

# ESTIMASI PENYEBARAN COVID-19 DI INDONESIA MENGGUNAKAN MODEL PERTUMBUHAN LOGISTIK DENGAN R

Khoiroh Alfiana<sup>a,\*</sup>, Ade Ima Afifa Himayati<sup>b</sup>, Muhammad Faudzi Bahari<sup>c</sup>, Azma Rosyida<sup>d</sup>

[khoirohalfiana@umkudus.ac.id](mailto:khoirohalfiana@umkudus.ac.id)<sup>a</sup>, [adeimaafifa@umkudus.ac.id](mailto:adeimaafifa@umkudus.ac.id)<sup>b</sup>, [muhammadfaudzi@umkudus.ac.id](mailto:muhammadfaudzi@umkudus.ac.id)<sup>c</sup>, [12019130001@std.umkudus.ac.id](mailto:12019130001@std.umkudus.ac.id)<sup>d</sup>

<sup>a,b,c,d</sup>, <sup>a</sup>Fakultas Sains, Teknologi, dan Matematika, Universitas Muhammadiyah Kudus

---

## Abstrak

Kasus terkonfirmasi COVID-19 di Indonesia meningkat setiap harinya. Pertumbuhan kasus yang terjadi meningkat secara esponensial dan akan mencapai jumlah kasus maksimum yang kemudian diharapkan akan menurun jumlah kasusnya hingga tidak ada penambahan kasus terinfeksi COVID-19. Beberapa model matematika dapat membantu mengestimasi penyebaran kasus terinfeksi COVID-19 di Indonesia, salah satunya model logistik. Pada penelitian ini, digunakan model regresi Logistik untuk memprediksi pandemic COVID-19 di Indonesia dan dibandingkan hasilnya dengan data terkonfirmasi. Hasil analisis menggunakan model logistic disimpulkan model sesuai untuk menunjukkan pertumbuhan kasus. Estimasi jumlah kasus terakhir yang mungkin terjadi di Indonesia adalah kasus yang masih akan mengalami peningkatan kasus hingga  $66350 \pm 3200$  kasus hingga bulan Desember.

**Kata kunci:** COVID-19, model pertumbuhan logistik, estimasi, jumlah kasus akhir.

## Abstract

*Confirmed cases of COVID-19 in Indonesia are current increasing. The cases are spreading at an exponential rate and soon be reached at a peak then decreasing the day after until the daily confirmed cases equal to zero. Some mathematics models can help estimate the spreading of COVID-19 in Indonesia, such as logistic growth model. In this research, the logistic growth model used to predict the final size then compared the numbers with the confirmed data. The result indicates that the logistic model suits to describe the growth cases of COVID-19 in Indonesia. Estimation of the final size will be approximately  $66350 \pm 3200$  cases until this December.*

**Keywords:** COVID-19, logistic growth models, estimation, final size.

---

## I. PENDAHULUAN

Kasus COVID-19 (*Coronavirus Disease 2019*) pertama kali ditemukan di kota Wuhan, China pada Desember 2019. COVID-19 memiliki gejala yang hampir sama dengan MERS dan SARS dimana kedua virus ini menyerang sistem pernapasan. Epidemi COVID-19 menyebar di seluruh dunia tak terkecuali Indonesia. WHO pada awalnya mengkategorikan COVID-19 sebagai epidemic yang kemudian pada tahun 2020, WHO telah mengkategorikan COVID-19 sebagai salah satu kasus pandemic-setelah banyaknya kasus kematian akibat virus ini pada Februari 2020 (Toharudin *et al.*, 2020).

Kasus COVID-19 di Indonesia pertama kali diumumkan oleh pemerintah bulan Maret 2020 sebanyak 2 kasus positif terinfeksi COVID-19. Dimana keduanya dinyatakan positif COVID-19 setelah diketahui adanya interaksi dengan warga Jepang yang sebelumnya sudah dinyatakan terinfeksi virus ini. Kemudian setiap harinya bertambah kasus dan menyebar hampir seluruh daerah di Indonesia. Beberapa upaya dilakukan pemerintah guna mengurangi penyebaran kasus positif, mulai dari *physical distancing* atau jaga jarak antar individu minimal 1 meter, pengurangan moda transportasi umum, larangan mudik bagi warga dari daerah zona

merah, melibatkan sekolah dan perkantoran, penutupan tempat ibadah dan pusat perbelanjaan, dimana upaya ini telah diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) tentang Pembatasan Sosioal Berskala Besar (PSBB) dan Keputusan Presiden (Kepres) tentang Status Kedaruratan Kesehatan Masyarakat untuk melaksanakan Undang-Undang (UU) Nomor 6 Tahun 2018 tentang Keekarantinaan Kesehatan (Beritasatu.com, 2020).

Diketahui bahwa Indonesia pada peringkat pertama sebagai negara dengan kasus terinfeksi terbanyak di Asia Tenggara, disusul Singapura dan Filipina-per Juni 2020.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi dan menganalisis jumlah kasus kumulatif maksimum yang mungkin terjadi di Indonesia. Pada penelitian ini akan digunakan model pertumbuhan logistik (*Logistic Growth Models*) untuk menunjukkan pertumbuhan kasus yang disajikan dalam grafik dan mengestimasi atau memprediksi penyebaran pandemic COVID-19 di Indonesia. Penelitian ini akan menggunakan data yang diperoleh dari Gugus Tugas COVID-19 Indonesia yang diperoleh dari BNPB. Dengan adanya studi kasus peramalan terhadap penyebaran COVID-19 di Indonesia ini diharapkan dapat mengestimasi ukuran pertumbuhan kasus di Indonesia dan mengestimasi fase akhir dari penyebaran virus ini.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Model Pertumbuhan Logistik

Model pertumbuhan Logistik (*Logistic Growth Models*) merupakan fungsi matematika yang digunakan dalam beberapa situasi. Model ini memiliki karakteristik meningkat pada awal periode dan menurun pada periode berikutnya setelah mencapai keadaan maksimum. Pada kasus epidemic virus seperti COVID-19 ini pasti kasus terinfeksi positif akan mencapai limit maksimum dan akan menurun jumlah kasusnya.

Pada epidemiologi matematika, dinamika/pergerakan epidemic dapat dinyatakan dengan model pertumbuhan logistik berikut (Batista, 2020)

$$\frac{dC}{dt} = rC \left(1 - \frac{C}{K}\right) \quad (1)$$

dimana  $C$  jumlah kasus kumulatif,  $r > 0$  tingkat infeksi dan  $K > 0$  ukuran epidemic pada akhir waktu. Jika  $C(0) = C_0 > 0$  menyatakan banyak kasus pada awal epidemic maka solusi dari (1) adalah

$$C = \frac{K}{1 + \frac{K-C_0}{C_0} e^{-rt}} \quad (2)$$

Saat  $t \leq 1$ , diasumsikan  $K \geq C_0$  dan oleh karena itu  $\frac{K-C_0}{C_0} \geq 1$ , diperoleh pertumbuhan natural (Tsoularis, 2002)

$$\begin{aligned} C &= \frac{K e^{rt}}{e^{rt} + \frac{K-C_0}{C_0}} \\ &= \frac{C_0 e^{rt}}{1 - \frac{C_0}{K} + \frac{e^{rt}}{C_0}} \\ &\approx C_0 e^{rt} \end{aligned} \quad (3)$$

Saat  $t \rightarrow \infty$ , banyaknya kasus mengikuti fungsi Weibull

$$\begin{aligned} C &= K \left(1 - \frac{K-C_0}{C_0} e^{-rt} + \dots\right) \\ &\approx K \left(1 - e^{-r(t-t_0)}\right) \end{aligned} \quad (4)$$

Tingkat pertumbuhan  $\frac{dC}{dt}$  mencapai maksimum saat  $\frac{d^2C}{dt^2} = 0$ . Dari kondisi ini, dapat diperoleh tingkat pertumbuhan mencapai puncak terjadi pada waktu

$$t_p = \frac{\ln \frac{K-C_0}{C_0}}{r} \quad (5)$$

Pada waktu tersebut, jumlah kasusnya adalah

$$C_p = \frac{K}{2} \quad (6)$$

Dan tingkat pertumbuhan mencapai maksimum

$$\left(\frac{dC}{dt}\right)_p = \frac{rK}{4} \quad (7)$$

## III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mengestimasi pertumbuhan kasus COVID-19 di Indonesia dengan menggunakan model

pertumbuhan logistic dengan menganalisa grafik model dan standard error yang dihasilkan dari model logistic.

Data yang digunakan merupakan data terkonfirmasi positif COVID-19 yang disampaikan Tim Gugus Tugas COVID-19 dari 2 Maret 2020 hingga 18 Juni 2020. Data diperoleh dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) sebagai Tim Gugus Tugas COVID-19 Nasional (BNPB, 2020).

**Tabel 1.** Jumlah kasus terkonfirmasi COVID-19 di Indonesia dari 3 Maret 2020 hingga 18 Juni 2020

	<b>Jumlah Kasus Kumulatif</b>	<b>Jumlah Kasus Baru</b>
3/2/2020	2	2
3/3/2020	2	0
3/4/2020	2	0
3/5/2020	2	0
3/6/2020	4	2
3/7/2020	4	0
3/8/2020	6	2
3/9/2020	19	13
3/10/2020	27	8
3/11/2020	34	7
3/12/2020	34	0
3/13/2020	69	35
3/14/2020	96	27
3/15/2020	117	21
3/16/2020	134	17
3/17/2020	172	38
3/18/2020	227	55
3/19/2020	309	82
3/20/2020	369	60
3/21/2020	450	81
3/22/2020	514	64
3/23/2020	579	65
3/24/2020	686	106
3/25/2020	790	105
3/26/2020	893	103
3/27/2020	1046	153
3/28/2020	1155	109
3/29/2020	1285	130
3/30/2020	1414	129
3/31/2020	1528	114
4/1/2020	1677	149
4/2/2020	1790	113
4/3/2020	1986	196
4/4/2020	2092	106
4/5/2020	2273	181
4/6/2020	2491	218
4/7/2020	2738	247
4/8/2020	2956	218

4/9/2020	3293	337
4/10/2020	3512	219
4/11/2020	3842	330
4/12/2020	4241	399
4/13/2020	4557	316
4/14/2020	4839	282
4/15/2020	5136	297
4/16/2020	5516	380
4/17/2020	5923	407
4/18/2020	6248	325
4/19/2020	6575	327
4/26/2020	8882	275
4/27/2020	9096	214
4/28/2020	9511	415
4/29/2020	9771	260
4/30/2020	10118	347
5/1/2020	10551	433
5/2/2020	10843	292
5/3/2020	11192	349
5/4/2020	11587	395
5/5/2020	12071	484
5/6/2020	12438	367
5/7/2020	12776	338
5/8/2020	13112	336
5/9/2020	13645	533
5/10/2020	14032	387
5/11/2020	14265	233
5/12/2020	14749	484
5/13/2020	15438	689
5/14/2020	16006	568
5/15/2020	16496	490
5/16/2020	17025	529
5/17/2020	17514	489
5/18/2020	18010	496
5/19/2020	18496	486
5/20/2020	19189	693
5/21/2020	20162	973
5/22/2020	20796	634
5/23/2020	21745	949
5/24/2020	22271	526
5/25/2020	22750	479
5/26/2020	23165	415
5/27/2020	23851	686
5/28/2020	24538	687
5/29/2020	25216	678
5/30/2020	25773	557
5/31/2020	26473	700
6/1/2020	26940	467
6/2/2020	27549	609
6/3/2020	28233	684
6/4/2020	28818	585
6/5/2020	29521	703
6/6/2020	30514	993
6/7/2020	31186	672

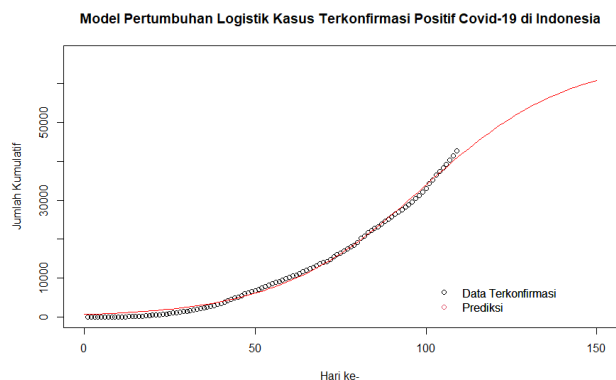
6/8/2020	32033	847
6/9/2020	33076	1043
6/10/2020	34316	1240
6/11/2020	35295	979
6/12/2020	36406	1111
6/13/2020	37420	1014

Data jumlah kasus terkonfirmasi ini kemudian diimplementasikan menggunakan software R dengan menggunakan script model pertumbuhan logistic untuk menentukan estimasi puncak jumlah kasus terkonfirmasi yang mungkin terjadi di Indonesia, kemudian melakukan prediksi untuk beberapa hari selanjutnya guna mengetahui tingkatan penambahan kasus yang terjadi.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model regresi pertumbuhan logistic digunakan sebagai pendekatan model untuk jumlah kasus kumulatif di Indonesia dari mulai mewabahnya COVID-19 pada 2 Maret 2020 hingga 18 Juni 2020. Dengan bantuan software R akan ditunjukkan grafik jumlah kasus kumulatif berdasarkan data actual dan grafik model pertumbuhan logistic. Kedua grafik ini akan dibandingkan kemudian dapat dilihat prediksi peningkatan yang ditunjukkan pada grafik model logistic. Selanjutnya, akan dilakukan pengujian formula model logistic untuk memprediksi dalam jangka pendek jumlah kasus kumulatif yang mungkin terjadi.

Estimasi yang diperoleh nantinya dapat digunakan sebagai upaya pencegahan penyebaran COVID-19 di Indonesia. Estimasi dilakukan dengan menggunakan R-packages untuk memudahkan dalam analisis. R-code untuk model pertumbuhan logistic dapat dilihat pada (Gould, -).



**Gambar 1.** Konfirmasi dan prediksi kumulatif kasus terinfeksi di Indonesia dari 2 Maret 2020 sampai 18 Juni 2020

Pada gambar 1 terlihat bahwa grafik model pertumbuhan logistic cocok untuk menggambarkan pertumbuhan kasus COVID-19 yang terjadi di Indonesia. Dapat dilihat dari grafik model menunjukkan garis yang sama dan searah dengan data aktual. Hasil model pertumbuhan logistic dari kasus kumulatif terkonfirmasi positif COVID-19 dapat dilihat pada Gambar.1 kurva atau grafik model pertumbuhan logistic menunjukkan masih adanya tren peningkatan kasus kumulatif. Pada gambar terlihat, adanya peningkatan hingga hari ke-150-hari pertama terhitung dari 2 Maret 2020, peningkatan mencapai 60000 jumlah kasus kumulatif. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dengan mudah terbaca peningkatan akan masih terjadi hingga beberapa bulan ke depan.

Selanjutnya, dilakukan simulasi estimasi kasus kumulatif terkonfirmasi positif yang mungkin terjadi di Indonesia. Dengan menggunakan scrib R untuk model pertumbuhan logistic, guna mengetahui berapa estimasi pertumbuhan kasus kumulatif yang mungkin terjadi dan mengetahui puncak atau jumlah kasus kumulatif terkonfirmasi positif tertinggi yang mungkin terjadi.

**Tabel.2** R-code hasil estimasi model logistic

```

Formula: Jumlah_Kasus_Kumulatif ~
SSlogis(Hari, K, r, A)

Parameters:
  Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
K 6.634e+04 3.186e+03 20.82 <2e-16 ***
r 9.898e+01 2.059e+00 48.08 <2e-16 ***
A 2.135e+01 5.517e-01 38.70 <2e-16 ***
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*'
0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 840.4 on 106 degrees
of freedom

Number of iterations to convergence: 0

Achieved convergence tolerance: 6.746e-07

```

Berdasarkan hasil estimasi menggunakan R di atas diperoleh jumlah kasus covid-19 di Indonesia menggunakan model regresi logistic mencapai  $66350 \pm 3200$  kasus hingga akhir Desember (Almeshal, Almazroue and Alenizi, 2020). Prediksi

jangka pendek untuk jumlah kasus kumulatif yang mungkin terjadi di Indonesia ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 3.** Estimasi jumlah kasus kumulatif jangka pendek

Tanggal	Jumlah Kasus Kumulatif	Prediksi	Error
6/19/2020	43803	41540	5.17%
6/20/2020	45029	42263	6.14%
6/21/2020	45891	42977	6.35%
6/22/2020	46845	43680	6.76%
6/23/2020	47896	44374	7.35%
6/24/2020		45056	
6/25/2020		45727	
6/26/2020		46387	
6/27/2020		47034	

Prediksi jumlah kasus kumulatif dengan model pertumbuhan logistik mendekati data actual jumlah kasus kumulatif yang diperbaharui oleh Tim Gugus Tugas COVID-19, hasil prediksi memberikan error yang kurang dari 10% dibandingkan data actual. Estimasi jumlah kumulatif kasus cenderung konsisten peningkatannya, jika dibandingkan dengan data actual yang terlihat ada peningkatan secara drastis. Observasi ini menunjukkan bahwa semakin banyak data actual yang digunakan dalam model logistic, semakin konsisten kecocokan model terhadap data.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa model pertumbuhan logistik sesuai untuk memodelkan kurva pertumbuhan epidemic COVID-19 yang terjadi di Indonesia. Hasil estimasi jumlah konfirmasi positif COVID-19 maksimum di Indonesia adalah sekitar  $66350 \pm 3200$  kasus, hasil estimasi jika dibandingkan dengan data terkonfirmasi memberikan error kurang dari 10%, sehingga hasil prediksi dapat dikatakan cukup mendekati. Lonjakan kasus terkonfirmasi positif COVID-19 diprediksi akan terus meningkat hingga akhir tahun 2020, diprediksi akan mencapai 70000 kasus positif. Ditambah lagi saat ini pemerintah sedang menggiatkan tes uji cepat swab test untuk tracking penyebaran hingga daerah-daerah.

## VI. DISCLAIMER

Hasil ini hanya prediksi berdasarkan data aktual yang diperoleh dari [covid19.go.id](https://covid19.go.id) dan berdasarkan model matematika yang digunakan, dimana prediksi atau estimasi hasil tidak memberikan hasil yang 100% benar. Harapannya studi kasus ini digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengantisipasi melonjaknya kasus terkonfirmasi positif. Jumlah kasus COVID-19 bisa saja akan menurun sebelum mencapai 60000 kasus, jika masyarakat patuh dan melaksanakan protocol kesehatan sesuai himbauan pemerintah. Begitu pula sebaliknya, kasus terkonfirmasi bisa saja akan lebih besar dari prediksi jika masyarakat masih mengabaikan protocol kesehatan. Selain itu, pemerintah juga diharapkan dapat memperluas dan mempercepat test COVID-19 baik PCR, rapid test, maupun tes cepat molekuler guna mempercepat tracing COVID-19 di Indonesia sehingga dapat menekan pertumbuhan kasus positif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almeshal, A. M., Almazrouee, A. I. and Alenizi, M. R. (2020) 'Forecasting the Spread of COVID-19 in Kuwait Using Compartmental and Logistic Regression Models'. doi: 10.3390/app10103402.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Statistik Perkembangan COVID-19 Indonesia, Juni 2020. [covid19.go.id](https://covid19.go.id) (diakses 25 Juni 2020).
- Batista, M. (2020) 'Estimation of the final size of the coronavirus epidemic by the logistic model ( Update 4 )', (March).
- Beritasatu.com. "Jokowi Teken PP PSBB dan Keppres Kedaruratan Kesehatan Masyarakat", 31 Maret 2020. Tersedia dari <https://www.beritasatu.com/nasional/615035-jokowi-teken-pp-psbb-dan-keppres-kedaruratan-kesehatan-masyarakat> (diakses 24 Juni 2020).
- Gould, Elise. R-Code for Logistic Growth Model of Australian Population in R. Tersedia dari [http://rstudio-pubs-tatic.s3.amazonaws.com/752\\_54c50d2916a34e87\\_be430b97c6b5abbe.html](http://rstudio-pubs-tatic.s3.amazonaws.com/752_54c50d2916a34e87_be430b97c6b5abbe.html) (diakses 20 Juni 2020)

Korstanje, Joos. 2020. Nonlinear Least Square Estimation of the Logistic Growth Function using Scipy in Python-Using China's coronavirus Data. Tersedia dari <https://towardsdatascience.com/modeling-logistic-growth-1367dc971de2?gi=7ccca59a6df9> (diakses 20 Juni 2020).

Toharudin, T. *et al.* (2020) 'Bayesian Poisson Model for COVID-19 in West Java Indonesia', (June).

Tsoularis, A. (2002) 'Analysis of Logistic Growth Models', 5564(July). doi: 10.1016/S0025-5564(02)00096-2.