

Analisa Kebijakan *Physical Distancing* pada penyebaran COVID-19

Wirdatul Aini¹, Nuning Nuraini², Kamal Khairudin Sukandar¹

¹Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung

²Pusat Pemodelan dan Simulasi Matematika, Institut Teknologi Bandung

wirdatulaini@students.itb.ac.id, nuning@math.itb.ac.id, kamalkhairudin@students.itb.ac.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 05-12-2021

Direvisi: 10-12-2021

Diterbitkan: 10-01-2021

Kata Kunci:

COVID-19

Physical distancing

Model SEIQRD

ABSTRAK

Virus SARS-COV-2 yang menyebabkan penyakit COVID-19 telah menyebar ke seluruh dunia. Pada 2 Maret 2020, Indonesia telah mengonfirmasi kasus COVID-19 dan jumlah kasus meningkat dengan cepat dalam beberapa minggu. Pemahaman mengenai dinamika penularan penyakit dan langkah-langkahnya adalah hal penting untuk menangani virus ini. Artikel ini bertujuan untuk mensimulasikan penyebaran COVID-19 dan untuk menganalisa strategi kebijakan yang efektif di Indonesia. Model SEIQRD diusulkan dalam artikel ini dan penerapannya pada data yang tersedia. Selain itu, model ini juga dikembangkan dengan melibatkan faktor intervensi yang memiliki peran dalam penyebaran virus pada suatu wilayah. Strategi intervensi *physical distancing* ditujukan pada inividu yang rentan sebagai variabel yang memungkinkannya untuk dikendalikan dengan berbagai kebijakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penerapan intervensi *physical distancing* dengan proporsi sebesar 75% memberikan pengaruh besar dalam mengurangi angka infeksi baru dibandingkan dengan penerapan intervensi *physical distancing* dengan proporsi 25% dan 50%.

Copyright © 2022 SIMANIS.
All rights reserved.

Korespondensi:

Wirdatul Aini,
Departemen Matematika,
Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesa No. 10 Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132
wirdatulaini@students.itb.ac.id

1. PENDAHULUAN

Penyakit menular merupakan penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus parasite atau jamur. Penyakit ini dapat menyebar baik secara langsung maupun tidak langsung [1]. Hingga saat ini banyak penyakit menular yang mewabah di dunia, seperti influenza, difteri, kolera, dan sebagainya. Salah satu virus yang menyebabkan penyakit menular adalah virus corona. Virus corona menyebabkan penyakit *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS) yang mewabah pada tahun 2003. Lalu pada tahun 2012, penyakit baru yang disebabkan oleh virus corona ditemukan yaitu *Middle East Respiratory Syndrome-Corona Virus* (MERS-CoV) [2]. Pada akhir tahun 2019 ini penyakit baru yang ditemukan akibat virus corona ialah *Coronavirus disease* 2019 (COVID-19).

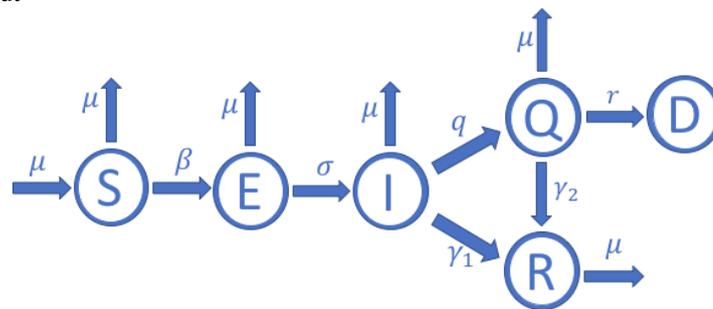
COVID-19 adalah penyakit sindrom pernapasan yang disebabkan oleh virus corona yang menyerang saluran pernapasan dari yang ringan hingga berat. Gejalanya adalah batuk, demam, dan sesak napas, bersifat

akut dan biasanya pasien memiliki penyakit komorbid (penyakit penyerta) seperti diabetes, penyakit jantung kronik, hipertensi, dan penyakit paru kronik, sehingga dapat menyebabkan kematian bagi penderitanya [3] Virus ini menyerang lebih dari 200 negara dengan jumlah kasus mencapai 5 juta kematian di seluruh negara.

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk menganalisa dinamika penyebaran penyakit adalah model matematika. Model epidemi SIR merupakan salah satu contoh model matematika epidemi. Model ini pertama kali dipelajari dan dikenalkan oleh W.O.Kermark dan A.G.Mc Kendrick. Berdasarkan karakteristiknya, model ini dikelompokkan ke dalam tiga subpopulasi yaitu individu yang rentan terinfeksi penyakit yang disebut *Susceptible*, individu yang terinfeksi penyakit yang disebut *Infected*, dan individu yang sembuh dari penyakit yang disebut *Recovered*. Model ini menggambarkan alur penyebaran penyakit dari kelompok individu *Susceptible* menjadi *Infected*, kemudian kelompok individu *Infected* yang mampu bertahan terhadap penyakit akan sembuh dan menjadi individu *Recovered* dengan masing-masing individu diberikan dalam waktu t [4].

2. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini disajikan rumusan model penularan COVID-19 berdasarkan model deterministik. Perhatikan diagram berikut



Gambar 1. Diagram sistematis model COVID-19

Tabel 1 Deskripsi variabel

Simbol	Definisi	Satuan	Nilai
$S(t)$	Jumlah individu yang rentan terinfeksi virus per satuan waktu	individu	≥ 0
$E(t)$	Jumlah individu yang terpapar virus per satuan waktu	Individu	≥ 0
$I(t)$	Jumlah individu yang terinfeksi virus dan dapat menularkan per satuan waktu	Individu	≥ 0
$Q(t)$	Jumlah individu yang di karantina per satuan waktu	Individu	≥ 0
$R(t)$	Jumlah individu yang sembuh dan tidak bisa menularkan kembali per satuan waktu	Individu	≥ 0
$D(t)$	Jumlah individu yang meninggal setelah karantina per satuan waktu	individu	≥ 0

Tabel 2 Deskripsi parameter

Simbol	Definisi	Satuan	Nilai
$N(t)$	Jumlah populasi	Individu	disesuaikan
μ	Laju kematian per satuan waktu	1/hari	0
β	Masa infeksi individu per satuan waktu	1/hari	0
σ	Laju inkubasi tiap individu per satuan waktu	1/hari	diestimasi
γ_1	Laju kesembuhan alami per satuan waktu	Individu/waktu	0.2 [5]
γ_2	Laju kesembuhan setelah karantina per satuan waktu	Individu/waktu	0.33 [6]
r	Laju kematian yang disebabkan oleh virus per satuan waktu	Individu/waktu	diestimasi
q	Laju karantina dari individu yang terinfeksi per satuan waktu	Individu/waktu	diestimasi

Model matematika adalah model perkiraan untuk fenomena alam yang terjadi dengan menggunakan persamaan matematika. Karena kompleksitas fenomena alam yang tidak dapat direpresentasikan seluruhnya dalam persamaan matematis, terdapat asumsi sebagai batasan dalam proses pemodelan. Asumsi yang terkait dengan model SEIQRD adalah populasi manusia yang berinteraksi dalam populasi tertutup di suatu daerah, artinya tidak ada tambahan populasi dari luar daerah, satuan waktu dihitung berdasarkan hari, populasi manusia homogen artinya setiap individu mempunyai peluang yang sama untuk terinfeksi virus, dalam populasi manusia diasumsikan memiliki distribusi yang seragam pada semua umur, rata-rata kelahiran dan kematian manusia sama, sumber penyebaran hanya dari kontak manusia, hanya ada satu virus yaitu COVID-19 sehingga individu manusia yang sudah sembuh akan kebal terhadap virus, semua individu yang terinfeksi melewati tahap sebagai individu yang terpapar dengan laju β , dan semua individu yang terinfeksi menjalani masa karantina dengan laju sebesar q .

Dengan asumsi dan diagram skema di atas, sistem persamaan diferensial yang akan dianalisis adalah :

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \mu N - (1-u)\frac{\beta SI}{N} - \mu S \\ \frac{dE}{dt} &= (1-u)\frac{\beta SI}{N} - \sigma E - \mu E \\ \frac{dI}{dt} &= \sigma E - \mu I - qI - \gamma_1 I \\ \frac{dQ}{dt} &= qI - rQ - \mu Q - \gamma_2 Q \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma_1 I + \gamma_2 Q - \mu R \\ \frac{dD}{dt} &= rQ\end{aligned}\quad (1)$$

Basic Reproductive Ratio adalah angka yang menunjukkan jumlah individu rentan yang dapat menderita penyakit akibat individu yang terinfeksi. Bilangan *basic reproductive ratio* dilambangkan dengan R_0 . Menurut Driessche dan Watmough [5] jika $R_0 < 1$ maka titik ekuilibrium bebas penyakit dan penyakit lokal yang stabil asimtotik tidak menyerang populasi, tetapi jika $R_0 > 1$ maka titik ekuilibrium bebas penyakit tidak stabil dan penyakit sangat mungkin menyebar dalam suatu populasi.

Bilangan reproduksi ditentukan dari Next Generation Matrix (NGM). Matriks tersebut dibangun dari kompartemen yang menyebabkan munculnya infeksi yaitu:

$$\begin{aligned}\frac{dE}{dt} &= (1-u)\frac{\beta SI}{N} - \sigma E - \mu E \\ \frac{dI}{dt} &= \sigma E - \mu I - qI - \gamma_1 I\end{aligned}$$

Selanjutnya perhitungan bilangan reproduksi dasar dilakukan berdasarkan linearisasi titik ekuilibrium bebas penyakit dengan membentuk matriks transmisi V dan matriks transisi T dan diperoleh NGM sebagai berikut :

$$NGM = \begin{bmatrix} 0 & \frac{\beta}{\mu + q + \gamma_2} \\ \frac{\sigma}{\mu + \sigma} & 0 \end{bmatrix}$$

Kemudian, polinom karakteristik NGM diperoleh sebagai berikut :

$$\lambda^2(\mu + \sigma)(-\mu + q + \gamma_1) = 0$$

Sehingga, dengan menganalisa polinom karakteristik dihasilkan bilangan reproduksi dasar (R_0) sebagai berikut.

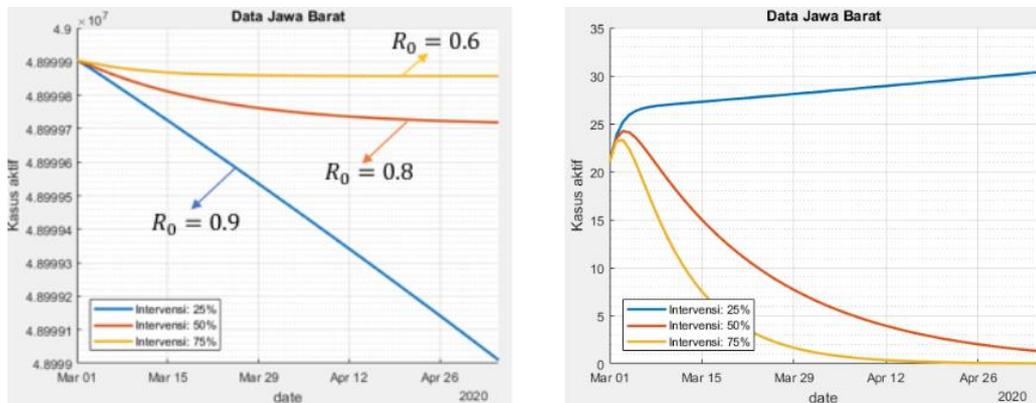
$$R_0 = \sqrt{\frac{\beta\sigma}{(\mu + q + \gamma_1)(\mu + \sigma)}}$$

dimana $R_0 < 1$ jika $\beta\sigma < (\mu + q + \gamma_1)(\mu + \sigma)$ dan $R_0 > 1$ jika $\beta\sigma > (\mu + q + \gamma_1)(\mu + \sigma)$.

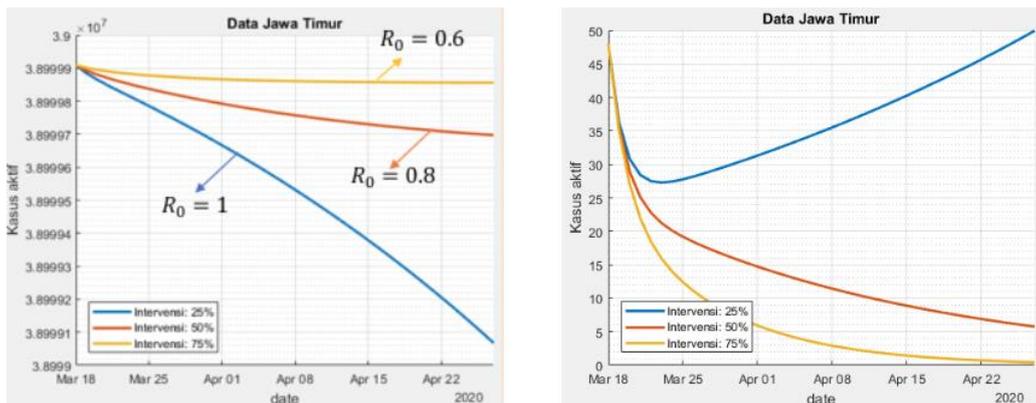
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini ditampilkan hasil simulasi untuk data masing-masing provinsi dimana gambar berikut menunjukkan grafik terhadap individu *Susceptible* dan individu *Infected*. Dimana grafik biru merupakan grafik dengan intervensi 25%, grafik merah merupakan grafik dengan intervensi 50%, dan grafik kuning merupakan grafik dengan intervensi 75%. Persentase intervensi yang diberikan merupakan persentase populasi rentan atau *Susceptible* yang menjalankan PSBB. Untuk jumlah populasi masing-masing provinsi yaitu Jawa Barat 49 juta orang, Jawa Timur 39 juta orang, Jawa Tengah 35 juta orang, DKI Jakarta 11 juta orang, dan Banten 13 juta orang.

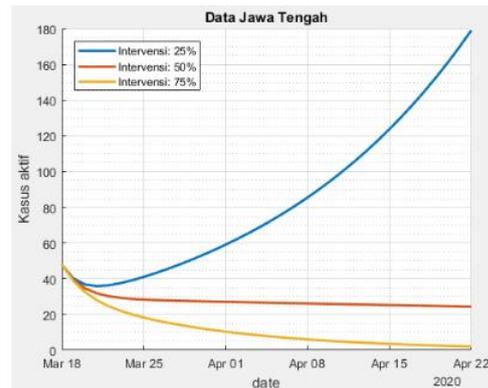
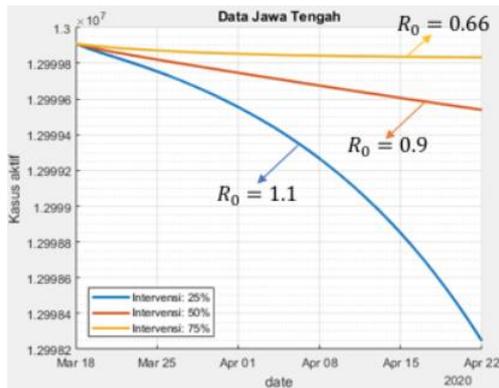
3.1 Jawa Barat



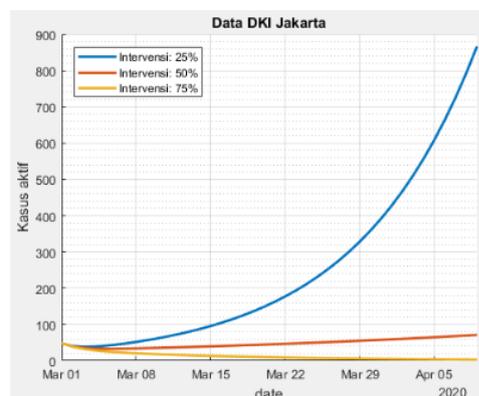
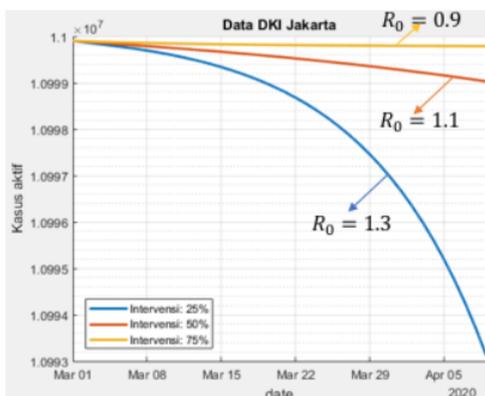
3.2 Jawa Timur



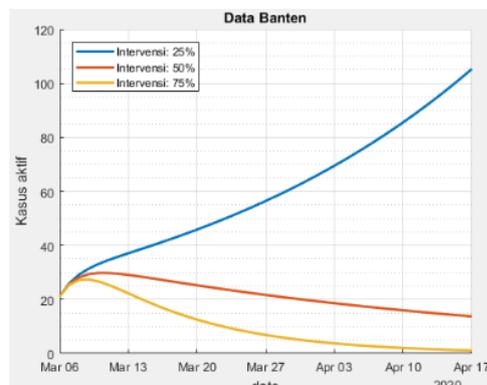
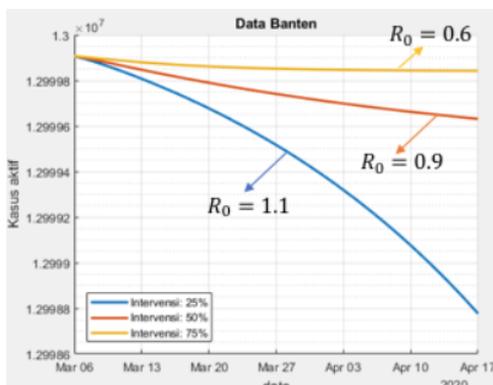
3.3 Jawa Tengah



3.4 DKI Jakarta



3.5 Banten



4. KESIMPULAN

Pada artikel ini menjelaskan bagaimana model SEIQRD yang sudah dibentuk dan dengan menggunakan data kasus COVID-19 di lima provinsi diperoleh hasil bahwa dengan adanya penambahan intervensi *physical distancing* pada sistem SEIQRD memberikan pengaruh yang besar terhadap penambahan kasus COVID-19. Pemberian intervensi *physical distancing* pada individu *Susceptible* dapat menurunkan angka *Basic Reproductive Ratio* pada suatu wilayah. Semakin besar proporsi intervensi yang diberikan maka penurunan angka *Basic Reproductive Ratio* akan semakin besar dan sebaliknya semakin kecil proporsi intervensi yang diberikan maka penurunan angka *Basic Reproductive Ratio* akan semakin kecil.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penulisan artikel ini didukung oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia di bawah "Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU)".

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kucharski, A. J., Russell, T. W., Diamond, C., Liu, Y., Edmunds, J., Funk, S., Davies, N. (2020). Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. *The lancet infectious diseases*.
- [2] Amir, S., Tantri, F. Micro Lockdown as an Alternative Strategy to Mitigate COVID-19 Pandemic for Indonesian Context1.
- [3] Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Zhou, L., Tong, Y., Xing, X. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infectious pneumonia. *New England Journal of Medicine*.
- [4] Kholisoh, S., Waluta, S. B., Kharis, M. (2012). Model epidemi SEIR pada penyebaran penyakit campak dengan pengaruh vaksinasi. *Unnes Journal of Mathematics*, 1(2).
- [5] Van den Driessche, P., Watmough, J. (2002). Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. *Mathematical biosciences*, 180(1-2), 29-48.
- [6] Prem, K., Liu, Y., Russell, T. W., Kucharski, A. J., Eggo, R. M., Davies, N., ... Abbott, S. (2020). The effect of control strategies to reduce social mixing on outcomes of the COVID-19 epidemic in Wuhan, China: a modelling study. *The Lancet Public Health*.
- [7] Lestari, D., & Candrawati, L. Global Stability of SACR Epidemic Model for Hepatitis C on Injecting Drug Users.
- [8] Liu, Z., Magal, P., Seydi, O., Webb, G. (2020). Understanding unreported cases in the COVID-19 epidemic outbreak in Wuhan, China, and the importance of major public health interventions. *Biology*, 9(3), 50.
- [9] Madubueze, C. E., Akabuike, N. M., Sambo, D. (2020). The role of mathematical model in curbing COVID-19 in Nigeria. *medRxiv*.
- [10] Indratno, S. W., Nuraini, N., Supriatna, A. K., Soewono, E. (2015). Estimation of the basic reproductive ratio for dengue fever at the take-off period of dengue infection. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2015.
- [11] Soewono, E. (2020). On the analysis of Covid-19 transmission in Wuhan, Diamond Princess and Jakarta- cluster. *Communication in Biomathematical Sciences*, 3(1), 9-18.
- [12] Update information on the novel coronavirus in Wuhan. <http://english.wh.gov.cn/sy3576/whxw11/6>
- [13] Wiggins, Stephen, *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*. New York: Springer, 1990.
- [14] Olsder, G. J & Woude, J.W. van der, *Mathematical Systems Theory*. Netherland: VVSD, 2004.
- [15] World Health Organization, "Hepatitis C". Accessed from <http://www.who.int/csr/disease/hepatitis/Hepc.pdf>. On Januari 5, 2021, Time 8:30, 2021.
- [16] B.Tang, F.Xia, S.Tang, N.L.Bragazzi, Q.Li, X.Sun, J.Liang, Y.Xiao, J.Wu, The effectiveness of quarantine and isolation determine the trend of the covid-19 epidemics in the final phase of the current outbreak in china, *International Journal of Infectious Diseases*.
- [17] Liu, Z. (2013). Dynamics of positive solutions to SIR and SEIR epidemic models with saturated incidence rates. *Nonlinear Analysis: Real World Applications*, 14(3), 1286-1299.