

## Analisis Kumulatif dan Survival Model Sebaran Covid-19 Provinsi Papua Tahun 2021

Felix Reba<sup>1\*</sup>, Alvian Sroyer<sup>2</sup>, Handiko<sup>3</sup>  
\*e-mail: felix.reba85@gmail.com

<sup>1,2</sup>Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Cenderawasih

<sup>3</sup>Mahasiswa Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Cenderawasih

### ABSTRACT

After the government implemented the Implementation of Community Activity Restrictions (PPKM) in August 2021, COVID-19 cases in Papua Province had decreased by 46.2%. The daily average of COVID-19 cases in July decreased from 370 to 119 cases to be precise in August 2021. One of the Jayapura City government policies in early 2022 that aimed to break the chain of COVID-19 spread was to eliminate face-to-face learning for Kindergarten, Elementary, Junior High, and High School education levels from February 15 - March 15, 2022. Previous research related to the analysis of the cumulative distribution of COVID-19 in Papua province had been carried out in 2021. It used data on COVID-19 cases for two months during September 1 - October 31, 2020. The researchers used the Johnson SB model. In contrast to previous studies, the present study aimed to use the distribution of Erlang, Fatigue Life, Frechet, Gamma, Logistics, Pareto, Pearson Type 5 and Weibull to perform a cumulative and survival analysis on positive cases of COVID-19 patients in Papua Province in 2021. In addition, This study used COVID-19 data from January to April 2021. The results showed that the analysis of COVID-19 data in Papua Province in 2021 can utilize the Fatigue Life, Frechet, Gamma, Logistics, Pearson Type 5 and Weibull models.

**Keywords:** COVID-19 data, Papua, distribution, cumulative and survival analysis.

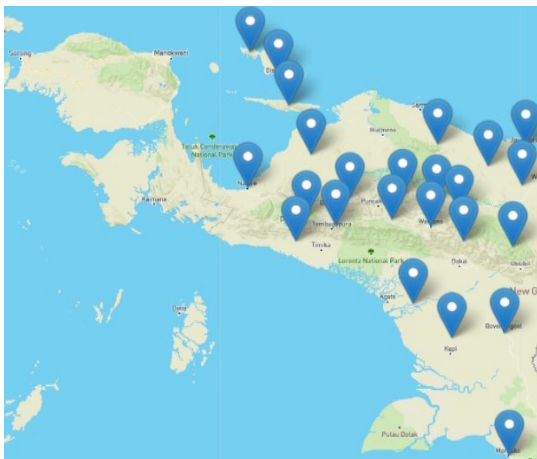
### ABSTRAK

Selama Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) oleh pemerintah pada Agustus 2021, kasus Covid-19 di Provinsi Papua sempat mengalami penurunan hingga mencapai 46,2%. Penurunan angka rata-rata harian kasus Covid-19 dari 370 di bulan Juli menjadi 119 kasus yaitu pada bulan Agustus 2021. Salah satu kebijakan pemerintah kota Jayapura di awal tahun 2022 dalam memutuskan rantai penyebaran Covid-19 adalah, mulai 15 Februari - 15 Maret 2022 pemerintah meniadakan pembelajaran tatap muka dari TK, SD SMP dan SMU. Penelitian terdahulu terkait analisis sebaran kumulatif Covid-19 di provinsi Papua telah dilakukan di tahun 2021. Data yang digunakan adalah data kasus Covid-19 selama dua bulan, yaitu bulan 1 September – 31 Oktober 2020. Model yang peneliti gunakan adalah Johnson SB. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan menggunakan distribusi *Erlang*, *Fatigue Life*, *Frechet*, *Gamma*, *Log Logistic*, *Pareto*, *Pearsson Type 5* dan *Weibull* untuk menganalisis kumulatif dan *survival* kasus positif pasien Covid-19 di Provinsi Papua tahun 2021. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Covid-19 bulan Januari – April tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, model yang dapat digunakan untuk menganalisis data Covid-19 provinsi Papua tahun 2021 adalah model *Fatigue Life*, *Frechet*, *Gamma*, *Log Logistic*, *Pearsson Type 5* dan *Weibull*.

**Kata kunci:** Data Covid-19, Papua, Distribusi, Analisis Kumulatif dan Survival.

## PENDAHULUAN

Selama Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) oleh pemerintah pada Agustus 2021, kasus Covid-19 di Provinsi Papua sempat mengalami penurunan hingga mencapai 46,2%. Penurunan angka rata-rata harian kasus Covid-19 dari 370 di bulan Juli menjadi 119 kasus yaitu pada bulan Agustus 2021. Sementara kasus jumlah kematian akibat Covid-19 juga turun yaitu dari 393 menjadi 257 kasus perhari. Hal ini mengakibatkan pemerintah provinsi Papua memutuskan menerapkan PPKM level 4 di empat wilayah, seperti Kota Jayapura, Kabupaten Jayapura, Mimika dan Merauke. Sedangkan PPKM level 3 dan 2 diterapkan di 25 Kabupaten. Kebijakan pemerintah ini diberlakukan selama bulan Agustus 2021 - 6 September 2021. (Hendrina Dian Kandipi, 2021). Peta gambaran umum penyebaran Covid-19 Provinsi Papua tahun 2021 yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyebaran Covid-19 Prov Papua

Saat ini model sebaran Covid-19 tahun 2022 belum dapat digambarkan, karena data kasus Covid-19 provinsi Papua belum dirampungkan dari seluruh wilayah. Sehingga kasus yang dapat

digambarkan modelnya adalah kasus Covid-19 tahun 2021.

Penelitian terdahulu terkait analisis sebaran kumulatif Covid-19 di provinsi Papua telah peneliti lakukan di tahun 2021. Data yang digunakan adalah data kasus Covid-19 selama dua bulan, yaitu bulan 1 September – 31 Oktober 2020. Model yang peneliti gunakan adalah Johnson SB (Reba & Sroyer, 2021). Namun perubahan model dapat terjadi karena perubahan kasus setiap waktunya.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, pada penelitian ini digunakan distribusi *Erlang*, *Fatigue Life*, *Frechet*, *Gamma*, *Log Logistic*, *Pareto*, *Pearsson Type 5* dan *Weibull*. Peneliti juga melakukan estimasi parameter dan uji hipotesis untuk menentukan kesesuaian data dengan model sebaran. Selanjutnya kurva kumulatif dan survival akan digunakan untuk menganalisis model sebaran. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kasus positif pasien Covid-19 Provinsi Papua bulan Januari – April tahun 2021. Alasan peneliti menggunakan delapan model sebaran adalah, karena delapan model ini memiliki dua parameter yang sama, yaitu parameter bentuk dan skala. Selanjutnya untuk cara menginterpretasi hasil dari penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, karena selain fungsi kumulatif, juga digunakan fungsi survival yang merupakan kebalikan dari fungsi kumulatif. Data dalam penelitian ini akan diolah dengan menggunakan *software* Matlab R2015b. Langkah-langkah penyelesaian : Input data Covid-19 Prov Papua Tahun 2021, Estimasi parameter, Uji Sebaran Data dengan Kolmogorov Smirnov, Plot distribusi kumulatif dan survival dan interpretasi hasil analisis data Covid-19 Provinsi Papua tahun 2021.

## METODE

Pada bagian metode ini, akan diuraikan definisi-definisi dan teorema-teorema estimasi parameter, uji hipotesis, *Probability Density Function* (PDF), *Cumulative Distribution Function* (CDF) dan *Survival Function*.

### Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan data yang digunakan merupakan data sekunder. Populasi dalam penelitian ini adalah keseluruhan data Covid-19 tahun 2021 dari bulan Januari-Desember. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel yang memenuhi kriteria model sebaran.

### Fungsi Likelihood

Misalkan  $T_1, T_2, \dots, T_n$  menyatakan peubah acak yang saling bebas dengan fungsi padat peluangnya  $f(t_i; \theta)$ , dimana  $\theta$  adalah  $c, b$  yang merupakan parameter-parameter yang akan ditaksir. Apabila  $L$  merupakan fungsi peluang bersama dari  $T_1, T_2, \dots, T_n$  yang dipandang sebagai fungsi dari  $\theta$  maka fungsi *likelihood*-nya ditunjukkan oleh (Sijbers et al., 1998)(Yang et al., 2019)(Wang & Gui, 2020) :

$$L(\theta) = \prod_1^n f(t_i; \theta) \quad (1)$$

Nilai  $\theta$  yang memaksimumkan  $L(\theta)$  juga akan memaksimumkan log likelihood ( $\ln L(\theta) = l(\theta)$ ). Untuk memperoleh  $\hat{\theta}$  dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Nilai  $\hat{\theta}$  diperoleh dari derivatif pertama yaitu :  $\frac{\partial l(\theta)}{\partial \theta} = 0$
2. Nilai  $\hat{\theta}$  dikatakan memaksimumkan  $l(\theta)$  jika  $\frac{\partial^2 l(\theta)}{\partial \theta^2} \Big|_{\theta=\hat{\theta}} < 0$  (definite negatif)

### Uji Kolmogorov-Smirnov

Uji *Kolmogorov-Smirnov* atau yang biasa disebut dengan uji KS adalah uji hipotesis statistik terkenal, yang memeriksa apakah dua buah sampel berasal dari distribusi probabilitas yang sama. Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Razali & Wah, 2011)(Bai & Kalaj, 2021; Baumgartner & Kolassa, 2021; Hanusz & Tarasińska, 2015) :

$H_0$  : Data mengikuti model sebaran distribusi.

$H_1$  : Data tidak mengikuti model sebaran distribusi.

Statistik uji yang digunakan adalah :

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (2)$$

Keterangan :

$D$  : Jarak vertikal terjauh antara  $F_n(x) - F(x)$ .

$F_n(x)$  : Fungsi distribusi yang dihipotesiskan.

$F(x)$  : Fungsi distribusi yang belum diketahui.

Kriteria uji,  $H_0$  ditolak jika nilai  $D_{hitung} > D_{tabel}$  dengan tingkat error sebesar  $\alpha$ . Apabila hasil pengujian hipotesis ternyata  $H_0$  diterima dengan  $\alpha$  sebesar 5%, maka data mengikuti model distribusi.

### Distribusi Erlang

Fungsi kumulatif (Abd El-Monsef, 2021; Arino & Portet, 2020; Hincal & Alsaadi, 2019):

$$F(x) = \frac{\Gamma_x(m)}{\Gamma(m)} \quad (3)$$

$m$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Fatigue Life

Fungsi kumulatif (Ai et al., 2019; Liu et al., 2016; Tejo et al., 2018) :

$$F(x) = \Phi \left( \frac{1}{\alpha} \left( \sqrt{\frac{x}{\beta}} - \sqrt{\frac{\beta}{x}} \right) \right) \quad (4)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Frechet

Fungsi kumulatif (Abd El-Monsef & Al-Kzzaz, 2021; Zayed & Butt, 2017) :

$$F(x) = \exp\left(-\left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha\right) \quad (5)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Gamma

Fungsi kumulatif (Dagpunar, 2019; Kamalov & Denisov, 2020; Nadarajah & Gupta, 2006) :

$$F(x) = \frac{\Gamma_x(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} \quad (6)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Log-Logistic

Fungsi kumulatif (Alfaer et al., 2021; Ibrahim & Kalaf, 2022; Lima & Cordeiro, 2017; Malik & Ahmad, 2020; Zheng et al., 2021):

$$F(x) = \left(1 + \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha\right)^{-1} \quad (7)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Pareto

Fungsi kumulatif (Mierlus-Mazilu, 2010; Sharpe & Juárez, 2021):

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha \quad (8)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Pearson Type 5

Fungsi kumulatif (Gunawan et al., 2020; Sutrisno et al., 2020; Wickramaarachchi, 2021) :

$$F(x) = 1 - \frac{\Gamma_{\frac{\beta}{x}}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} \quad (9)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Distribusi Weibull

Fungsi kumulatif (Lei et al., 2020; Shahbaz et al., 2018; Sukkiramathi & Seshiah, 2020; Wais, 2017; Wu et al., 2019) :

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (10)$$

$\alpha$  = parameter bentuk

$\beta$  = parameter skala

### Fungsi Kumulatif

Jika  $T$  merupakan variabel random non negatif dari waktu hidup suatu individu dalam interval  $[0, \infty)$ , maka fungsi distribusi kumulatif  $F(t)$  untuk distribusi kontinu dengan fungsi densitas peluang  $f(t)$  dinyatakan sebagai berikut (Lawless, 1982) :

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x)dx, \quad t > 0 \quad (11)$$

### Fungsi Survival

Peluang suatu individu dapat bertahan hidup (survive) lebih lama dari pada  $t$ . Jika  $T$  merupakan variabel random dari waktu hidup suatu individu dalam interval  $[0, \infty)$ , maka fungsi survival  $S(t)$  dapat dinyatakan dalam persamaan (Lee, 2003) :

$$S(t) = 1 - F(t) = P(T \geq t) \quad (12)$$

$$= \int_t^\infty f(x)dx$$

Fungsi  $S(t)$  merupakan fungsi tidak naik (non increasing) terhadap waktu  $t$  dengan sifat :

$$S(t) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } t = 0 \\ 0 & \text{untuk } t = \infty \end{cases}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan akan dibahas model kumulatif dan survival dari data Covid-19 yang dimulai dari pengambilan data penelitian, estimasi parameter, uji hipotesis dan interpretasi model.

### Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Covid-19 bulan Januari – April tahun 2021 yang diperoleh dari Dinas Kesehatan Provinsi Papua.

**Estimasi Parameter**

Data yang telah diperoleh, selanjutnya diestimasi menggunakan Metode *Maximum Likelihood* (MLE) pada persamaan 1. Parameter yang diestimasi dari delapan model adalah parameter bentuk dan skala. Berikut tabel 1-4 disajikan hasil estimasi parameter menggunakan software Matlab R2015b:

Tabel 1. Parameter Bulan Januari

Distribusi	Bentuk	Skala
Erlang	6	12.132
Fatigue Life	0.39919	75.873
Frechet	2.8153	61.32
Gamma	6.7536	12.132
Log Logistic	4.1423	74.16
Pareto	1.0359	29
Pearson Type 5	6.404	450.12
Weibull	2.967	88.822

Tabel 2. Parameter Bulan Februari

Distribusi	Bentuk	Skala
Erlang	9	9.057
Fatigue Life	0.38839	76.245
Frechet	2.6753	61.842
Gamma	9.0577	9.057
Log Logistic	4.0125	75.481
Pareto	0.82739	23
Pearson Type 5	6.2306	441.95
Weibull	2.9252	90.573

Tabel 3. Parameter Bulan Maret

Distribusi	Bentuk	Skala
Erlang	7	10.643
Fatigue Life	0.39674	74.504
Frechet	2.7194	60.138
Gamma	7.5529	10.643
Log Logistic	4.0141	73.246
Pareto	1.1769	32
Pearson Type 5	6.4067	442.61
Weibull	2.8965	88.142

Tabel 4. Parameter Bulan April

Distribusi	Bentuk	Skala
Erlang	5	6.689
Fatigue Life	0.47835	34.81
Frechet	2.2409	27.067
Gamma	5.8047	6.689
Log Logistic	3.3377	34.355
Pareto	0.8585	11
Pearson Type 5	4.318	135
Weibull	2.42	42.841

**Uji Hipotesis**

Setelah parameter data diestimasi, selanjutnya pengujian hipotesis dilakukan pada keseluruhan data bulan Januari-April 2021. Pengujian hipotesis menggunakan *Kolmogorov Smirnov* seperti pada persamaan 2. Berikut ini hasil pengujian menggunakan software Matlab R2015b disajikan pada tabel 5-8 dibawah ini:

Tabel 5. Uji Hipotesis Bulan Januari

Distribusi	P-Value	Statistik
Erlang	0.22871	0.18453
Fatigue Life	0.95048	0.08993
Frechet	0.36659	0.16252
Gamma	0.95043	0.08994
Log Logistic	0.77698	0.11542
Pareto	0.00325	0.31898
Pearson Type 5	0.83444	0.10853
Weibull	0.99647	0.06962

Tabel 6. Uji Hipotesis Bulan Februari

Distribusi	P-Value	Statistik
Erlang	0.97884	0.08427
Fatigue Life	0.79399	0.11727
Frechet	0.28558	0.18048
Gamma	0.99248	0.07643
Log Logistic	0.70916	0.12712
Pareto	0.00007	0.41395
Pearson Type 5	0.64806	0.13394
Weibull	0.84962	0.11016



Tabel 7. Uji Hipotesis Bulan Maret

Distribusi	P-Value	Statistik
Erlang	0.08085	0.22169
Fatigue Life	0.31494	0.16727
Frechet	0.09313	0.21669
Gamma	0.49325	0.14435
Log Logistic	0.22402	0.1825
Pareto	0.02044	0.26533
Pearson Type 5	0.21964	0.18334
Weibull	0.63061	0.12938

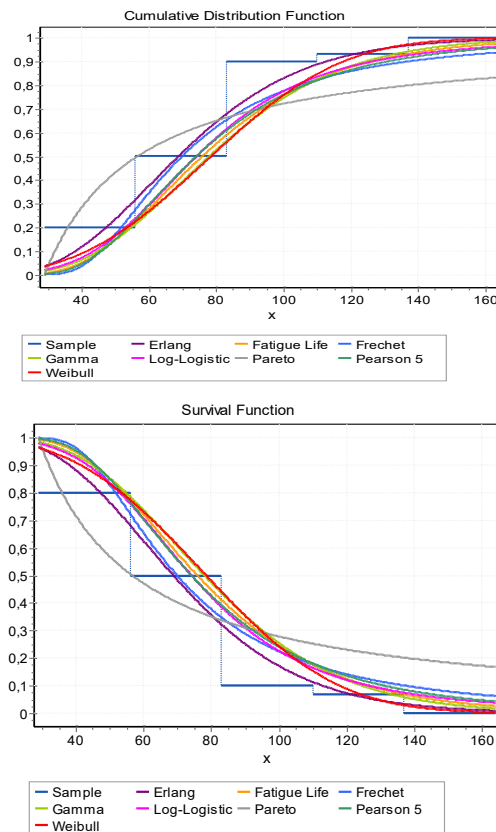
Tabel 8. Uji Hipotesis Bulan April

Distribusi	P-Value	Statistik
Erlang	0.02492	0.26805
Fatigue Life	0.32358	0.17144
Frechet	0.07983	0.22945
Gamma	0.66049	0.13034
Log Logistic	0.25732	0.18228
Pareto	0.00348	0.32255
Pearson Type 5	0.21169	0.19099
Weibull	0.71103	0.12478

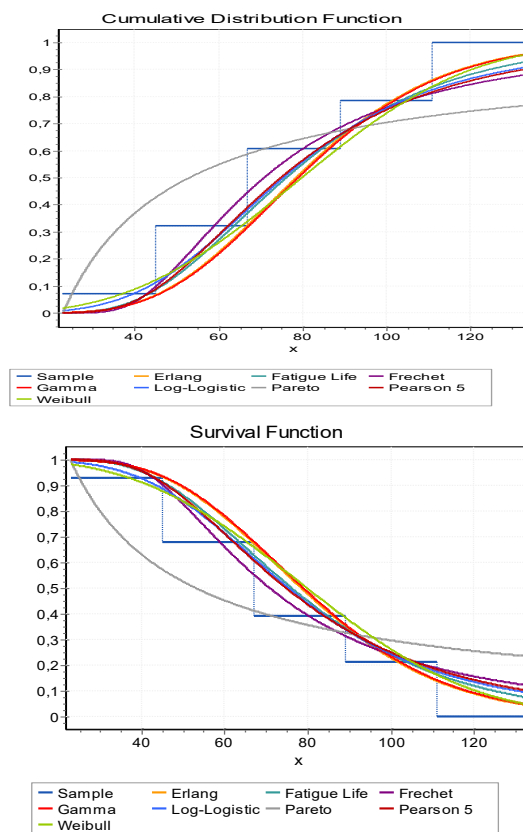
Berdasarkan hasil pengujian hipotesis pada tabel 5-8, terlihat bahwa data Covid-19 pada bulan Januari-April tidak mengikuti sebaran Pareto. Hal ini terlihat dari nilai  $p\text{-value}=0.00325 < 0.05$  begitu juga dengan nilai statistik hitung. Sedangkan data pada bulan April juga tidak mengikuti sebaran Erlang karena nilai  $p\text{-value} = 0.02492 < 0.05$ .

### Model Kumulatif dan Survival

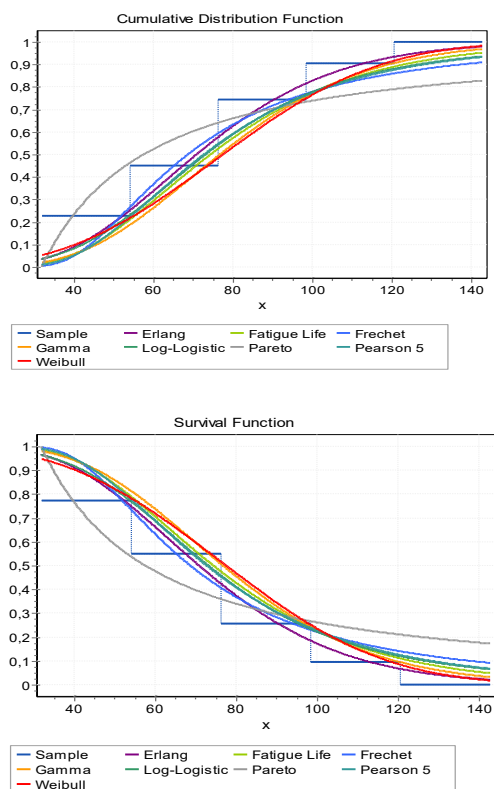
Parameter yang telah diestimasi selanjutnya disubstitusikan kembali ke model kumulatif dari semua distribusi mulai dari persamaan 3-10. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa persamaan 11 (model kumulatif) akan digunakan untuk menentukan persamaan 12 (model survival). Berikut disajikan kurva kumulatif dan survival menggunakan software Matlab R2015b pada gambar 2-5:



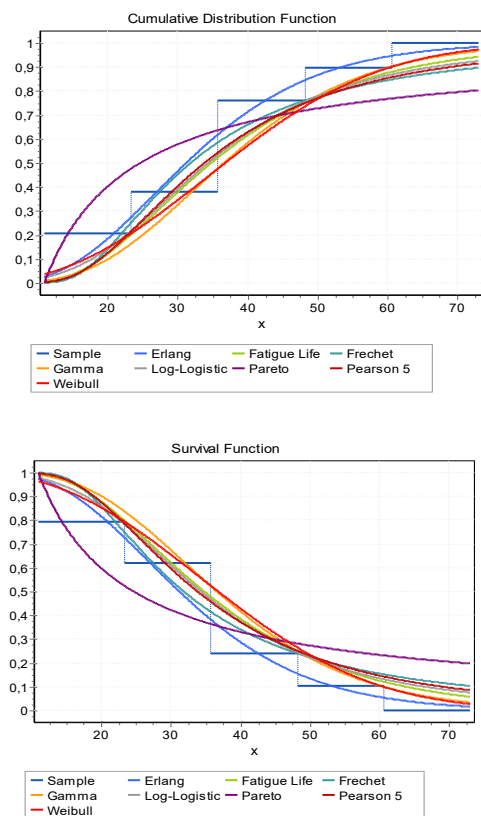
Gambar 2. Kumulatif dan Survival Januari



Gambar 3. Kumulatif dan Survival Februari



Gambar 4. Kumulatif dan Survival Maret



Gambar 5. Kumulatif dan Survival April

Sesuai pengujian hipotesis pada tabel 5-8, dapat dilihat juga gambar kurva pareto pada gambar 2-5 dan erlang pada gambar 4. Dimana pada gambar kumulatif terlihat bahwa kurva pareto lebih cepat mengalami kenaikan dan pada kurva survival kurva pareto lebih cepat turun dibandingkan dengan kurva distribusi lain. Hal yang mirip juga terjadi pada distribusi erlang pada kurva kumulatif dan survival pada gambar 5. Selanjutnya jika distribusi *Weibull* pada gambar 2 kurva kumulatif diinterpretasikan maka, probabilitas banyaknya pasien positif yang kurang dari 164 orang adalah sebesar 0.99. Sedangkan gambar 2 kurva survival diinterpretasikan sebagai probabilitas banyaknya pasien positif yang lebih dari 164 orang adalah sebesar 0.11. Interpretasi dari kurva kumulatif dan survival untuk dari distribusi *Fatigue Life*, *Frechet*, *Gamma*, *Log Logistic* dan *Pearsson Type 5* juga sama dengan interpretasi distribusi *Weibull*. Namun perbedaannya hanya terletak pada jumlah kasus positif dan probabilitasnya. Sehingga model yang dapat digunakan untuk menganalisis data Covid-19 provinsi Papua tahun 2021 adalah model *Fatigue Life*, *Frechet*, *Gamma*, *Log Logistic*, *Pearsson Type 5* dan *Weibull*

### KESIMPULAN

Selain model Johnson SB yang dapat digunakan untuk analisis data Covid-19 provinsi Papua tahun 2020. Model yang dapat digunakan untuk menganalisis data Covid-19 provinsi Papua tahun 2021 adalah model *Fatigue Life*, *Frechet*, *Gamma*, *Log Logistic*, *Pearsson Type 5* dan *Weibull*. Model yang ditunjukkan dalam penelitian ini dapat digunakan selama data masih mengikuti model tersebut. Namun perubahan model sebaran dapat terjadi jika kasus tidak mengikuti model.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, melalui Hibah Penelitian PNPB (Penerimaan Negara Bukan Pajak) tahun anggaran 2022, pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Cenderawasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Monsef, M. M. E. (2021). Erlang mixture distribution with application on COVID-19 cases in Egypt. *International Journal of Biomathematics*.  
<https://doi.org/10.1142/S1793524521500157>
- Abd El-Monsef, M. M. E., & Al-Kzzaz, H. S. (2021). Inverse power frÈchet distribution: Statistical properties, estimation and application. *Global and Stochastic Analysis*.
- Ai, Y., Zhu, S. P., Liao, D., Correia, J. A. F. O., Souto, C., De Jesus, A. M. P., & Keshtegar, B. (2019). Probabilistic modeling of fatigue life distribution and size effect of components with random defects. *International Journal of Fatigue*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.05.005>
- Alfaer, N. M., Gemeay, A. M., Aljohani, H. M., & Afify, A. Z. (2021). The extended log-logistic distribution: Inference and actuarial applications. *Mathematics*.  
<https://doi.org/10.3390/math9121386>
- Arino, J., & Portet, S. (2020). A simple model for COVID-19. *Infectious Disease Modelling*.  
<https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.04.002>
- Bai, L., & Kalaj, D. (2021). Approximation of Kolmogorov–Smirnov test statistic. *Stochastics*.  
<https://doi.org/10.1080/17442508.2020.1844705>
- Baumgartner, D., & Kolassa, J. (2021). Power considerations for Kolmogorov–Smirnov and Anderson–Darling two-sample tests. *Communications in Statistics: Simulation and Computation*.  
<https://doi.org/10.1080/03610918.2021.1928193>
- Dagpunar, J. (2019). The gamma distribution. *Significance*.  
<https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2019.01226.x>
- Gunawan, G. G., Besperi, B., & Purnama, L. (2020). Analisis Debit Banjir Rancangan Sub DAS Air Bengkulu Menggunakan Analisis Frekuensi dan Metode Distribusi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*.  
<https://doi.org/10.30630/jirs.17.1.298>
- Hanusz, Z., & Tarasińska, J. (2015). Normalization of the Kolmogorov–Smirnov and Shapiro–Wilk tests of normality. *Biometrical Letters*.  
<https://doi.org/10.1515/bile-2015-0008>
- Hincal, E., & Alsaadi, S. (2019). Posterior analysis of weighted Erlang distribution. *AIP Conference Proceedings*.  
<https://doi.org/10.1063/1.5136185>
- Ibrahim, A., & Kalaf, B. A. (2022). Estimation of the survival function based on the log-logistic distribution. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*.  
<https://doi.org/10.22075/IJNAA.2022.5466>
- Kamalov, F., & Denisov, D. (2020). Gamma distribution-based sampling for imbalanced data. *Knowledge-Based Systems*.  
<https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106368>
- Lei, W. S., Zhang, P., Yu, Z., & Qian, G. (2020). Statistics of ceramic strength: Use ordinary Weibull distribution



- function or Weibull statistical fracture theory? *Ceramics International*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.05.024>
- Lima, S. R., & Cordeiro, G. M. (2017). The extended log-logistic distribution: Properties and application. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*.  
<https://doi.org/10.1590/0001-3765201720150579>
- Liu, F., Zhou, S., Xia, C., Zeng, D., & Shi, T. (2016). Optimization of fatigue life distribution model and establishment of probabilistic S–N curves for a 165 ksi grade super high strength drill pipe steel. *Journal of Petroleum Science and Engineering*.  
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.06.018>
- Malik, A. S., & Ahmad, S. P. (2020). An Extension of Log-Logistic Distribution for Analyzing Survival Data. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*.  
<https://doi.org/10.18187/PJSOR.V16I4.2961>
- Mierlus-Mazilu, I. (2010). On generalized pareto distributions. *Romanian Journal of Economic Forecasting*.
- Nadarajah, S., & Gupta, A. K. (2006). Some bivariate gamma distributions. *Applied Mathematics Letters*.  
<https://doi.org/10.1016/j.aml.2005.10.007>
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*.  
<https://doi.org/doi:10.1515/bile-2015-0008>
- Reba, F., & Sroyer, A. (2021). Analisis Kumulatif Covid-19 Provinsi Papua Tahun 2020 Menggunakan Model Distribusi Johnson Sb. *STATISTIKA Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, 21(1), 21–28.  
<https://doi.org/10.29313/jstat.v21i1.7820>
- Shahbaz, S. H., Al-Sobhi, M., Shahbaz, M. Q., & Al-Zahrani, B. (2018). A new multivariate Weibull distribution. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*.  
<https://doi.org/10.18187/pjsor.v14i1.2192>
- Sharpe, J., & Juárez, M. A. (2021). Estimation of the Pareto and related distributions—A reference-intrinsic approach. *Communications in Statistics - Theory and Methods*.  
<https://doi.org/10.1080/03610926.2021.1916826>
- Sijbers, J., Den Dekker, A. J., Scheunders, P., & Van Dyck, D. (1998). Maximum-likelihood estimation of rician distribution parameters. *IEEE Transactions on Medical Imaging*.  
<https://doi.org/10.1109/42.712125>
- Sukkiramathi, K., & Seshaiyah, C. V. (2020). Analysis of wind power potential by the three-parameter Weibull distribution to install a wind turbine. *Energy Exploration and Exploitation*.  
<https://doi.org/10.1177/0144598719871628>
- Sutrisno, A. J., Kaswanto, & Hadi Susilo. (2020). Analisis Prediksi dan Hubungan antara Debit Air dan Curah Hujan pada Sungai Ciliwung di Kota Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*.  
<https://doi.org/10.29244/jpsl.10.1.25-33>
- Tejo, M., Niklitschek-Soto, S., & Marmolejo-Ramos, F. (2018). Fatigue-life distributions for reaction time data. *Cognitive Neurodynamics*.  
<https://doi.org/10.1007/s11571-017-9473-x>
- Wais, P. (2017). Two and three-parameter Weibull distribution in available

- wind power analysis. *Renewable Energy*.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.041>
- Wang, S., & Gui, W. (2020). Corrected maximum likelihood estimations of the lognormal distribution parameters. *Symmetry*.  
<https://doi.org/10.3390/SYM12060968>
- Wickramaarachchi, T. N. (2021). Flood Discharge Estimation in Baddegama Using Pearson Type III and Gumbel Distributions. In *Springer Water*.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-54612-4\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54612-4_24)
- Wu, M. H., Wang, J. P., & Ku, K. W. (2019). Earthquake, Poisson and Weibull distributions. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*.  
<https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.237>
- Yang, F., Ren, H., & Hu, Z. (2019). Maximum likelihood estimation for three-parameter weibull distribution using evolutionary strategy. *Mathematical Problems in Engineering*.  
<https://doi.org/10.1155/2019/6281781>
- Zayed, M., & Butt, N. S. (2017). The extended Fréchet distribution: Properties and applications. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*.  
<https://doi.org/10.18187/pjsor.v13i3.2058>
- Zheng, X., Chiang, J. Y., Tsai, T. R., & Wang, S. (2021). Estimating the failure rate of the log-logistic distribution by smooth adaptive and bias-correction methods. *Computers and Industrial Engineering*.  
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107188>