

## Pemodelan evolusi pandemi Covid-19 di Kota Pontianak

Joko Sampurno<sup>1,2,✉</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Indonesia

<sup>2</sup>Earth and Life Institute, UCLouvain, Belgium

### Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima:  
01 April 2020

Disetujui:  
22 April 2020

Dipublikasikan:  
13 Juni 2020

Keywords:

Pontianak, Covid-19,  
SEIR model

### ABSTRAK

Kota Pontianak merupakan salah satu kota di dunia yang mengalami ancaman pandemi Covid-19. Dalam rangka memitigasi besaran ancaman yang terjadi di kota ini, pada penelitian ini model SEIR digunakan untuk memprediksi dinamika jumlah korban yang terinfeksi dan menentukan ambang batas laju penularan wabah yang harus ditekan agar seluruh korban dapat ditangani. Pemodelan menggunakan dua skenario: tanpa dan dengan intervensi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tanpa intervensi, angka kematian di Kota Pontianak akibat Covid-19 dapat mencapai 21.588 orang. Sebaliknya, dengan intervensi maksimum maka angka kematian yang terjadi dapat ditekan menjadi hanya 20 orang. Berdasarkan kapasitas ruang isolasi yang disiapkan oleh pemerintah, maka proses intervensi yang dilakukan harus mampu menekan laju penularan wabah di Kota Pontianak menjadi dibawah 1,05.

### ABSTRACT

*Pontianak is one of the cities in the world that is suffering from the Covid-19 Pandemic threat. In order to mitigate the pandemic locally, in this study SEIR model is used to predict the number of victims and to determine the reproduction rate that must be obtained so that the National Health Service (NHS) of Pontianak will not collapse. In this modelling, two scenarios were applied: with and without intervention. The result shows that without intervention, the mortality in Pontianak due to Covid-19 can reach until 21,588 persons. Conversely, with maximum intervention, the mortality that occurs can be reduced to only 20 persons. Based on the capacity of the hospital, which prepared by the government for Covid-19 victims, the intervention process must be able to reduce the re-production rate of the pandemic in this city to be below 1.05.*

## PENDAHULUAN

Ancaman wabah yang diakibatkan oleh virus Covid-19 telah ditetapkan sebagai pandemi oleh *World Health Organization* (WHO, 2020). Wabah ini telah menyebar di 185 negara (Johns Hopkins University, 2020) dengan angka terinfeksi dan angka kematian terus bertambah. Berbagai penelitian terkait penyebaran virus ini telah dan sedang terus dilakukan di berbagai aspeknya sejak pertama kali wabah ini diumumkan (Novel, 2020; Chen dkk., 2020).

Dalam rangka mitigasi, salah satu aspek krusial yang harus dipahami adalah terkait dinamika sebaran wabah virus ini di suatu wilayah. Beberapa model matematik yang dapat digunakan untuk mempelajari dinamika sebaran wabah yang terjadi di suatu wilayah diantaranya: SIR (Satsuma, dkk., 2004), SIRS (Li dkk., 2014), SEIR (Zhang dkk., 2003), SIS (Inaba, 2007), dan MSEIR (Hanert, 2020). Nama-nama ini diberikan berdasarkan asumsi yang digunakan dalam model dimana S merujuk pada kata *Susceptible* (orang yang rentan/beresiko tertular), E merujuk pada kata *Exposed* (orang yang terpapar/terinfeksi virus), I merujuk pada kata *Infective* (orang yang terinfeksi pada suatu waktu dan dapat menyebarkan penyakit melalui kontak dengan orang yang rentan), R merujuk pada kata *Removed/Recovery* (orang yang telah terinfeksi dan kemudian dihapus dari kemungkinan terinfeksi lagi atau menyebarkan penyakit) dan M merujuk pada kelompok bayi dengan imunitas pasif (Hanert, 2020).

Kota Pontianak merupakan salah satu kota di dunia yang terimbas pandemi Covid-19. Sebagai salah satu usaha untuk memitigasi wabah pandemi di kota ini, diperlukan sebuah kajian terkait dinamika sebaran wabah ini secara lokal. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini, model SEIR (*Susceptible-Exposed-Infective-Removed*) digunakan untuk mensimulasikan dinamika sebaran Covid-19 di Kota Pontianak. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran tentang laju penularan Covid-19 di kota ini dan memprediksi akibat yang dapat ditimbulkannya. Simulasi dilakukan dengan dua skenario: dengan intervensi dan tanpa intervensi.

## METODE

### Model SEIR

Model matematika yang digunakan untuk mensimulasikan sebaran wabah Covid-19 pada penelitian ini adalah model SEIR. Pada model ini, dinamika perubahan populasi orang yang rawan terinfeksi (*Susceptible*), orang yang telah terpapar/terinfeksi virus (*Exposed*), orang yang dapat menginfeksi/menularkan pada orang lain (*Infective*), dan orang yang telah selesai terinfeksi, baik sembuh kembali ataupun meninggal (*Removed*), dimodelkan dengan Persamaan 1-4 (<https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>).

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{R_t}{T_{inf}} \times IS \quad (1)$$

$$\frac{dE}{dt} = \frac{R_t}{T_{inf}} \times IS - \frac{E}{T_{inc}} \quad (2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E}{T_{inc}} - \frac{I}{T_{inf}} \quad (3)$$

$$\frac{dR}{dt} = \frac{I}{T_{inf}} \quad (4)$$

dengan:

S : Jumlah orang yang rentan terinfeksi (*Susceptible*)

- $I$  : jumlah orang terinfeksi yang dapat menularkan pada orang lain (*Infective*)  
 $E$  : Jumlah orang yang telah tertular/terinfeksi oleh virus (*Exposed*)  
 $R$  : Jumlah orang yang telah selesai terinfeksi (*Removed*)  
 $T_{inf}$  : Waktu penularan (durasi semenjak pasien muncul simtom atau mulai menularkan hingga diisolasi)  
 $T_{inc}$  : Waktu inkubasi virus (dihitung dari pertama kali seseorang terinfeksi hingga menimbulkan simtom/gejala dan atau menularkannya ke orang lain)  
 $R_t$  : Laju penularan wabah (*Reproduction Rate*) pada waktu  $t$

### Setting Parameter Model

Pada pemodelan ini, beberapa parameter pemodelan disetting sebagai berikut: Jumlah populasi yang dijadikan sampel ( $S_0$ ) adalah 667.053 orang (asumsi jumlah populasi Kota Pontianak saat kejadian wabah). Angka ini ditetapkan berdasarkan data penduduk Kota Pontianak pada tahun 2019 (Disdukcapil Pontianak, 2019). Selanjutnya, waktu yang dibutuhkan ketika orang yang terinfeksi mulai menularkan penyakitnya hingga diisolasi ( $T_{inf}$ ) adalah 2,9 hari (Kucharski dkk., 2020). Kemudian, waktu inkubasi virus, mulai saat menginfeksi seseorang hingga menimbulkan simtom/gejala pada korban ( $T_{inc}$ ) adalah 5.2 hari (WHO, 2020). Berikutnya, laju penularan Covid-19 dengan tanpa adanya intervensi ( $R_0$ ) adalah 3,0 (Kucharski dkk., 2020). Sementara laju penularan yang diharapkan melalui proses intervensi ( $R_t$ ) adalah 0,9 (dimana syarat ambang batas  $R_t$  agar wabah dapat dikendalikan adalah 1). Simulasi ini dijalankan selama 218 hari ( $t_{max}$ ), dengan asumsi bahwa orang yang telah terinfeksi tidak dapat terinfeksi kembali.

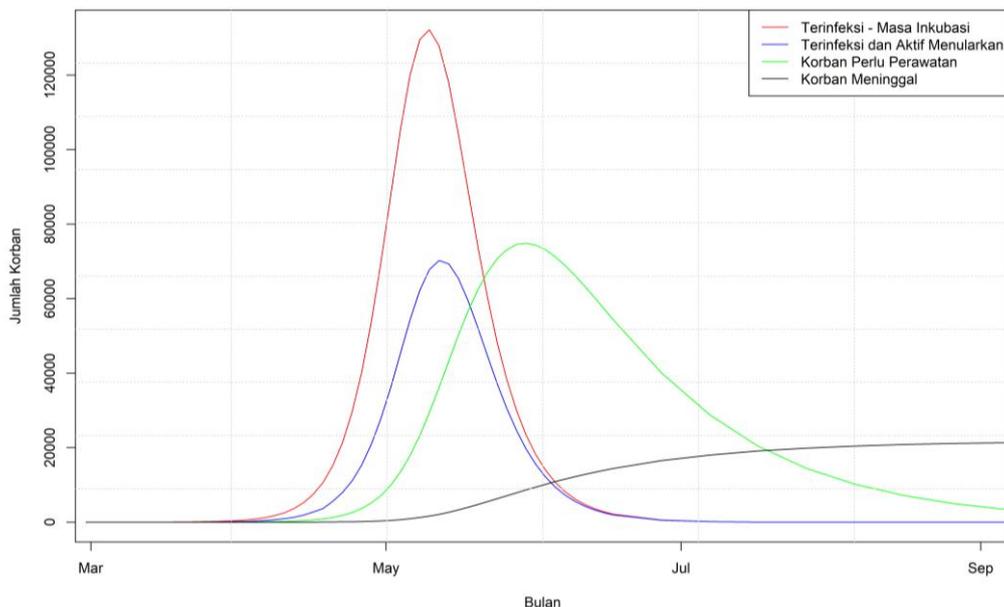
Pada simulasi ini, kondisi awal dimulai dari dugaan bahwa jumlah orang yang pertama terinfeksi di Kota Pontianak adalah 1 orang korban. Korban ini mulai merasakan simtom/gejala terinfeksi Covid-19 pada tanggal 29 Februari 2020 (<https://www.cnnindonesia.com>). Berdasarkan informasi tersebut, tanggal 29 Februari 2020 ditetapkan sebagai waktu awal (*initial time* ( $t_0$ )) untuk proses iterasi model.

Dari seluruh penderita yang telah terinfeksi virus (*Exposed*), diasumsikan bahwa hanya 20% penderita yang mengalami simtom dan memerlukan penanganan di rumah sakit (*Hospitalization*). Kemudian, berdasarkan informasi dari WHO, persentase kasus kematian akibat terinfeksi virus Covid-19 (*case fatality rate*) secara global adalah 3.4% (WHO, 2020). Persentase ini diambil sebagai rata-rata angka yang mewakili berbagai segmen usia (CEBM, 2020), dimana semakin tua usia seseorang, semakin besar persentase angka kematiannya (Hanert, 2020).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Skenario 1: Tanpa Intervensi

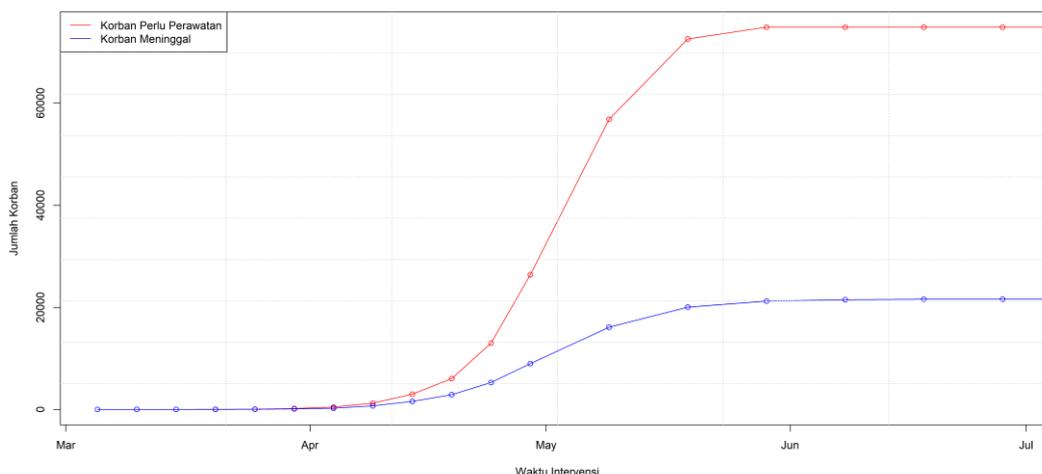
Pada skenario tanpa intervensi, wabah akan berlangsung selama 170 hari (5,5 bulan), dimana puncak wabah akan terjadi di pertengahan bulan ke-tiga (hari ke-72). Untuk kasus Kota Pontianak, Puncak wabah akan terjadi pada tanggal 10 Mei 2020 (sebagaimana diperlihatkan di Gambar 1). Pada skenario ini, jumlah total korban terinfeksi Covid-19 di Kota Pontianak dapat mencapai angka 627.363 orang (94,05% dari populasi). Kasus puncak lonjakan korban yang memerlukan perawatan di rumah sakit akan terjadi pada hari ke-92 (30 Mei 2020), dengan jumlah pasien Covid-19 pada tanggal tersebut adalah 74,874 orang. Total korban meninggal pada akhir bulan ke-tujuh adalah 21,588 orang. Data dihitung menggunakan Kalkulator Epidemik (<https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>).



Gambar 1. Dinamika jumlah harian orang yang terinfeksi akibat wabah Covid-19 dengan skenario tanpa adanya intervensi

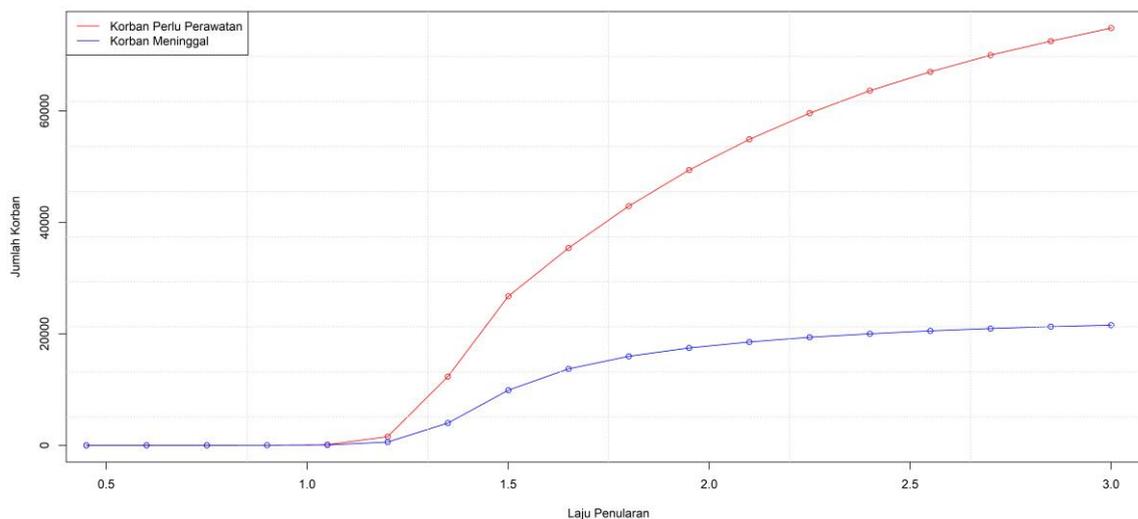
**Skenario 2: Dengan Intervensi**

Secara umum, kecepatan pemerintah dalam melakukan intervensi sangat mempengaruhi jumlah maksimum harian korban dan angka kematian yang akan terjadi. Tujuan utama intervensi adalah untuk menekan laju penularan wabah ( $R_t$ ) agar wabah dapat dikendalikan. Intervensi yang mungkin untuk dilakukan di saat awal pandemi diantaranya : Karantina Wilayah (*lockdown*), penelusuran riwayat kontak (*tracking*), karantina terbatas bagi seluruh korban, dan pengaturan jarak fisik (*social distancing*) yang ketat bagi seluruh populasi. Berdasarkan hasil simulasi, kurva hubungan antara jumlah korban terhadap waktu intervensi adalah kurva sigmoid (dapat dilihat pada Gambar 2). Intervensi ideal jika dilakukan sebelum H+30 (sebelum sebulan). Sebaliknya, intervensi sudah tidak berpengaruh lagi jika dilakukan setelah H+60 (dua bulan sejak kejadian pertama). Diantara kedua batas waktu tersebut, semakin terlambat intervensi dilakukan, semakin besar angka korban yang akan terjadi.



Gambar 2. Pengaruh penetapan waktu intervensi terhadap prediksi jumlah maksimum harian pasien yang memerlukan perawatan dan korban meninggal di Kota Pontianak

Berdasarkan berita yang dirilis oleh media massa (<http://rri.co.id>), pemerintah Kota Pontianak mulai melakukan upaya intervensi (melalui himbauan *social distancing*) pada tanggal 20 Maret 2020. Artinya, berdasarkan tanggal perkiraan kejadian pertama, intervensi dilakukan 20 hari setelah kasus pertama terjadi ( $H+20$ ). Oleh karena itu, kajian selanjutnya adalah mensimulasikan tingkat efektifitas intervensi yang dilakukan pada tanggal tersebut terhadap prediksi jumlah korban yang akan ditimbulkan (diperlihatkan pada Gambar 3 dan Tabel 1).



Gambar 3. Pengaruh keberhasilan intervensi (diukur dari laju penularan yang berhasil ditekan) terhadap prediksi jumlah maksimum harian pasien yang memerlukan perawatan dan korban meninggal di Kota Pontianak

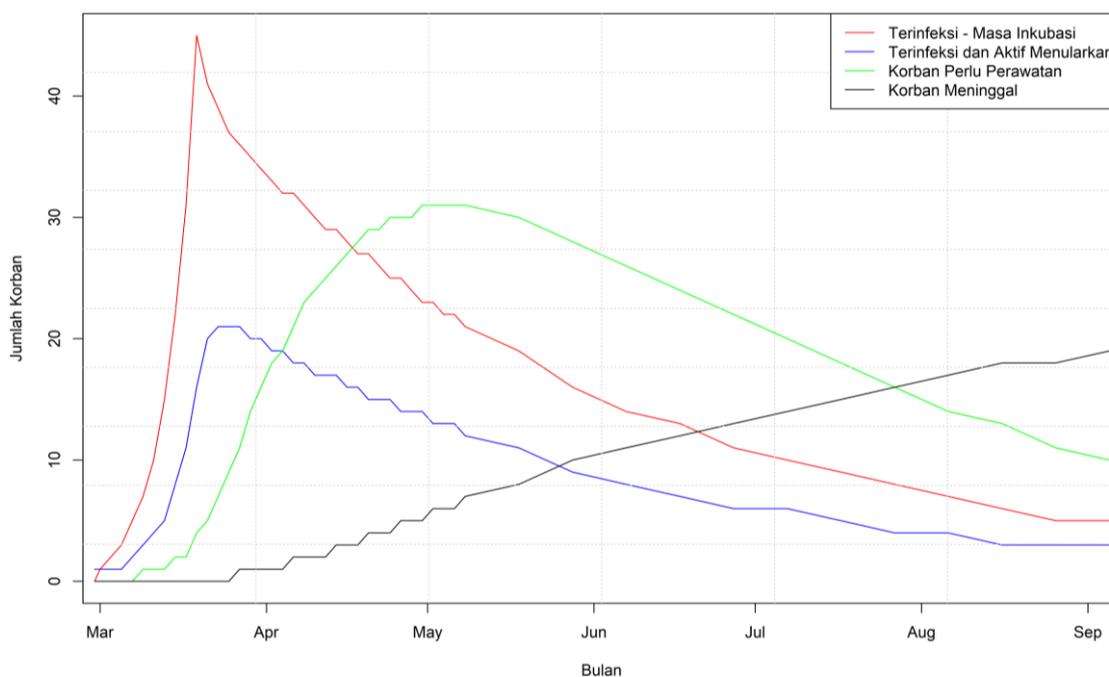
Tabel 1. Prediksi jumlah maksimum pasien saat puncak wabah dan Angka Kematian di Kota Pontianak berdasarkan laju penularan wabah ( $R_t$ )

Laju Penularan ( $R_t$ )	Maksimum Pasien per-hari (orang)	Angka Kematian (orang)
< 1,0	16 – 31	5 – 20
1,0 sd. 1,5	121 – 26766	78 – 9902
1,6 sd. 2,0	35422 – 49413	13743 – 17482
2,1 sd. 2,5	54929 – 67033	18565 – 20037
2,6 sd. 3,0	70038 – 74874	20552 – 21588

Berdasarkan Gambar 3 dan Tabel 1, dapat diketahui bahwa tingkat efektivitas intervensi akan sangat mempengaruhi jumlah pasien Covid-19 harian yang memerlukan perawatan dan jumlah angka kematian yang akan terjadi. Jika intervensi yang dilakukan sangat ketat ( $R_t < 1$ ), maka jumlah maksimum pasien hariannya hanya 31 orang dan angka kematian hanya 20 orang. Jika intervensi yang dilakukan cukup ketat ( $1,0 < R_t < 1,5$ ), maka jumlah maksimum pasien harian adalah 26.766 orang dan angka kematian mencapai 9.902 orang. Kemudian, jika intervensi yang dilakukan kurang ketat ( $1,6 < R_t < 2,0$ ), maka jumlah maksimum pasien harian dapat mencapai 49.413 orang dan angka kematian dapat mencapai 17.482 orang. Lalu, jika intervensi yang dilakukan terlalu longgar ( $2,1 < R_t < 2,5$ ), maka jumlah maksimum pasien harian dapat mencapai 67.033 orang dan angka kematian dapat mencapai 20,037 orang. Terakhir, jika intervensi

yang dilakukan gagal ( $2,6 < R_t < 3,0$ ), maka jumlah maksimum pasien harian dapat mencapai 74.874 orang dan angka kematian dapat mencapai 21.588 orang.

Dengan menggunakan asumsi bahwa pemerintah melakukan intervensi sangat ketat sehingga berhasil menekan laju penularan Covid-19 menjadi  $R_t = 0,9$  (dibawah ambang batas 1), maka dinamika jumlah orang yang terpapar dan terinfeksi, serta perkiraan jumlah korban dapat dilihat pada Gambar 4. Data dihitung dan diplot dengan Kalkulator Epidemik (<https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>).



Gambar 4. Dinamika jumlah harian orang yang terinfeksi akibat wabah Covid-19 di Kota Pontianak dengan skenario intervensi pada hari ke-20

Berdasarkan Gambar 4 dapat diprediksi bahwa jika kondisi ideal dapat tercapai ( $R_t = 0,9$ ) maka jumlah total korban yang akan terinfeksi adalah 1.668 orang (0,25% dari populasi). Sementara itu, jumlah maksimum pasien yang memerlukan perawatan dalam sehari hanya 31 orang dan jumlah kematian yang akan terjadi hanya 20 korban. Sebaliknya, jika intervensi yang dilakukan tidak berhasil (dimana  $R_t > 2$ ), maka jumlah maksimum harian pasien yang harus dirawat dapat mencapai lebih dari 54.929 orang dan angka kematian yang akan terjadi dapat mencapai lebih dari 18.565 orang (Tabel 1)). Pada kondisi tersebut, diprediksi rumah sakit di Kota Pontianak tidak akan mampu merawat seluruh korban Covid-19 yang memerlukan perawatan. Sebagai akibatnya, angka kematian dapat menjadi lebih besar lagi.

Pemerintah Provinsi Kalimantan Barat (yang membawahi Pemerintah Kota Pontianak) melalui media massa menyampaikan bahwa kapasitas ruangan rawat inap khusus Covid-19 yang telah disiapkan di Rumah Sakit Soedarso adalah 200 tempat tidur (<http://triggernetmedia.com>). Berdasarkan ketersediaan ruang rawat inap khusus ini, maka angka minimum laju penularan wabah ( $R_t$ ) yang harus dicapai oleh pemerintah Kota Pontianak agar seluruh korban dapat dirawat (melalui proses intervensi) adalah 1,05. Jika kondisi ideal ini tercapai ( $R_t < 1,05$ ), maka jumlah pasien harian Covid-19 yang membutuhkan perawatan tidak akan melebihi angka 200 orang.

## SIMPULAN

Berdasarkan pemodelan SEIR, jika tidak dilakukan intervensi maka jumlah korban terinfeksi Covid-19 di Kota Pontianak dapat mencapai 627.363 orang dengan jumlah maksimum pasien hariannya adalah 74,874 orang dan angka kematian mencapai 21.588 orang. Sebaliknya, jika intervensi sukses dilakukan hingga mencapai  $R_t = 0.9$ , maka jumlah korban terinfeksi Covid-19 hanya mencapai 1.668 orang dengan jumlah maksimum pasien harian adalah 31 orang dan angka kematian hanya 20 orang. Berdasarkan jumlah kapasitas ruang rawat inap RS Soedarso yang disiapkan khusus untuk pasien Covid-19, maka intervensi yang dilakukan oleh pemerintah harus mampu menekan  $R_t$  hingga dibawah 1,05.

## REFERENSI

- Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM), <https://www.cebm.net/covid-19/global-covid-19-case-fatality-rates/>, diakses pada tanggal 1 April 2020
- Chen, H., Guo, J., Wang, C., Luo, F., Yu, X., Zhang, W., Li, J., Zhao, D., Xu, D., Gong, Q., Liao, J., Yang, H., Hou, W., & Zhang, Y. (2020). Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records. *The Lancet*, 395(10226), 809-815.
- Disdukcapil Pontianak, <https://disdukcapil.pontianakkota.go.id/page/jumlah-penduduk>, diakses pada tanggal 29 Maret 2020
- Hanert, E. (2020). Forecasting the evolution of the COVID-19 outbreak in Belgium, Weekly Seminar of AGRO & ELI/ELIe, Universit'e catholique de Louvain (not yet published) <https://gabgoh.github.io/COVID/index.html>, diakses pada tanggal 29 Maret 2020
- [http://rri.co.id/pontianak/post/berita/804956/sosial/lakukan\\_social\\_distancing\\_satpol\\_pp\\_kota\\_pontianak\\_dan\\_provinsi\\_kalbar\\_tertibkan\\_warkop\\_dan\\_cafe.html](http://rri.co.id/pontianak/post/berita/804956/sosial/lakukan_social_distancing_satpol_pp_kota_pontianak_dan_provinsi_kalbar_tertibkan_warkop_dan_cafe.html), diakses pada tanggal 31 Maret 2020.
- <http://triggernetmedia.com/headline/dinkes-siapkan-rsud-pontianak-tangani-pasien-covid-19/>, diakses pada tanggal 31 Maret 2020.
- <https://www.cnnindonesia.com/nasional/20200324172913-20-486588/satu-pasien-positif-corona-di-kalbar-diisolasi-di-rumah>, diakses pada tanggal 29 Maret 2020.
- Inaba, H. (2007). Age-structured homogeneous epidemic systems with application to the MSEIR epidemic model. *Journal of Mathematical Biology*, 54(1), 101.
- Johns Hopkins University, <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> , diakses pada tanggal 20 April 2020
- Kucharski, A., Russell, T., Diamond, C., Liu, Y., Edmunds, J., Funk, S., & Eggo, R. (2020). Analysis and projections of transmission dynamics of nCoV in Wuhan. *CMMID repository*, 2.
- Li, C. H., Tsai, C. C., & Yang, S. Y. (2014). Analysis of epidemic spreading of an SIRS model in complex heterogeneous networks. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 19(4), 1042-1054.
- Novel, C. P. E. R. E. (2020). The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19) in China. *Zhonghua liu xing bing xue za zhi= Zhonghua liuxingbingxue zazhi*, 41(2), 145.
- Satsuma, J., Willox, R., Ramani, A., Grammaticos, B., & Carstea, A. S. (2004). Extending the SIR epidemic model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 336(3-4), 369-375.
- World Health Organization, <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>, diakses pada tanggal 1 April 2020

- World Health Organization, <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--3-march-2020> diakses pada tanggal 20 April 2020
- World Health Organization. (2020). Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). 2020.
- Zhang, J., & Ma, Z. (2003). Global dynamics of an SEIR epidemic model with saturating contact rate. *Mathematical Biosciences*, 185(1), 15-32.