

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Coronavirus Disease 19 (COVID-19) merupakan penyakit yang disebabkan oleh *Novel Coronavirus* (2019-nCoV) atau yang kini dinamakan SARS-CoV-2 yang merupakan virus jenis baru yang belum pernah diidentifikasi sebelumnya pada manusia. Tanda dan gejala umum infeksi COVID-19 antara lain gejala gangguan pernapasan akut seperti demam, batuk dan sesak napas hingga pada kasus yang berat menyebabkan pneumonia, sindrom pernapasan akut, gagal ginjal dan bahkan kematian. Manifestasi klinisnya muncul dalam 2 hari hingga 14 hari setelah terjadi pajanan. Hingga saat ini masih diyakini bahwa transmisi penularan COVID-19 adalah melalui droplet dan kontak langsung, kecuali bila ada tindakan medis yang memicu terjadinya aerosol (misalnya resusitasi jantung paru, pemeriksaan gigi seperti penggunaan *scaler ultrasonik* dan *high speed air driven*, pemeriksaan hidung dan tenggorokan, pemakaian nebulizer dan pengambilan swab) dimana dapat memicu terjadinya resiko penularan melalui *airborne* (Kemenkes RI, 2020a).

Pandemi COVID-19 yang berlangsung sejak awal tahun 2020 telah berdampak pada tatanan kehidupan masyarakat, baik secara sosial maupun ekonomi. Jumlah kasus terkonfirmasi di Indonesia per tanggal 30 Juni 2021 adalah 2,18 Juta, 253,826 (11,5%) kasus aktif, 1.890.287 (85,8%) sembuh, 58.995 (2,7%) meninggal dunia. Kenaikan kasus sebesar 38,3% dalam sepekan. Angka

kematian pada pekan naik menjadi 4,9% dibandingkan pekan sebelumnya. Jawa Timur menjadi provinsi dengan kenaikan angka kematian tertinggi yaitu sebanyak 12.095 kasus (www.COVID-19.go.id).

Ada beberapa kebijakan pemerintah untuk menurunkan transmisi COVID-19. Yang pertama adalah Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). PSBB adalah pembatasan kegiatan tertentu penduduk dalam suatu wilayah yang diduga terinfeksi *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19) sedemikian rupa untuk mencegah kemungkinan penyebaran *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19). Status PSBB daerah ditetapkan oleh Menteri Kesehatan (Kemenkes RI, 2020b).

Kebijakan lainnya adalah Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) berbasis Mikro pembentukan Posko Penanganan COVID-19 di Tingkat Desa dan kelurahan untuk pengendalian penyebaran COVID-19 yang ditetapkan berdasarkan Instruksi Mendagri Nomor 3 tahun 2021 (Mendagri, 2021). Kini PPKM darurat yang sedang dicanangkan oleh Presiden Jokowi akan berlaku pada tanggal tiga sampai dengan dua puluh Juli 2021 mendatang (Al Hikam, 2021).

Selain tiga kebijakan di atas, pemerintah juga mempromosikan dengan gencar kampanye 3M yaitu memakai masker, mencuci tangan dan menjaga jarak dan 3T yaitu *testing, tracing dan treatment*. Pemerintah juga melaksanakan program vaksinasi yang dimulai sejak tanggal 13 Januari 2021 lalu. Per tanggal 30 Juni 2021 sudah 30.184.392 jiwa penduduk yang mendapatkan vaksinasi pertama dan 13.624.157 yang mendapatkan vaksinasi kedua.

Karena tingginya kasus COVID-19 inilah perlu diprediksi sejauh mana penambahan kasus ini di masa depan agar pemerintah dapat melakukan langkah

antisipasi. SIR adalah salah satu model matematis yang dapat memprediksi jumlah kasus COVID-19. Pada umumnya model epidemi yang berbentuk sistem persamaan diferensial non linier tidak dapat diselesaikan secara eksak. Oleh karena itu, metode pendekatan numerik diperlukan untuk mendapatkan penyelesaian yang mendekati nilai eksak. Diskritisasi akan mentransformasikan sistem persamaan diferensial ke dalam sistem persamaan beda (Yudasubrata, 2018).

Model dasar yang digunakan untuk memprediksi penyakit epidemik yaitu *Susceptible and Infected* (SI). Kemudian model ini berkembang menjadi dua *Susceptible, Infected and Susceptible* (SIS) dan *Susceptible, Infected and Recovered* (SIR). Model SIS menggambarkan bahwa semua orang dapat terinfeksi virus seiring dengan berjalannya waktu, lalu mereka akan sembuh juga seiring dengan berjalannya waktu, namun dapat terinfeksi kembali. Model SIR adalah model di mana semua orang dapat terinfeksi virus seiring dengan berjalannya waktu, namun setelah mereka sembuh akan terbentuk kekebalan tubuh yang membuat mereka tidak dapat terinfeksi kembali (Kermack and McKendrick, 1927).

SIR adalah model epidemic yang dikembangkan oleh Kermack dan McKendrick pada tahun 1927. Dewasa ini ada banyak sekali modifikasi dari model SIR. Beberapa contoh modifikasi dari SIR adalah *Susceptible, Exposed, Infected, Recovered* (SEIR), *Susceptible, Exposed, Infected, Recovered, Deceased* (SEIRD), dan *Susceptible, Vaccine, Infected, Recovered* (SVIR). SIR adalah

model dasar yang harus dipahami sebelum memahami model-model lainnya yang merupakan modifikasi dari SIR (Hall and Lingerfjard, 2017).

Model epidemik SIR pada awalnya dikembangkan untuk mengetahui laju penyebaran dan kepunahan suatu wabah penyakit dalam populasi tertutup, bersifat epidemic dan tidak menimbulkan kematian. Setelah model terbentuk, akan dicari solusi analitis dan titik kesetimbangannya, yang selanjutnya diinterpretasikan dalam permasalahan yang sesungguhnya dalam kehidupan nyata (Prodanov, 2020).

SIR adalah salah satu model matematika yang dapat meramalkan jumlah kasus dari penyakit epidemik salah satunya COVID-19. Tujuh negara lain yaitu Cina, Korea Selatan, Italia, Spanyol, Brasil, Jerman dan Prancis telah melakukan peramalan jumlah kasus covid menggunakan metode SIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerangka kerja dapat secara efektif mengukur perubahan parameter secara real-time selama epidemi, dan tingkat kesalahan dalam memprediksi jumlah infeksi COVID-19 dalam satu hari adalah dalam 5% (Liao et al., 2020).

Penelitian tentang pemodelan jumlah kasus COVID-19 menggunakan metode SIR sebelumnya pernah dilakukan di Arab Saudi pada tahun 2020 lalu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario *lockdown* dan *new medicines* menurunkan kurva infeksi atau jumlah orang yang terinfeksi dari waktu ke waktu. Prediksi kasus tertinggi terjadi antara 15-30 November 2020 dan sepenuhnya akan terkendali pada bulan Juni 2021 (Alanazi et al., 2020). Penelitian lainnya di Bangladesh menyatakan bahwa setiap satu orang dapat menularkan COVID-19

pada lebih dari tujuh orang lainnya ($R_0 = 7,14$). Tingkat penularan (*transmission rate*) adalah 0,14% dan tingkat kesembuhan (*recovery rate*) adalah 23,66% (Talukder, 2020). Penelitian lainnya dilakukan di lima negara di Eropa yaitu Belgia, Bulgaria, Jerman, Italia, dan Belanda. Setiap satu orang yang terinfeksi COVID-19 dapat menularkan 1 orang di Bulgaria ($R_0 = 1,0$), lebih dari 2 orang di Belgia ($R_0 = 2,04$), lebih dari 3 orang di Belanda ($R_0 = 3,07$), 1-2 orang di Jerman ($R_0 = 1,71$), 3-4 orang di Italia ($R_0 = 3,29$) (Prodanov, 2020).

Di Indonesia penelitian ini telah dilakukan di Provinsi Kalimantan Selatan dengan hasil bahwa bilangan reproduksi sebesar 3 dan memprediksi bahwa puncak kasus akan terjadi pada pekan ke-2 Agustus hingga pekan ke-1 Oktober 2020. Jika seluruh masyarakat di Kalimantan Selatan serius mendukung & menjalankan PSBB sehingga jumlah penduduk yang beraktivitas normal dapat ditekan hingga hanya sekitar 1%, bahkan diharapkan lebih rendah dari itu, maka penyebaran wabah COVID-19 diprediksi dapat lebih cepat berlalu dengan kasus infeksi dan kematian yang lebih kecil. Namun jika sebaliknya, maka wabah COVID-19 di Kalimantan Selatan dapat berlangsung lebih lama dan memakan korban yang lebih banyak (Yulida and Karim, 2020).

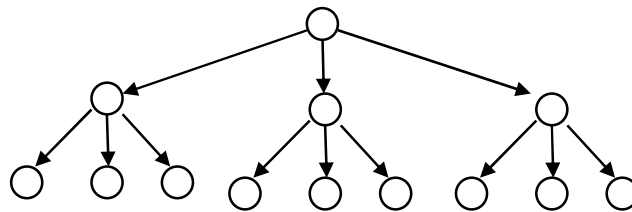
Melihat kondisi Indonesia saat ini di mana program vaksinasi COVID-19 telah digalakkan, maka model modifikasi yang paling cocok untuk melakukan prediksi terhadap kasus COVID-19 adalah SVIR. Pada model SVIR terdapat penambahan kompartemen V ke dalam model SIR dimana V adalah kelompok baru yang dibagi dari kelompok S dan menunjukkan kepadatan individu yang telah memulai proses vaksinasi. Individu dalam V memerlukan waktu untuk

mendapatkan tingkat proteksi terhadap penyakit selama proses vaksinasi dan akan berpindah ke R saat mendapatkan kekebalan. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah kasus COVID-19 di Indonesia dengan menggunakan metode SVIR.

1.2 Kajian Masalah

COVID-19 pada dasarnya bukanlah penyakit yang mematikan. Tingkat kematian atau *Case Fatality Rate* (CFR) penyakit ini adalah 5% (95% CI [0.040, 0.063]). Di Eropa, CSF Covid bahkan sudah menurun menjadi 3% (95% CI [0.047, 0.083]). Tingkat pemulihan atau *recovery rate* kasus ini juga cukup tinggi yaitu 46% (95% CI [0,376-0,547]) (Karadag, 2020).

Akan tetapi penyebaran penyakit ini begitu cepat. Pada awal masa pandemi penelitian di Thailand menunjukkan bahwa 1 orang yang reinfeksi COVID-19 dapat menularkan pada 7 orang lainnya. Inilah yang membuat COVID-19 begitu cepat menyebar sehingga menjadi pandemi di seluruh dunia (Talukder, 2020).



Gambar 1.1 Skema penyebaran COVID-19 dengan $R_0 = 3$

Kasus COVID-19 di Indonesia sebenarnya sudah mulai menurun dari bulan Januari sampai dengan Mei 2021. Akan tetapi sejak tanggal 16 Mei 2021 kasus terus meningkat dengan drastis, sehingga pertambahan kasus baru mencapai 24.836 kasus dan 504 kasus meninggal hanya dalam waktu satu hari pada tanggal

1 Juli 2021. Berikut ini adalah grafik penambahan jumlah kasus COVID-19 dan grafik kematian perhari akibat COVID-19 pada bulan Mei sampai dengan bulan Juli 2021. Terlihat bahwa trend penambahan kasus meningkat dan kematian dengan pesat. Sementara itu, program vaksin di Indonesia juga masih terus berjalan. Pertanggal 1 Juli 2021, 5% sasaran telah divasiksinasi secara tuntas. Tentunya program vaksinasi ini diharapkan dapat menurunkan penambahan jumlah kasus COVID-19 di masa depan (www.COVID-19.go.id).



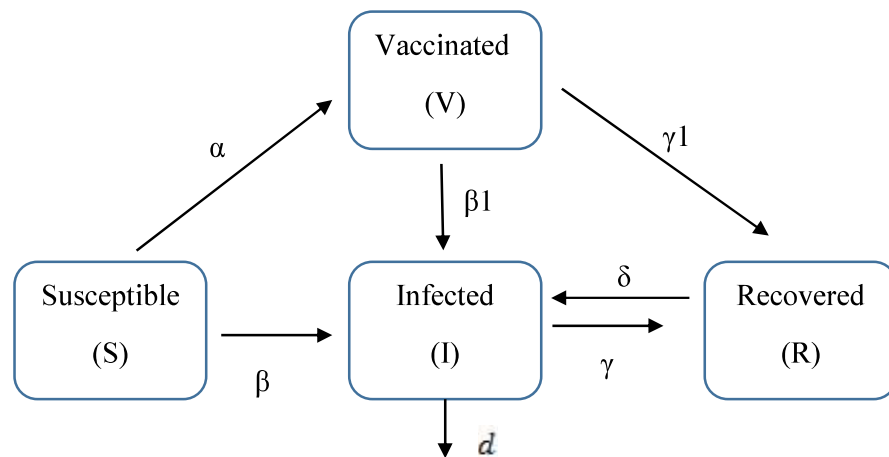
Gambar 1.2 Perkembangan Kasus Positif Covid dan Trend Tingkat Kematian Akibat COVID-19 Per Hari Bulan Mei-Juli 2021

(Sumber: www.COVID-19.go.id)

Sementara itu tantangan lainnya dari permasalahan kasus COVID ini adalah masalah mutasi virus corona (Khan et al., 2020). Mutasi ini mengakibatkan

terjadinya banyak kasus reinfeksi yaitu kondisi di mana suatu individu yang pernah menderita COVID-19 tidak memiliki kekebalan dan terjadi reinfeksi (Graham et al., 2021).

SVIR adalah salah satu metode yang tepat untuk memprediksi kasus COVID-19 di Indonesia karena sesuai dengan kebijakan pemerintah Indonesia saat ini yaitu ada sub-populasi *Vaccinated* (V) yaitu yang individu yang telah mendapatkan vaksinasi. Tentunya diharapkan bahwa individu pada sub-populasi ini memiliki tingkat penularan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan individu yang tidak mendapatkan vaksin, walaupun karena vaksin COVID-19 baru dikembangkan efikasi dari vaksin ini belum terlalu efektif dalam mencegah penyakit COVID-19. Diagram alir dari SVIR dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1.3 Diagram Alir SVIR Berdasarkan Kajian Masalah

Keterangan:

α = Kecepatan vaksinasi

β = Tingkat penularan

β_1 = Tingkat penularan setelah vaksin

d = Tingkat kematian

γ = Tingkat kesembuhan

γ_1 = Tingkat kekebalan setelah vaksin

δ = peluang reinfeksi

Dalam SVIR, terdapat empat sub-populasi. *Susceptible* adalah seluruh individu yang rentan untuk tertular COVID-19. *Infected* adalah individu yang telah tertular COVID-19, *Vaccinated* adalah individu yang telah mendapatkan vaksinasi, dan *Recovered* adalah individu yang telah sembuh dari penyakit COVID-19 atau individu yang telah divaksin sehingga mendapatkan kekebalan tubuh yang membuat mereka tidak terinfeksi kembali. Seluruh individu yang rentan tertular COVID-19 seiring dengan berjalannya waktu akan terinfeksi COVID-19 jika berinteraksi dengan individu yang telah terinfeksi. Kemudian dengan berjalannya waktu ia akan sembuh. Sedangkan individu yang telah divaksin, masih memiliki kemungkinan untuk tertular COVID-19 tergantung dari efikasi vaksin yang digunakan. Individu yang telah divaksin diharapkan akan memiliki kekebalan terhadap COVID-19. Akan tetapi pada kenyataannya masih terdapat individu yang tidak memiliki kekebalan sempurna sehingga seiring berjalannya waktu kembali menjadi rentan dan mengalami reinfeksi.

Keunggulan dari model SIR dibandingkan dengan model *time series* lainnya adalah adanya pengelompokan populasi ke dalam tiga sub populasi yaitu *Susceptible*, *Infected* dan *Recovered*. SIR juga memperhitungkan adanya interaksi antara kelompok *Susceptible* dan *Infected*. Sedangkan pada *time series* biasa hal tersebut tidak ada. *Time series* biasa hanya meramalkan jumlah kasus berdasarkan kasus sebelumnya. *Autoregresif Integrated Moving Average* (ARIMA) sering juga disebut metode *time series* Box-Jenkins. ARIMA sangat baik ketepatannya untuk peramalan jangka pendek, sedangkan untuk peramalan jangka panjang ketepatan

peramalannya kurang baik. Biasanya akan cenderung flat (mendatar/konstan) untuk periode yang cukup panjang. Model ARIMA adalah model yang secara penuh mengabaikan independen variabel dalam membuat peramalan. ARIMA menggunakan nilai masa lalu dan sekarang dari variabel dependen untuk menghasilkan peramalan jangka pendek yang akurat. ARIMA cocok jika observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain (*dependent*). Kelebihan model ARIMA adalah fleksibel dan dapat mewakili rentang yang lebar dari karakter deret waktu yang terjadi dalam jangka pendek serta model yang dihasilkan mudah diinterpretasikan, karena koefisien-koefisien model diketahui, sehingga dapat dilihat pengaruh masing-masing prediktor terhadap hasil keluaran model. Berikut ini adalah rumus dari *Time Series* ARIMA:

$$Y_t = \mu + \phi_1 Y + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t$$

Keterangan:

Y_t : data ke-t

μ : nilai suatu konstanta

ϕ_1 : parameter autoregresif ke-j.

e_t : nilai error pada saat ke-t

Dapat dilihat pada rumus di atas untuk meramalkan data, ARIMA memprediksi data dengan menggunakan data sebelumnya dengan parameter yang diukur pada ARIMA hanya satu yaitu ϕ_1 . (Solihati et al., 2020)

Dalam kondisi seperti pada Gambar 1.2 di mana puncak kasus belum terlihat, ARIMA akan meramalkan kasus yang selalu meningkat karena belum adanya trend kasus yang menunjukkan penurunan.

Sedangkan pada metode SIR memiliki rumus yang lebih kompleks yaitu dengan rumus:

$$N=S+I+R$$

Dimana

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I$$

Keterangan:

S : Kelompok rentan (*susceptible*)

I : Kelompok Infeksi (*Infected*)

R : Kelompok yang sembuh (*recovered*)

β : tingkat penularan

γ : tingkat kesembuhan

Berdasarkan rumus di atas bila kita amati ada 5 kelebihan SIR dibandingkan dengan model time series ARIMA.

Tabel 1.1 Matriks Keunggulan SIR dibandingkan dengan ARIMA

Unsur	SIR	ARIMA
Jumlah variabel yang dapat diprediksi	Dapat memprediksi variabel S, I, dan R secara berkesinambungan	Hanya dapat memprediksi satu variabel
Hubungan antar variabel	Variabel saling terikat karena rumus $N=S+I+R$	Variabel diasumsikan saling bebas.
Jumlah parameter yang dapat diestimasi	Ada dua parameter yang dapat diestimasi yaitu β dan γ dari rumus $\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$	Parameter yang diestimasi hanya satu yaitu didasarkan pada data sebelumnya.
Interaksi antar variabel	Terdapat interaksi antar variabel S dan I dari rumus:	Tidak ada interaksi antar variabel karena variabel

Unsur	SIR	ARIMA
	$\frac{dS}{dt} = -\beta SI$ Penularan akan terjadi sebesar β saat S dan I berinteraksi. Dalam kondisi lockdown, nilai β dapat ditekan hingga mendekati nol.	tidak saling mempengaruhi dan dihitung sendiri-sendiri.
Penentuan titik puncak kasus	Jumlah kasus akan mengalami penurunan pada kondisi variabel S yang sudah habis (semua anggota populasi sudah terinfeksi atau divaksinasi) dan tingkat kesembuhan yang meningkat.	Sulit ditentukan bila tren data terus naik karena parameter yang digunakan hanya didasarkan pada data sebelumnya.

(Colombo et al., 2020)

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk pemodelan jumlah kasus COVID-19 di Indonesia dengan menggunakan metode SVIR?

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini untuk membuat model prediksi jumlah kasus COVID-19 di Indonesia dengan menggunakan model SVIR.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Mengidentifikasi data kasus baru terkonfirmasi, kasus meninggal, data kesembuhan kasus COVID-19, dan data sasaran vaksin perhari di Indonesia serta menghitung proporsi kelompok yang rentan terkena COVID-19.

2. Menghitung parameter tingkat penularan (β), tingkat kesembuhan (γ), tingkat kematian (d) dan kecepatan vaksinasi (α) di Indonesia.
3. Membuat simulasi data COVID-19 menggunakan model *Susceptible, Vaccinated, Infected and Recovered* (SVIR) dan membandingkan hasil pemodelan SVIR dengan data *real*.
4. Melakukan prediksi jumlah kasus COVID-19 di Indonesia menggunakan model SVIR.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Bagi penulis

Penelitian ini merupakan pengalaman berharga bagi peneliti dalam rangka memperluas wawasan dan pengetahuan tentang pemodelan matematika epidemi berdasarkan dengan kasus COVID-19 di Indonesia.

1.5.2 Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teori mengenai pemodelan SIR terhadap kasus COVID-19.

1.5.3 Bagi Instansi Kesehatan

Penelitian ini memberikan gambaran penyebaran penyakit COVID-19 dan vaksinasi COVID-19. Model SVIR dapat digunakan oleh tenaga kesehatan untuk memodelkan jumlah kasus penyakit menular lainnya yang dapat dicegah dengan imunisasi di masa yang akan datang sehingga akan membuat pemerintah lebih siap dan tanggap dalam menghadapi lonjakan kasus.