtomatik, karantina, vaksinasi, dan meninggal.
2. Mengetahui analisis titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar dari model matematika untuk penularan penyakit COVID-19.
3. Hasil penelitian dapat digunakan untuk penelitian yang lebih lanjut.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan secara praktis adalah sebagai berikut.

1. Membantu pihak-pihak yang terkait dalam usaha penanganan penularan penyakit COVID-19 dengan memberikan informasi mengenai analisis dari bilangan reproduksi dasar atau rata-rata laju penularan penyakit COVID-19.
2. Memberi gambaran mengenai hasil simulasi model matematika untuk penularan penyakit COVID-19.
3. Memberi gambaran kepada masyarakat pengaruh vaksinasi, mutasi virus, karantina, asimtomatik, dan efikasi vaksin melalui analisis dari hasil simulasi model matematika untuk penularan penyakit COVID-19.

## 1.6 Struktur Penulisan

Struktur penulisan dalam penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bab I - Pendahuluan

Pada bab ini akan menjelaskan latar belakang ditulisnya penelitian ini, rumusan masalah, tujuan, serta batasan masalah yang akan diteliti. Kemudian, bab ini akan menyertakan manfaat dari penelitian ini secara praktis begitupula teoritis.

2. Bab II - Landasan Teori

Pada bab ini akan menjabarkan teori-teori dasar yang hendak diaplikasikan dalam metode untuk menyelesaikan penulisan penelitian ini.

3. Bab III - Metodologi

Pada bab ini akan menjelaskan secara teoritis dan sistematis mengenai langkah-langkah dalam menyelesaikan penulisan penelitian ini.

4. Bab IV – Pemodelan Matematika

Pada bab ini akan membangun model epidemi matematika yang akan dianalisis titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar.

5. Bab V – Simulasi dan Pembahasan

Pada bab ini akan melakukan analisis terhadap titik ekuilibrium dan bilangan reproduksi dasar menggunakan nilai parameter yang telah disesuaikan di India kemudian melakukan simulasi stokastik dengan menggunakan perangkat lunak R-Studio dan melihat kemiripannya dengan data asli. Akan dilihat juga pengaruh vaksinasi, mutasi virus, karantina, asimtomatik, dan efikasi vaksin terhadap model matematika yang diteliti.

6. Bab VI - Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan menuliskan kesimpulan dari hasil penelitian yang dapat menjawab tujuan dari penelitian ini.