



MONOGRAF
MODEL SEBARAN FREKUENSI

GEMPA BUMI SUSULAN

(Studi Kasus Gempa Bumi Nabire)

Felix Reba

Biografi Penulis



Felix Reba, S.Si., M. Sc. Lulus S1 di Program Studi Matematika FMIPA Universitas Cenderawasih tahun 2008, lulus S2 di Program Master of Science, Universitas Gadjadara tahun 2017. Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Matematika FMIPA Universitas Cenderawasih. Mengampuh mata kuliah Analisis Data, Analisis Deret Waktu dan Kecerdasan Buatan. Pernah menjadi dosen kontrak di Universitas Ottowa dan Geissler, Papua. Aktif menulis artikel di jurnal ilmiah dan menjadi narasumber dalam seminar konferensi Nasional. Tulisannya tentang *The Analysis of Phytoplankton Abundance Using Weibull Distribution (A Case Study in the Coastal Area of East Yapan in the Regency of Yapan Islands, Papua)* telah dimuat di *Internasional Journal, Canadian Center of Science and Education*. Tulisan lain yang dimuat di jurnal nasional adalah *Analisis Kumulatif Covid-19 Provinsi Papua Tahun 2020 Menggunakan Model Distribusi Johnson SB*, Jurusan Statistik, Universitas Islam Bandung.

**MONOGRAF MODEL SEBARAN
FREKUENSI GEMPA BUMI SUSULAN
(STUDI KASUS GEMPA BUMI NABIRE)**

Felix Reba



PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**MONOGRAF MODEL SEBARAN FREKUENSI GEMPA BUMI
SUSULAN (STUDI KASUS GEMPA BUMI NABIRE)**

Penulis : Felix Reba

Editor : Darmawan Edi Winoto, S.Pd., M.Pd.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Via Maria Ulfah

ISBN : 978-623-5251-08-0

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, FEBRUARI 2022**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2022

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan buku ini. Penulisan buku merupakan buah karya dari pemikiran penulis yang diberi judul **MONOGRAF MODEL SEBARAN FREKUENSI GEMPA BUMI SUSULAN (STUDI KASUS GEMPA BUMI NABIRE)**. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca.

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Indonesia merupakan salah satu negara yang termasuk rawan gempa, hal ini dikarenakan Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik benua, yaitu: lempeng Asia bergerak dari utara ke selatan tenggara, lempeng Samudera Hindia Australia bergerak dari selatan menuju utara dan lempeng Pasifik yang bergerak dari timur ke barat. Akibat dari gerakan ketiga lempeng ini menimbulkan unsur-unsur tektonik lainnya seperti sesar, patahan lokal, lipatan, tanah turun dan sebagainya. Kondisi ini menjadikan wilayah Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi. Salah satunya termasuk di daerah Papua dan Papua Barat. Kondisi ini menyebabkan wilayah Papua dan Papua Barat banyak digoncang gempa bumi.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan guna penyempurnaan buku ini. Akhir kata penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga buku ini akan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
F. Tinjauan Pustaka.....	4
G. Metodologi Penelitian.....	6
BAB 2 DASAR TEORI.....	8
A. Fungsi Survival, CDF, PDF dan Hazard.....	8
B. Distribusi Weibull.....	12
C. Fungsi-fungsi Distribusi Weibull Dua Parameter.....	13
D. Distribusi Peluang Poisson.....	16
E. Fungsi Likelihood.....	22
F. Matriks Hessian.....	23
G. Newton Raphson.....	23
H. Mean dan Variansi Distribusi Weibull dan Poisson.....	24
I. Besaran Untuk Mengukur Gempa Bumi.....	25
J. Uji Hipotesis Chi Square.....	31
BAB 3 ESTIMASI PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL DAN POISSON.....	36
A. Distribusi Weibull.....	36
B. Estimasi Parameter Distribusi Weibull.....	39
C. Fungsi Survival Distribusi Poisson.....	42
D. Estimasi Parameter Distribusi Poisson dengan MLE.....	47
E. Magnitude dan Besar Energi.....	48
BAB 4 STUDI KASUS.....	49
A. Jenis dan Sumber Data.....	49
B. Uji Data.....	50

C. Estimasi Parameter Data Frekuensi Gempa Bumi	
Susulan	52
D. Substitusi Parameter pada Persamaan Distribusi Weibull dan Poisson	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	65
A. Kesimpulan	65
B. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	69
TENTANG PENULIS.....	100



**MONOGRAF MODEL SEBARAN
FREKUENSI GEMPA BUMI SUSULAN
(STUDI KASUS GEMPA BUMI NABIRE)**



BAB

1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Indonesia merupakan salah satu negara yang termasuk rawan gempa, hal ini dikarenakan Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik benua, yaitu: lempeng Asia bergerak dari utara ke selatan tenggara, lempeng Samudera Hindia Australia bergerak dari selatan menuju utara dan lempeng Pasifik yang bergerak dari timur ke barat. Akibat dari gerakan ketiga lempeng ini menimbulkan unsur-unsur tektonik lainnya seperti sesar, patahan lokal, lipatan, tanah turun dan sebagainya. Kondisi ini menjadikan wilayah Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi. Salah satunya termasuk di daerah Papua dan Papua Barat. Kondisi ini menyebabkan wilayah Papua dan Papua Barat banyak digoncang gempa bumi.

Misalnya pada Tahun 2004, dimana sebuah gempa bumi berkekuatan 7,2 skala richter (menurut lembaga obeservasi gempa di Hong Kong dan Australia; menurut pihak Indonesia gempa tersebut berkekuatan 6,4 skala Richter) yang mengguncang Nabire Papua. Gempa ini menyebabkan seluruh kota lumpuh karena hubungan listrik dan telepon seluruhnya terputus dan bahkan bandara Nabire juga mengalami kerusakan.

BAB

2

DASAR TEORI

Dalam landasan teori ini akan diuraikan definisi-definisi dan teorema-teorema yang berhubungan dengan permasalahan yang menjadi topik pembicaraan dalam penelitian ini, yaitu mengenai distribusi Weibull dan Poisson, estimasi, metode maximum likelihood, mean, variansi, skala richter gempa, intensitas mercalli, besar energi, model Survival, Fungsi Kumulatif atau Cumulative Distribution Function (CDF), Probability Density Function (PDF) dan Hazard.

A. Fungsi Survival, CDF, PDF dan Hazard

Fungsi-fungsi pada distribusi tahan hidup merupakan suatu fungsi yang menggunakan variabel random. Waktu hidup adalah interval waktu yang diamati dari suatu individu saat pertama kali masuk kedalam pengamatan hingga keluar dari pengamatan. Misalnya interval waktu sampai rusaknya suatu barang produksi, matinya suatu makhluk hidup, kambuhnya suatu penyakit, dan lain-lain. Variable random non negative waktu hidup biasanya dinotasikan dengan huruf "T", dan akan membentuk suatu distribusi. Distribusi dari waktu hidup dapat disajikan oleh empat fungsi berikut:

Definisi 2.1.1 (Lee, 2003)

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:

$$S(t) = 1 - F(t) = P(T \geq t) = \int_t^{\infty} f(x)dx \quad (2.1)$$

BAB 3

ESTIMASI PARAMETER DISTRIBUSI WEIBULL DAN POISSON

Pada bagian ini akan dibahas tentang cara menganalisa frekuensi gempa bumi susulan dengan menggunakan metode maximum likelihood dan cara menentukan nilai Skala Richter, Besar Energi dan Intensitas gempa bumi susulan.

A. Distribusi Weibull (Lee, 2003)

Suatu variabel random kontinu T mempunyai distribusi Weibull dengan parameter bentuk $c > 0$ dan parameter skala $b > 0$, jika mempunyai fungsi densitas probabilitas:

$$f(t|b, c) = \begin{cases} \frac{c}{b} \left(\frac{t}{b}\right)^{c-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{b}\right)^c\right\} \\ 0, \text{ untuk yang lain} \end{cases}$$

Akan dibuktikan bahwa:

$$\int_0^{\infty} f(t|b, c) dt = 1$$

Bukti:

$$\int_0^{\infty} f(t|b, c) dt = \int_0^{\infty} \frac{c}{b} \left(\frac{t}{b}\right)^{c-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{b}\right)^c\right\} dt$$

Misalkan :

$$u = \left(\frac{t}{b}\right)^c \text{ maka } t = u^{\frac{1}{c}} b ;$$

$$\frac{c}{b} \left(\frac{t}{b}\right)^{c-1} dt = du$$

$$\frac{c}{b} \left(u^{\frac{1}{c}}\right)^{c-1} dt = du$$

$$\frac{c}{b} \left(u^{1-\frac{1}{c}}\right) dt = du$$

BAB

4

STUDI KASUS

Dalam bab ini akan dibahas mengenai aplikasi untuk menentukan nilai estimasi parameter dari distribusi Weibull dan Poisson dengan menggunakan metode Maximum likelihood pada data gempa bumi susulan Nabire Papua pada November Tahun 2004. Selanjutnya mean populasi yang diperoleh dari kedua distribusi tersebut akan digunakan untuk menghitung skala richter dan besar energi, serta menentukan intensitas dari gempa tersebut.

A. Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data gempa bumi Nabire Papua tanggal 28 November - 27 Desember Tahun 2004. Yang diperoleh dari Badan Meteorologi Dan Geofisika Stasiun Geofisika Klas II Angkasapura.

Tabel 4.1 Data Frekuensi Gempa Bumi Susulan

Tanggal	Jam			
	09.00-15.00	15.00-21.00	21.00-03.00	03.00-09.00
28/29	152	129	216	159
29/30	178	84	95	92
30/01	83	93	74	66
01/02	72	103	52	68
02/03	159	192	112	90
03/04	95	73	72	43
04/05	55	60	50	80
05/06	61	38	65	42

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dalam penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yang diantaranya:

1. Untuk mengestimasi parameter skala dan bentuk distribusi Weibull, dilakukan dengan menggunakan metode *Maksimum Likelihood Estimation* (MLE). Namun hasil dari turunan pertama tidak menghasilkan solusi yang eksplisit, sehingga dilanjutkan dengan proses iterasi menggunakan metode Newton Rhapsion dengan bantuan program GUI Matlab 2008b.
2. Berdasarkan tabel 4.2 dan 4.3 yaitu nilai skala richter yang dihasilkan baik distribusi Weibull maupun Poisson, terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan. Sehingga untuk data frekuensi gempa bumi susulan pada tabel 4.1 dapat dianalisis menggunakan kedua distribusi tersebut, sekalipun uji hipotesis menunjukkan sebagian data mengikuti sebaran Weibull dan sebagiannya Poisson. Namun tidak semua data frekuensi dapat dianalisa menggunakan distribusi Weibull. Karena berdasarkan definisi, distribusi yang cocok dalam menganalisis data frekuensi adalah distribusi Poisson.
3. Data frekuensi gempa susulan Nabire Papua Tahun 2004 melalui uji hipotesis menggunakan Chi Square disimpulkan bahwa data dalam studi kasus ini, yaitu data jam 15.00–21.00 dan 03.00–09.00 dideskripsikan berdistribusi Weibull yang memuat parameter skala (b) dan bentuk (c).

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, Alan., 1984, *Analysis of Ordinal Categorical Data*, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Aitken Murray, 2010. *Statistical Inference: An Integrated Bayesian/Likelihood Approach*, Taylor & Francis Group.
- Bain and Engelhardt, 1992, *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*, Duxbury press, Belmont. California.
- Bormann Peter, (2002), "New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)" Volume 1. GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ). Germany.
- Chapra C Steven., 1991, *Metode Numerik untuk Teknik*, Universitas Indonesia.
- D. R. Dolas., M. D. Jaybhaye., S. D. Deshmukh., 2014, *Estimation the system Reliability using Weibull Distribution*, 10.7763.
- Dragomir Gospodinov, Renata Rotondi (2001), *Exploratory analysis of marked poisson processes applied to Balkan earthquake sequences*. 56 - 20131, Milano, Italy.
- Gutenberg, B. Richter. C.F, 1944, Frequency of Earthquake in California. *Bull.Seis.Soc.Am*, 34:1985-1988. America.
- Indhumathy. D., Sessaiah. C. V., Sukkiramathi K., 2014, *Estimastion of Weibull Parameters for Wind speed calculation at Kanyakumari in India*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2319-8753.
- J. Greenhough & I. G. Main, (2008), A Poisson model for earthquake frequency uncertainties in seismic hazard analysis. 0807.2396v2
- Klein, J.P and Moeschberger, M.L, (2003). "SURVIVAL ANALYSIS Technigues or Censored and Truncated Data". Springer-Verlag. New York.
- Lee T Elisa., 2003, *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., NewYork.
- Lee H. K. William, Kanamori Hiroo, Jennings C. Paul, and Kisslinger Carl., 2003, *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*, Academic Press., Amsterdam Boston

Heidelberg London New York Oxford Paris San Diego San Francisco Singapore Sydney Tokyo.

Lawless F Jerald., 1982, *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*, John Wiley & Sons, Inc., NewYork

Nasiri., Parviz., 2011, *Estimation of $R=P(Y<X)$ for two-Parameters Exponential Distribution*, 1991-8178.

Rinne Horst., 2009, *The Weibull Distribution*, Taylor & Francis Group.

S. Parsi., 2011, *Conditional Maximum Likelihood and Intraval Estimation for two Weibull Populations under Joint Type-II Progressive Censoring*, 40:2117-2135.

Sergey Baranov., 2011, *Modeling and simulating an aftershock process caused by a strong earthquake in the Barents Sea shelf*, 10.2205.

Shongkour Roy., 2014, *Probabilistic Prediction for Earthquake in Bangladesh: Just How Big Does the Earthquake Have to Be Next Years?*, 108-114.

Shearer, M Peter (2009). *"Introduction to Seismology"*. Cambridge University Press, New York.

Veysel Yilmaz., 2004, *Probabilistic prediction of the next earthquake in the nafz (north anatolian fault zone), turkey*, 243-250.

Yelis., Birdal., 2007, *Estimation the Location and Scale Parameters of the Weibull Distribution : An Application from Engineering*, 978-0-88986-687-4.

Yang Y Won, 2005, *Applied Numerical Methods Using Matlab*, John Wiley & Sons, Inc., NewYork.

Yoshinari Inaba, (2014), *An Example of Statistical Modeling for Count Data Analysis in Secondary Education*. 2178-2423.

Yukio Hagiwara., 1974, *Probability of earthquake occurrence as obtained from a Weibull distribution analysis of crustal strain*, 10.1016.

Zhenming Wang, (2006), *Understanding Seismic Hazard and Risk Assessments: An Example In The New Madrid Seismic Zone Of The Central United States*. Paper No. 416.

LAMPIRAN

Lampiran 1 (Syntax Program Analisis Frekuensi Gempa)

1. Program Menu Utama

```
function varargout = Menu_Utama(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',           mfilename,
...
                  'gui_Singleton',
gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',
@Menu_Utama_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',
@Menu_Utama_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',    [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback =
str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] =
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function Menu_Utama_OpeningFcn(hObject,
eventdata, handles, varargin)

handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

function varargout =
Menu_Utama_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

function file_Callback(hObject, eventdata,
handles)
```


TENTANG PENULIS



Felix Reba, S.Si., M. Sc. Lulus S1 di Program Studi Matematika FMIPA Universitas Cenderawasih tahun 2008, lulus S2 di Program Master of Science, Universitas Gadjah Mada tahun 2017. Saat ini adalah dosen tetap Program Studi Matematika FMIPA Universitas Cenderawasih. Mengampuh mata kuliah Analisis Data, Analisis Deret Waktu dan

Kecerdasan Buatan. Pernah menjadi dosen kontrak di Universitas Ottow dan Geissler, Papua.

Aktif menulis artikel di jurnal ilmiah dan menjadi narasumber dalam seminar konferensi Nasional. Tulisannya tentang The Analysis of Phytoplankton Abundance Using Weibull Distribution (A Case Study in the Coastal Area of East Yapen in the Regency of Yapen Islands, Papua) telah dimuat di Internasional Journal, Canadian Center of Science and Education. Tulisan lain yang dimuat di jurnal nasional adalah Analisis Kumulatif Covid-19 Provinsi Papua Tahun 2020 Menggunakan Model Distribusi Johnson SB, Jurusan Statistik, Universitas Islam Bandung.