

# Perankingan Proporsi Kematian Pasien Covid-19 di Indonesia Menggunakan Metode Bayes

MUHAMMAD QOLBI SHOBRI<sup>1</sup>, FERRA YANUAR<sup>2</sup>, DODI DEVIANTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Andalas, Indonesia

<sup>2</sup>Universitas Andalas, Indonesia

<sup>3</sup>Universitas Andalas, Indonesia

e-mail: 17qolbi@gmail.com

## ABSTRAK

Jumlah kematian akibat terinfeksi *Coronavirus Deases 2019* (Covid-19) kian hari kian bertambah. Hal ini dikarenakan belum ada obat yang tepat dan penanganan yang baik dalam mengatasi Covid-19 ini. Hampir setiap provinsi di Indonesia angka kematian akibat terinfeksi penyakit ini terbilang cukup memprihatinkan. Hal ini perlu dilakukan perankingan wilayah untuk melihat pemusatan daerah yang memiliki tingkat proporsi kematian yang tinggi. Perankingan adalah upaya untuk mengurutkan sesuatu dari yang terbaik sampai yang terburuk dan sebaliknya. Nilai yang diurutkan berdasarkan hasil pendugaan parameter populasi seperti *mean*, standar deviasi, proporsi dan lain sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perankingan proporsi kematian pasien Covid-19 di Indonesia dengan menggunakan metode Bayes. Metode bayes merupakan salah satu teknik pendugaan parameter yang menggunakan fungsi *likelihood* dengan fungsi distribusi prior untuk memperoleh distribusi posterior. Nilai *mean* dari distribusi posterior akan dijadikan parameter dugaan dari metode Bayes. Data penelitian ini diasumsikan berdistribusi Binomial dengan parameter  $p$  sebagai proporsi tingkat kematian. Dari penelitian ini diperoleh bahwa provinsi Jawa Timur, Lampung dan Sumatera Selatan merupakan daerah dengan proporsi kematian pasien Covid-19 tertinggi. Sementara itu, provinsi Jawa Barat, Kalimantan Barat dan Papua memiliki proporsi kematian pasien Covid-19 yang lebih rendah dibandingkan dengan provinsi lainnya.

Kata Kunci: Distribusi Binomial, Metode Bayes, Ranking, WinBUGS, *Coronavirus Deases 2019* (Covid-19).

## ABSTRACT

The number of deaths due to being infected with the 2019 Coronavirus Diseases (Covid-19) is increasing day by day. This is because there is no proper medicine and good treatment to deal with Covid-19. Almost every province in Indonesia, the number of deaths due to infection with this disease is quite alarming. It is necessary to rank regions to see the concentration of regions that have a high mortality ratio. Ranking is an attempt to rank things from best to worst and vice versa. The values are sorted based on the estimation results of population parameters such as mean, standard deviation, proportion and so on. This study aims to rank the proportion of deaths of Covid-19 patients in Indonesia using the Bayes method. Bayes method is a parameter estimation technique that uses a likelihood function with a prior distribution function to obtain a posterior distribution. The mean value of the posterior distribution will be used as the estimated parameter of the Bayes method. The research data is assumed to have a binomial distribution with the parameter  $p$  as the proportion of the mortality rate. From this study, it was found that the provinces of East Java, Lampung and South Sumatra were the areas with the highest proportion of deaths from Covid-19 patients. Meanwhile, the provinces of West Java, West Kalimantan and Papua have a lower proportion of Covid-19 patient deaths compared to other provinces.

Keywords: Binomial Distribution, Bayes Method, Ranking, WinBUGS, *Coronavirus Diseases 2019* (Covid-19).

## 1. PENDAHULUAN

*Coronavirus Dicaes* (Covid-19) merupakan jenis penyakit baru yang ditemukan tahun 2019 yang disebabkan oleh SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*). Penyakit ini dapat menyebabkan penyakit dengan gejala ringan sampai berat. Ada dua jenis virus corona yang dapat menyebabkan gejala berat yaitu *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS) dan *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS)(Yuliana, 2020). SARS-CoV-2 merupakan jenis virus corona yang tergolong kedalam virus yang dapat menyebabkan gejala berat yang dapat menyebabkan kematian. Virus ini menyebar secara cepat melalui kontak manusia dan hewan serta manusia dan manusia (Isbaniah, 2020).

Di Indonesia virus ini mulai masuk pada awal Maret di daerah Depok, Jakarta. Saat ini (25/06/2021) jumlah pasien yang positif terinfeksi Covid-19 sebanyak 2.072.867 pasien yang telah tersebar di berbagai daerah Indonesia dengan pasien yang meninggal dunia sebanyak 56.371 jiwa dan akan semakin bertambah setiap harinya. Hal ini perlu dilakukan penanganan yang tepat dan khusus dalam menghadapi kasus ini, jika tidak akan berakibat fatal yang dapat menyebabkan kematian berkelanjutan.

Proporsi kematian akibat terinfeksi Covid-19 dapat menggambarkan bahwa pemusatan kematian akibat Covid-19 di suatu daerah. Proporsi merupakan parameter yang tidak diketahui nilainya secara keseluruhan, sehingga perlu dilakukan pendugaan parameter. Pendugaan parameter meliputi pendugaan titik dan pendugaan selang. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menduga parameter adalah metode Bayes. Metode Bayes adalah suatu metode yang menggunakan fungsi *likelihood* dan distribusi prior dalam pendugaan parameter. Pada metode Bayes, parameter dianggap sebagai variabel acak yang menggambarkan pengetahuan awal tentang parameter sebelum pengamatan dilakukan dan dinyatakan dalam suatu distribusi yang disebut dengan distribusi prior. Setelah pengamatan dilakukan, informasi dalam distribusi prior dikombinasikan dengan informasi dengan data sampel (*likelihood*) melalui teorema Bayes, dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk distribusi yang disebut posterior (Box, 1973).

Pada penelitian ini akan dilakukan perankingan proporsi kematian akibat terinfeksi Covid-19 untuk setiap provinsi di Indonesia. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk melihat proporsi kematian untuk setiap provinsi di Indonesia.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Distribusi Binomial

Suatu variabel acak  $X$  dikatakan memiliki berdistribusi Binomial. Jika fungsi kepadatan peluangnya adalah sebagai berikut (Walpole, 2011):

$$f(x) = \begin{cases} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, & x = 0, 1, 2, \dots, n \\ 0, & x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (1)$$

Nilai *mean* dan variansi dari distribusi Binomial adalah  $E(X) = np$  dan  $Var(X) = np(1-p)$ .

### Distribusi Uniform

Variabel acak  $X$  berdistribusi Uniform (seragam) di interval  $[a, b]$  dimana  $-\infty < a < b < \infty$  jika memiliki fungsi kepadatan peluang sebagai berikut (Walpole, 2011):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

Nilai *mean* dan variansi dari distribusi Uniform adalah  $E(X) = \frac{a+b}{2}$  dan  $Var(X) = \frac{(b-a)^2}{12}$ .

### Distribusi Beta

Suatu variabel acak  $X$  dikatakan memiliki berdistribusi Beta dengan parameter  $a$  dan  $b$ . Jika fungsi kepadatan peluangnya adalah sebagai berikut (Walpole, 2011):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta(a,b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1}, & 0 < x < 1 \\ 0, & x \text{ lainnya} \end{cases} \quad (3)$$

dimana  $\beta(a, b) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)}$

Nilai *mean* dan variansi dari distribusi Beta adalah  $E(X) = \frac{a}{a+b}$  dan  $Var(X) = \frac{ab}{(a+b)^2(a+b+1)}$ .

### Metode Bayes

Pendugaan parameter dengan metode Bayes adalah pendugaan parameter dengan memanfaatkan informasi awal (distribusi prior) dan informasi dari data (likelihood). Nilai dugaan parameter dari metode Bayes adalah nilai mean dari distribusi posterior.

### Fungsi Likelihood

**Definisi:** Fungsi kepadatan peluang bersama dari  $n$  peubah acak  $X_1, X_2, \dots, X_n$  dengan nilai  $x_1, x_2, \dots, x_n$  dinotasikan dengan  $f(x_1, x_2, \dots, x_n | p)$  yang merupakan fungsi likelihood. Untuk nilai  $x_1, x_2, \dots, x_n$  tertentu, fungsi likelihood-nya merupakan fungsi dari parameter  $p$ . Jika  $X_1, X_2, \dots, X_n$  merupakan sampel acak yang saling bebas maka;

$$\begin{aligned} L(p) &= f(x_1, p)f(x_2, p) \dots f(x_n, p) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i, p) \end{aligned} \quad (4)$$

### Distribusi Prior

Distribusi prior merupakan distribusi awal yang memberikan informasi mengenai parameter. Berkaitan dengan penentuan masing-masing parameter, distribusi prior dibagi menjadi dua bagian yaitu (Box, 1973):

- Distribusi prior informatif merupakan distribusi prior yang mengacu pada pemberian nilai parameter dari distribusi prior yang telah dipilih baik distribusi prior konjugat atau nonkonjugat. Pemberian nilai parameter pada distribusi prior ini akan sangat mempengaruhi bentuk distribusi posterior yang akan didapatkan pada informasi data yang diperoleh.
- Distribusi prior non-informatif merupakan pemilihan distribusi priornya tidak didasarkan pada data yang ada.

### Distribusi Posterior

Secara umum distribusi posterior dapat dinyatakan sebagai fungsi kepadatan peluang bersyarat dari  $p$  jika diketahui nilai observasi  $x$ , misalkan  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  dapat ditulis (Walpole, 2011):

$$f(p|x) = \frac{L(p)f(p)}{g(x)} \quad (5)$$

dimana:

$$g(x) = \begin{cases} \sum L(p) f(p) & , \text{untuk } p \text{ diskret} \\ \int_{-\infty}^{\infty} L(p) f(p) dp & , \text{untuk } p \text{ kontinu} \end{cases}$$

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder dari [www.covid19.go.id](http://www.covid19.go.id). yaitu data perkembangan Covid-19 di Indonesia per provinsi yang diambil pada 25 Juni 2021.

**Tabel 1** Sebaran Kasus Covid-19 di Indonesia per 25 Juni 2021

No	Provinsi	Terkonfirmasi Positif Covid-19	Meninggal
1	Aceh	18.439	745
2	Bali	48.562	1536
3	Banten	53.472	1323
4	Bengkulu	9.178	187
5	Daerah Istimewa Yogyakarta	53.978	1395
6	DKI Jakarta	482.264	7922
7	Gorontalo	5.690	180
8	Jambi	12.171	233
9	Jawa Barat	350.719	4708
10	Jawa Tengah	232.839	10025
11	Jawa Timur	165.013	12095
12	Kalimantan Barat	13.367	170
13	Kalimantan Selatan	35.607	1053
14	Kalimantan Tengah	24.570	529
15	Kalimantan Timur	74.069	1764
16	Kalimantan Utara	12.707	195
17	Kepulauan Bangka Belitung	20336	321
18	Kepulauan Riau	22680	468
19	Lampung	20392	1086
20	Maluku	8097	133
21	Maluku Utara	4749	123
22	Nusa Tenggara Barat	12803	483
23	Nusa Tenggara Timur	17468	451
24	Papua	20720	213
25	Papua Barat	9725	178
26	Riau	68154	1851
27	Sulawesi Barat	5667	121
28	Sulawesi Selatan	63160	964
29	Sulawesi Tengah	13260	387
30	Sulawesi Tenggara	10791	223
31	Sulawesi Utara	16008	551
32	Sumatera Barat	49206	1136
33	Sumatera Selatan	27370	1386
34	Sumatera Utara	34869	1158

Data pada Tabel 1 selanjutnya dilakukan pendugaan parameter yaitu proporsi kematian pasien Covid-19 setiap provinsi di Indonesia menggunakan metode Bayes. Jumlah kematian pasien Covid-19 di Indonesia diasumsikan berdistribusi Binomial dengan proporsinya dianggap sebagai parameter  $p$ . Kemudian distribusi prior yang digunakan adalah distribusi Uniform  $(0,1)$ . Distribusi posterior yang diperoleh adalah distribusi Beta  $(a^*, b^*)$  dengan parameternya  $a^* = x + 1$  dan  $b^* = n - x + 1$  atau dapat ditulis menjadi  $p \sim \text{Beta}(x + 1, n - x + 1)$ .

Pada WinBugs, nilai parameter proporsi diduga dengan pendekatan Bayesian *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC), yaitu pendekatan numerik untuk mendapatkan distribusi posterior khususnya jika distribusi posterior dari parameter yang diduga memiliki bentuk yang rumit. Pendugaan parameter Bayes menggunakan WinBugs dilakukan sebanyak 20.000 iterasi untuk menghasilkan pendugaan yang lebih teliti, konvergen dalam suatu selang nilai dan mendekati nilai parameter yang sebenarnya (Ntzoufras, 1973). Selanjutnya dilakukan perankingan jumlah kematian akibat terinfeksi Covid-19 berdasarkan nilai parameter penduga proporsinya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendugaan proporsi kematian pasien covid-19 menggunakan metode bayes dilakukan dengan mencari nilai mean dari posterior. Adapun hasil pendugaan nilai mean posterior dapat dilihat pada Tabel 2. berikut ini

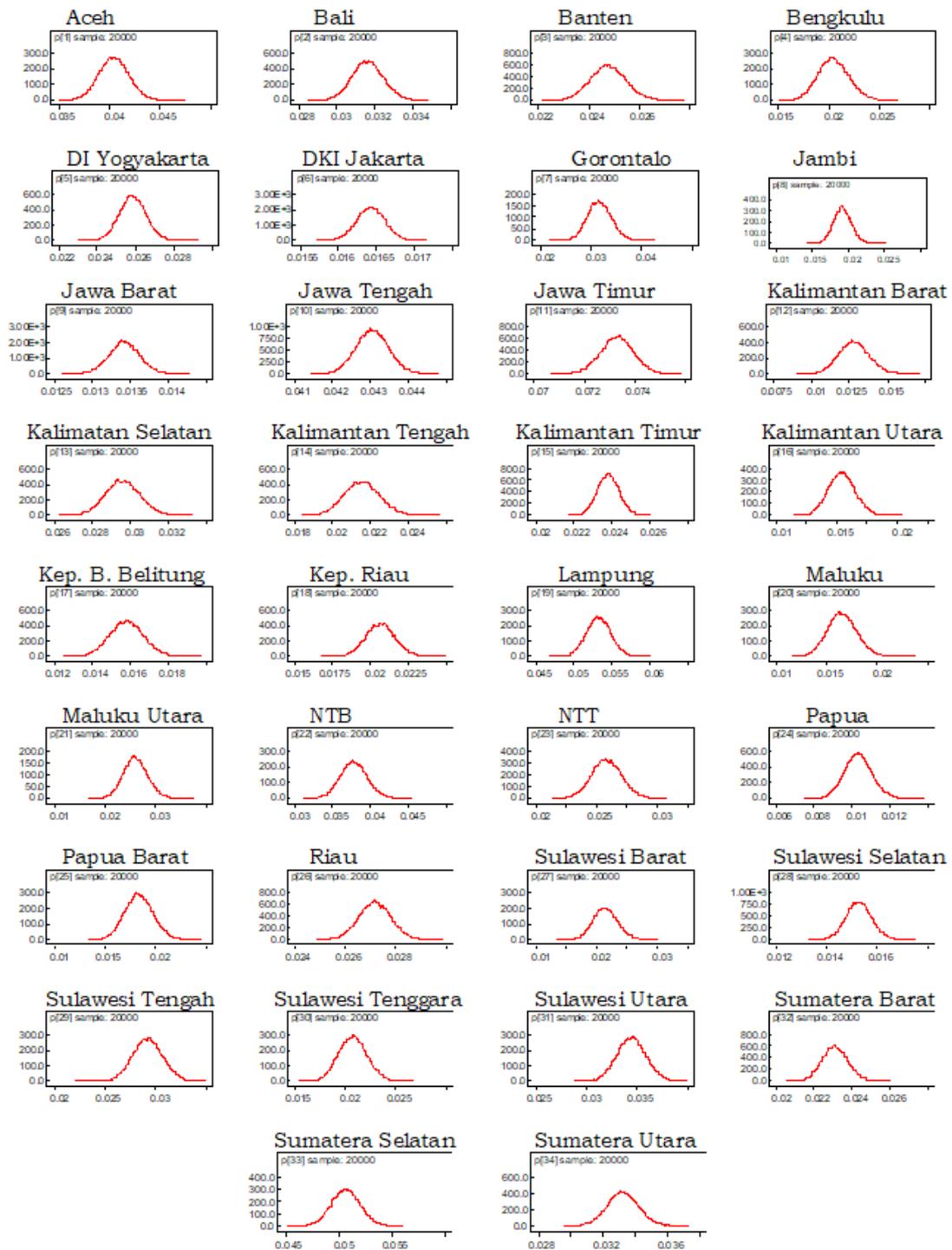
**Tabel 2** Hasil Pendugaan Proporsi Kematian Pasien Covid-19 di Indonesia

No	Provinsi	mean	Sd	MC error	2.5%	median	97.5%
1	Papua	0,010	0,8935	6,12E-03	0,028	0,030	0,031
2	Kalimantan Barat	0,013	0,9538	7,01E-03	0,019	0,021	0,023
3	Jawa Barat	0,013	0,0014	8,97E-03	0,016	0,018	0,021
4	Sulawesi Selatan	0,015	0,0014	1,04E-02	0,032	0,034	0,037
5	Kalimantan Utara	0,015	0,6774	4,31E-06	0,022	0,023	0,024
6	Kepulauan Bangka Belitung	0,016	0,5627	3,84E-03	0,023	0,024	0,025
7	DKI Jakarta	0,016	0,8773	5,72E-03	0,014	0,016	0,018
8	Maluku	0,017	0,0012	8,04E-03	0,024	0,026	0,028
9	Papua Barat	0,018	0,7891	5,95E-03	0,030	0,032	0,033
10	Jambi	0,019	0,0014	9,84E-03	0,014	0,017	0,019
11	Bengkulu	0,020	0,4924	3,09E-03	0,014	0,015	0,016
12	Kepulauan Riau	0,021	0,6731	4,69E-03	0,023	0,025	0,026
13	Sulawesi Tenggara	0,021	0,0014	1,06E-02	0,038	0,040	0,043
14	Sulawesi Barat	0,022	0,9693	7,62E-03	0,031	0,033	0,035
15	Kalimantan Tengah	0,022	0,0019	1,35E-02	0,018	0,021	0,026
16	Sumatera Barat	0,023	0,0013	1,03E-02	0,048	0,051	0,053
17	Kalimantan Timur	0,024	0,9236	6,87E-03	0,020	0,022	0,023
18	Banten	0,025	0,0002	1,45E-03	0,013	0,013	0,014
19	Daerah Istimewa Yogyakarta	0,026	0,0011	8,19E-03	0,013	0,015	0,018
20	Nusa Tenggara Timur	0,026	0,0015	1,09E-02	0,026	0,029	0,032
21	Maluku Barat	0,026	0,0023	1,66E-02	0,022	0,026	0,031
22	Riau	0,027	0,0023	1,48E-02	0,027	0,032	0,037
23	Sulawesi Tengah	0,029	0,0017	1,12E-02	0,035	0,038	0,041
24	Kalimantan Selatan	0,030	0,0014	9,49E-03	0,018	0,021	0,024
25	Bali	0,032	0,0010	6,35E-03	0,011	0,013	0,015
26	Gorontalo	0,032	0,1841	1,33E-03	0,016	0,016	0,017
27	Sumatera Utara	0,033	0,0006	4,34E-03	0,072	0,073	0,075
28	Sulawesi Utara	0,034	0,4238	3,23E-03	0,042	0,043	0,044
29	Nusa Tenggara Barat	0,038	0,6202	4,39E-03	0,026	0,027	0,028
30	Aceh	0,040	0,7008	5,09E-03	0,009	0,010	0,012
31	Jawa Tengah	0,043	0,0012	9,04E-03	0,017	0,019	0,022
32	Sumatera Selatan	0,051	0,0016	1,10E-02	0,050	0,053	0,056
33	Lampung	0,053	0,6899	4,72E-03	0,025	0,026	0,027
34	Jawa Timur	0,073	0,0015	1,14E-05	0,018	0,020	0,024

Dari Tabel 2. di atas dapat dilihat bahwa nilai *mean posterior* yang mewakili penduga proporsi Bayes dari Provinsi Jawa Timur merupakan nilai *mean* tertinggi, yaitu 0,073 atau 7,3% dengan selang kepercayaan 97,5% dari penduga proporsi adalah [0,072 ; 0,075]. Selanjutnya disusul oleh provinsi Lampung dengan nilai proporsi sebesar 0,053 atau 5,3%. Di urutan ketiga diisi oleh provinsi Sumatera Selatan dengan proporsi sebesar 0,051 dan seterusnya. Hal ini menunjukkan bahwa provinsi tersebut memiliki tingkat kematian yang lebih tinggi dibandingkan dengan provinsi lainnya di Indonesia.

Provinsi dengan proporsi kematian terendah adalah provinsi Papua dengan proporsi sebesar 0,010 atau 1%, Kalimantan Barat sebesar 0,013 dan Jawa Barat sebesar 0,013. Provinsi dengan proporsi terendah menunjukkan bahwa provinsi tersebut memiliki tingkat kematian pasien Covid-19 yang lebih rendah dibandingkan dengan provinsi lainnya. Jika dilihat dari jumlah kasus yang terinfeksi Covid-19 yang terbanyak adalah DKI Jakarta dengan jumlah kasus 482.264 dengan jumlah kematian sebanyak 7.922 pasien. Namun dengan menggunakan metode Bayes ini menghasilkan proporsi kematian untuk DKI Jakarta berada di posisi ke-28. Ini bisa dikatakan bahwa pelayanan dan penanganan pasien Covid-19 di Provinsi DKI Jakarta terbilang cukup baik dibandingkan provinsi lainnya.

Nilai dugaan dari metode Bayes selanjutnya akan diuji kekonvergenannya. Adapun uji kekonvergenan dapat dilakukan dengan melihat *Density plot* dan *Trace plot*. Adapun hasil *Density plot* untuk proporsi kematian pasien Covid-19 untuk setiap Provinsi di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1. berikut ini.



**Gambar 1** Density Plot untuk Pendugaan Proporsi Kematian pasien Covid-19 di Indonesia

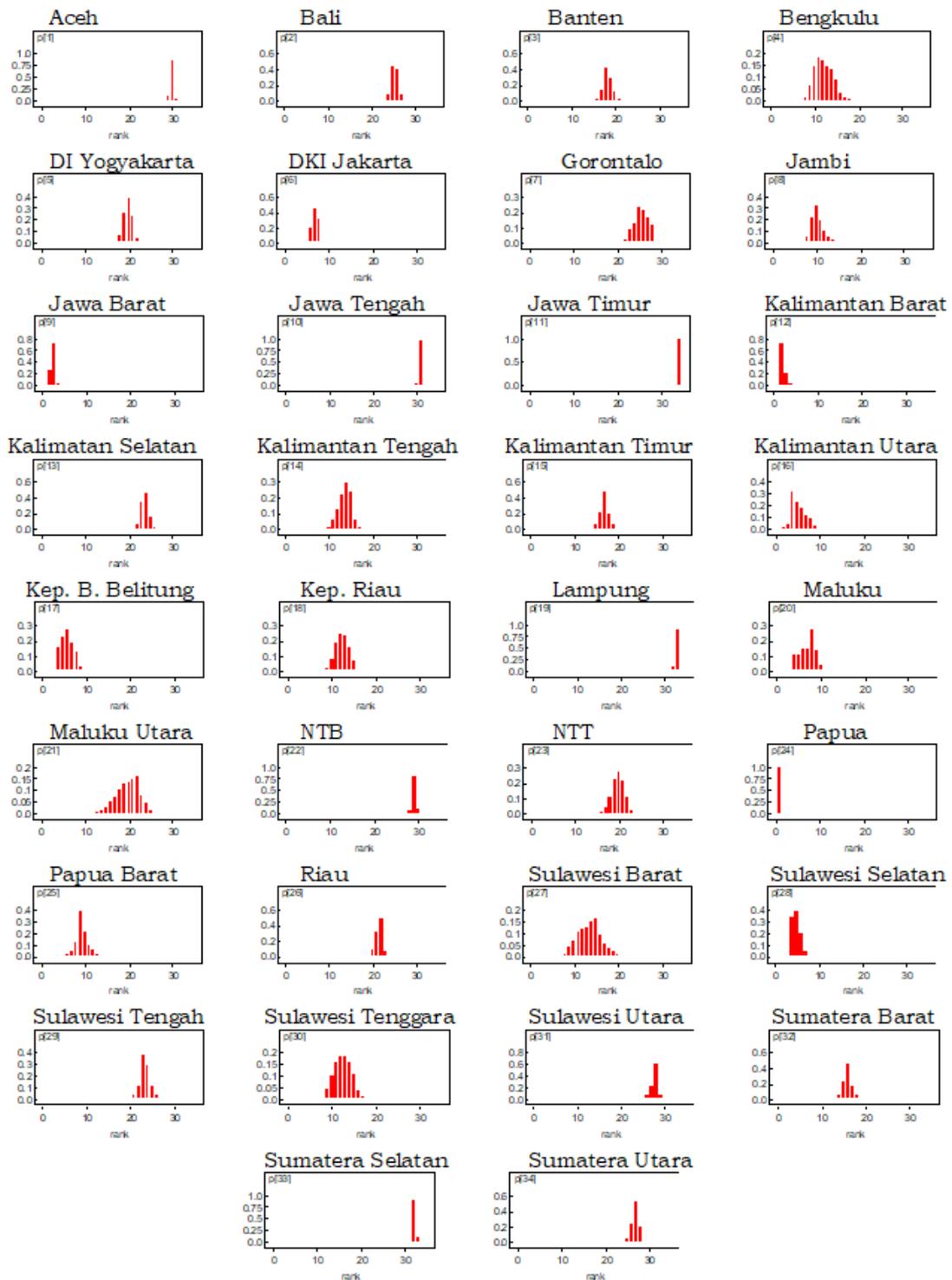
Pada Gambar 1. Terlihat bahwa plot yang dihasilkan sudah baik dan cenderung halus. Serta pola dari *Density plot* sudah menyerupai kurva distribusi Normal. ini menunjukkan bahwa asumsi kekonvergenan terpenuhi. Selanjutnya kekonvergenan parameter juga dilihat dari *Trace pPlot* yang dihasilkan. Berikut adalah hasil *Trace plot* dari dugaan proporsi kematian pasien Covid-19 pada masing-masing provinsi di Indonesia.



**Gambar 2** Trace plot untuk Pendugaan Proporsi Kematian pasien Covid-19 di Indonesia

Berdasarkan Gambar 2. terlihat bahwa sebaran data iterasi telah konstan dan stabil yang terletak diantara selang pendugaan. Pada *History Trace Plot* di atas juga terlihat sangat rapat sehingga mampu merespon masing-masing parameter penduganya sehingga dapat disimpulkan bahwa uji kekonvergen terpenuhi.

Setelah diperoleh parameter (nilai proporsi) yang konvergen, selanjutnya nilai dugaan proporsi kematian pasien Covid-19 dilakukan perankingan dan ditampilkan dalam bentuk histogram seperti pada Gambar 3. berikut ini.

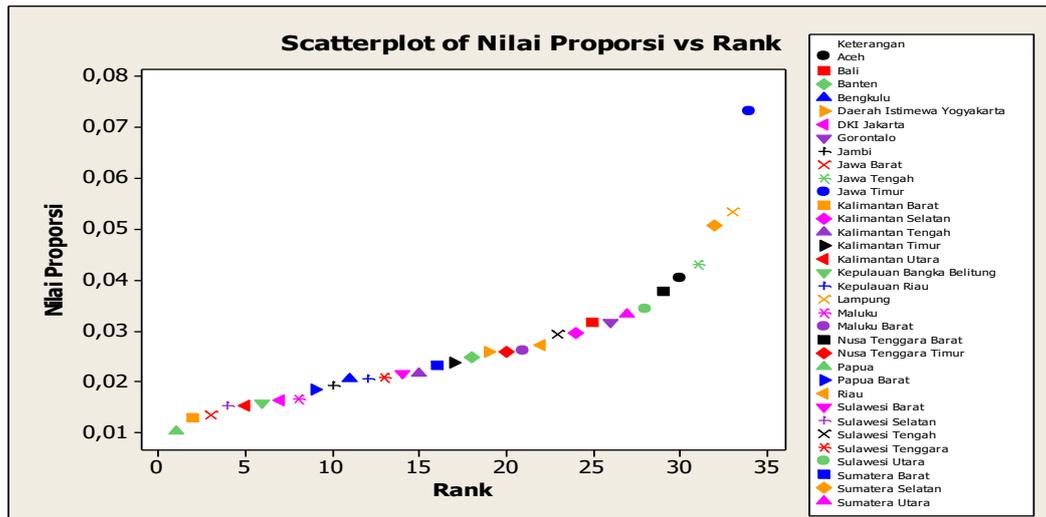


**Gambar 3** Histogram Rank dari Proporsi Kematian Pasien Covid-19 Setiap Provinsi di Indonesia

Dari Gambar 3. dapat diketahui provinsi mana saja yang memiliki nilai proporsi kematian pasien Covid-19 dari yang tertinggi sampai terendah. Perankingan yang tunjukkan pada histogram menyatakan tinggi rendahnya nilai dugaan proporsi dari masing-masing provinsi. Pada Gambar 3. terlihat bahwa ranking pertama adalah provinsi Papua, ini menjelaskan bahwa

Papua memiliki nilai penduga proporsi terendah dibandingkan dengan provinsi lainnya dan berlaku seterusnya untuk provinsi lainnya.

Histogram pada Gambar 3. juga menjelaskan besar peluang ranking yang dimiliki oleh setiap provinsi. Misalnya pada histogram provinsi Papua memiliki nilai peluang mendekati 1 untuk berada di posisi ranking pertama dan Jawa Timur memiliki nilai peluang mendekati 1 untuk berada di ranking ke-34, begitu juga halnya dengan provinsi-provinsi lainnya. Untuk lebih jelaskan perankingan ini dapat juga dilihat hasil *Scatterplot* dari nilai proporsi kematian pasien Covid-19 di Indonesia pada Gambar 4. berikut ini.



**Gambar 4** Scatterplot Perankingan Kematian Pasien Covid-19 setiap Provinsi di Indonesia

Pada Gambar 4. terlihat bahwa perankingan untuk masing-masing provinsi berdasarkan nilai proporsi kematian pasien Covid-19 di Indonesia yang diurutkan dari nilai proporsi terendah sampai tertinggi. Dari gambar tersebut terlihat bahwa ranking pertama adalah provinsi Papua, disusul oleh Kalimantan Barat dan Jawa Barat. Untuk tiga ranking terakhir di Sumatera Selatan, Lampung dan Jawa Timur.

Provinsi dengan nilai proporsi tertinggi menyatakan bahwa tingkat kematian pada provinsi tersebut tinggi. Misalkan pada penelitian ini provinsi Jawa timur memperoleh nilai proporsi tertinggi dibandingkan dengan provinsi lainnya, ini menyatakan bahwa tingkat kematian di provinsi Jawa Timur merupakan provinsi dengan tingkat kematian pasien Covid-19 tertinggi di Indonesia. Sementara itu, provinsi papua merupakan provinsi dengan tingkat kematian pasien Covid-19 terendah dibandingkan dengan provinsi lainnya di Indonesia.

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dapat disimpulkan bahwa pendugaan proporsi kematian pasien Covid-19 di Indonesia menggunakan metode Bayes diperoleh bahwa Provinsi Jawa Timur, Lampung dan Sumatera Selatan adalah provinsi dengan proporsi kematian pasien Covid-19 yang tertinggi. Sementara itu, provinsi dengan tingkat proporsi kematian pasien Covid-19 terendah adalah provinsi Jawa Barat, Kalimantan Barat dan Papua. Hal ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pemerintah dan pihak medis serta seluruh masyarakat untuk meningkatkan pelayanan dan penanganan yang baik terutama daerah yang memiliki tingkat proporsi kematian akibat terinfeksi Covid-19 yang tinggi sehingga dapat meminimalisir angka kematian akibat penyakit Covid-19.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Box, G.E.P. dan Tiao, G.C. (1973). *Bayesian Inference in Statistical Analysis*. Philippines: Addison Wesley Company. Inc.
- Burhan, Erlina dkk. (2020). *Pneumia Covid-19*. Perhimpunan Dokter Paru Indonesia: Jakarta.
- Isbaniah, Fathiyah dkk. (2020). *Pedoman Kesiapsagaan Menghadapi Coronavirus Diases (Covid-19)*. Kementrian Kesehatan RI.
- NN. (2021). Data Penyebaran COVID-19. <https://covid19.go.id/> (diakses pada 25 Juni 2021).
- Ntzoufras, I. (1973). *Bayesian Modelling Using WinBUGS*. Greece: Departement of Statistics Athens University of Economics and Bussines.
- Walpole, R.E., Myers, S.L. dan Ye, K. (2011). *Probability & Statistics for Engineers & Scientists Ninth Edition*. United State of America: Pearson Education, Inc.
- Yuliana. (2020). Coronavirus Diases (Covid-19) : Sebuah Tinjauan Literatur. *Wellness and Healty Magazine*, 2(1), 187-192.