

## MODEL PELURUHAN GEMPA SUSULAN SETELAH GEMPA UTAMA 21 APRIL 2012 DI KABUPATEN MANOKWARI SELATAN PROVINSI PAPUA BARAT

Auwliyah<sup>1</sup>, Sangaji Hasmi Maharani Ipa<sup>2</sup>, Kristian Enggar Pamuji<sup>3</sup>,  
Ishak Samuel Erari<sup>4</sup>, Abdul Muis Muslimin<sup>5</sup>

Koresponden Autor: [i.erari@unipa.ac.id](mailto:i.erari@unipa.ac.id)  
<sup>1,2,3,4,5</sup>) Jurusan Fisika FMIPA Universitas Papua

### ABSTRAK

Telah terjadi gempa bumi tektonik dengan magnitudo 6,8 SR di Kabupaten Manokwari Selatan, Provinsi Papua Barat, pada tanggal 21 April 2012. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan empat model peluruhan gempa susulan, yaitu model Omori, Mogi I, Mogi II, dan Utsu, berdasarkan data gempa yang diperoleh dari BMKG. Model dengan Error akar kuadrat rata-rata (Erms) terkecil dianggap sebagai model peluruhan gempa yang paling baik. Hasil analisis menunjukkan bahwa model Mogi I dan Utsu lebih sesuai dengan data peluruhan gempa. Kedua model tersebut memprediksi lama gempa susulan selama 15 hari.

**Kata kunci:** Peluruhan gempa, gempa susulan, Omori, Mogi I, Mogi II, Utsu.

### ABSTRACT

An earthquake with a magnitude of 6.8 SR occurred in South Manokwari Regency, West Papua Province, on April 21, 2012. This study aims to compare four aftershock decay models, namely the Omori, Mogi I, Mogi II, and Utsu models, using earthquake data obtained from BMKG. The model with the smallest Root Mean Square Error (Erms) is considered the best decay model. The results indicate that the Mogi I and Utsu models fit the aftershock decay data better. Both models predict aftershock duration of 15 days.

**Keyword:** earthquake decay, aftershocks, Omori, Mogi I, Mogi II, Utsu

### PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran yang dihasilkan oleh pelepasan energi yang cepat dari dalam bumi. Energi ini menyebar ke segala arah dari sumbernya, yang dikenal sebagai fokus atau hiposenter, dalam bentuk gelombang (Tarbuck et al., 1996).

Berdasarkan proses terjadinya, gempa bumi dapat dibedakan menjadi gempa utama dan gempa susulan. Gempa utama adalah getaran terbesar dalam serangkaian kejadian gempa dengan amplitudo yang signifikan (Lee et al., 2002),

sedangkan gempa susulan adalah gempa yang terjadi di area yang sama dengan gempa utama tetapi memiliki magnitudo yang lebih kecil (Sari et al., 2012). Meskipun gempa susulan memiliki magnitudo yang lebih rendah, mereka tetap berpotensi merusak, terutama jika gempa utama telah menyebabkan ketidakstabilan pada struktur yang ada.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2012, Kabupaten Manokwari Selatan memiliki luas wilayah  $\pm 2.812,44 \text{ km}^2$  dengan jumlah

penduduk ± 20.495 jiwa pada tahun 2011 dan terdiri dari 55 kampung. Ibu kota Kabupaten Manokwari Selatan terletak di Boundij Distrik Ransiki. Daerah ini dibatasi oleh garis 10 LS-20 LS dan 1330 BT-1340 30' BT, mencakup pesisir timur Kepala Burung Irian Jaya, provinsi paling timur di Indonesia (Pieters et al., 1990). Gempa yang terjadi di daerah Ransiki umumnya berhubungan dengan Sesar Ransiki dan patahan Wondama. Gempa ini sering kali diikuti oleh gempa susulan yang kekuatannya semakin menurun seiring waktu. Gempa susulan biasanya menunjukkan pola tertentu, dengan jumlah kejadian yang berkurang seiring berjalannya waktu, dan sering kali disertai dengan dislokasi atau patahan yang mempengaruhi area sekitarnya. Oleh karena itu, untuk memperkirakan kapan gempa susulan akan berakhir, penelitian ini menggunakan analisis dengan pendekatan metode statistik berdasarkan data gempa susulan selama beberapa hari.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan model peluruhan dan memprediksi waktu berakhirnya gempa susulan yang terjadi di Kabupaten Manokwari Selatan pada 21 April 2012.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersumber dari katalog gempa Balai Besar Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah V Jayapura, Kantor Pusat Gempa Bumi di Jakarta dan Stasiun Geofisika Klas I Angkasapura untuk wilayah Ransiki Papua Barat. Data katalog gempa bumi ini terdiri dari:

1. Gempa Utama : 21 April 2012
2. Lokasi : Koordinat 1<sup>0</sup>LS - 2<sup>0</sup>LS dan 133<sup>0</sup>BT-134<sup>0</sup>30'BT
4. Magnitudo : 6,8 SR

Data yang diperoleh, dikelompokkan berdasarkan frekuensi gempa susulan yang dihitung setelah terjadinya gempa utama. Kemudian untuk mendapatkan nilai konstanta dari metode peluruhan gempa pada hubungan antara frekuensi gempa susulan terhadap waktu ditentukan dengan metode kuadrat terkecil.

Adapun empat model peluruhan gempa yang digunakan untuk menentukan model yang sesuai dengan peluruhan gempa yang terjadi di Kabupaten Manokwari Selatan pada 21 April 2012. Keempat model peluruhan gempa tersebut adalah model Omori, Mogi I, Mogi II dan Utsu.

### Model Omori

Omori (1894) menyatakan bahwa frekuensi gempa susulan per satuan waktu dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$n(t) = \frac{a}{t+b} \quad (1)$$

dengan  $n(t)$  adalah frekuensi gempa bergantung waktu,  $t$  adalah waktu gempa bumi susulan (hari), serta  $k$  dan  $c$  adalah konstanta.

### Model Mogi I

Mogi (1962) menyatakan bahwa frekuensi kejadian gempa bumi yang lebih dari 100 hari dalam medium elastik di bawah beban konstan dapat dirumuskan dalam hubungan eksponensial, yaitu:

$$n(t)=a.t^{-b} \quad (2)$$

### Model Mogi II

Mogi (1962) juga menyatakan bahwa tingkat aktivitas gempa bumi susulan ( $t \leq 100$  hari), hubungan antara frekuensi gempa bumi terhadap waktu adalah:

$$n(t) = ae^{-bt} \tag{3}$$

dengan n(t) adalah frekuensi gempa, t adalah waktu gempa bumi susulan, serta a dan b adalah konstanta.

**Model UTSU**

Utsu (1957) menghitung gempa susulan untuk interval < 100 hari. Menurut Utsu, tingkat aktivitas gempa bumi susulan dengan t<100 hari dalam hubungan antara frekuensi terhadap waktu adalah :

$$n(t) = a[t + 0.01]^{-b} \tag{4}$$

dengan n(t) adalah frekuensi gempa, t adalah waktu gempa bumi susulan, adan b adalah konstanta.

Konstanta-konstanta pencocokan kurva pada keempat model dapat diperoleh melalui linierisasi model kemudian diselesaikan dengan metode kuadrat terkecil (Least Square Method). Keempat model peluruhan gempa susulan yang dilinierkan seperti pada Tabel 1

**Tabel 1. Model pmori, Mogi I, Mogi II dan Utsu yang dilinierkann**

No	Metode	Persamaan Awal	Linierisasi Persamaan
1.	Omori	$n(t) = \frac{b}{t + a}$	$\frac{1}{n(t)} = \frac{a}{b} + \frac{1}{b}t$
2.	Mogi I	$n(t)=a.t^{-b}$	$\log n(t)= \log a - b \log t$
3.	Mogi II	$n(t) = ae^{-bt}$	$\ln n(t) = \ln a - b t$
4.	Utsu	$n(t) = a[t + 0.01]^{-b}$	$\log n(t) = \log a - b \log ( t + 0.01)$

Persamaan yang telah dilinierisasi akan diselesaikan dengan metode kuadrat terkecil pada program excel untuk memperoleh konstanta-konstanta pencocokan kurva a dan b.

Untuk mengetahui model peluruhan yang lebih cocok dengan data, digunakan pencocokan kurva yaitu model yang diperoleh dibandingkan dengan data, dimana error terkecil merupakan model yang paling sesuai.

Error terkecil yang digunakan adalah error akar kuadrat rata-rata (Root mean square error), dengan persamaan (Mathews and Fink, 1999):

$$E_{rms} = \left( \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |f(x_k) - y_k|^2 \right)^{1/2} \tag{5}$$

dengan E<sub>rms</sub> adalah error akar kuadrat rata-rata, N adalah jumlah data, f(x<sub>k</sub>) adalah frekuensi kejadian gempa dari model yang diperoleh dan y<sub>k</sub> adalah data frekuensi kejadian gempa.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data gempa bumi yang diperoleh dari Balai Besar Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah V Jayapura yaitu data gempa bumi Ransiki yang terjadi pada tanggal 21 April 2012 sampai 28 April 2012. Data-data tersebut berupa tanggal, waktu, koordinat, magnitudo, tipe dan lokasi gempa bumi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data dari tanggal 21 April 2012 sampai 24 April 2012 untuk memprediksi waktu berakhirnya gempa bumi susulan yang terjadi akibat gempa bumi utama pada tanggal 21 April 2012

tersebut. Metode yang digunakan adalah metode Omori, Mogi I, Mogi II dan Utsu dengan interval waktu 12 jam. Adapun data

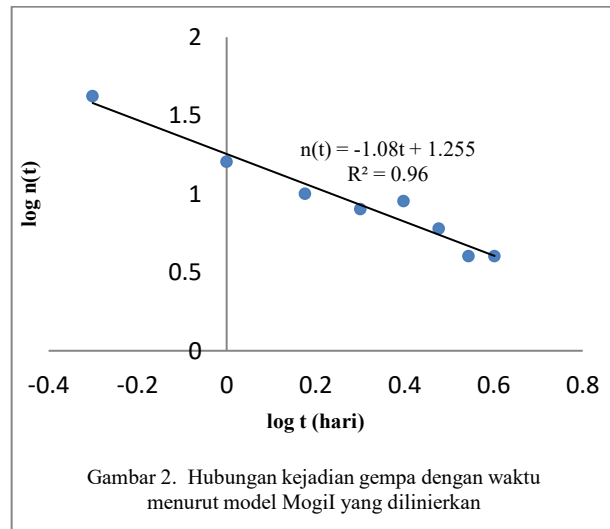
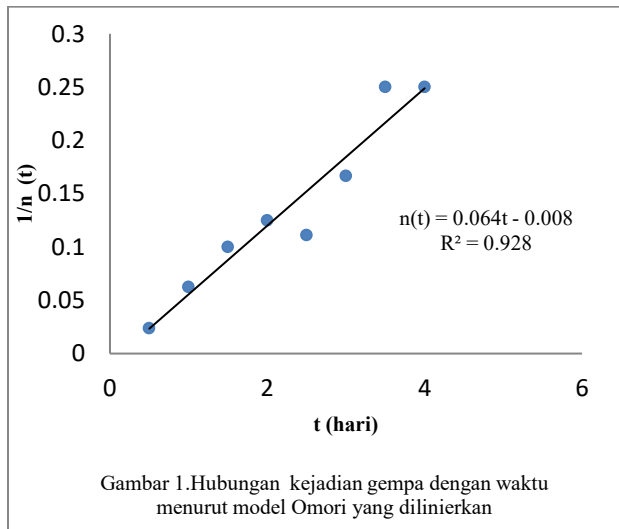
gempa susulan dengan interval 12 jam ditampilkan pada Tabel 1.

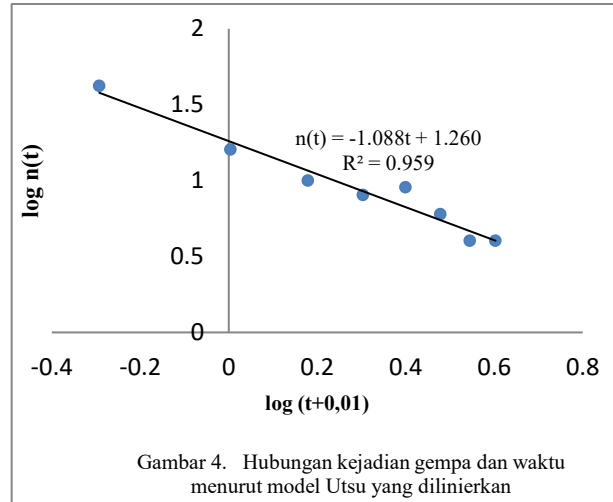
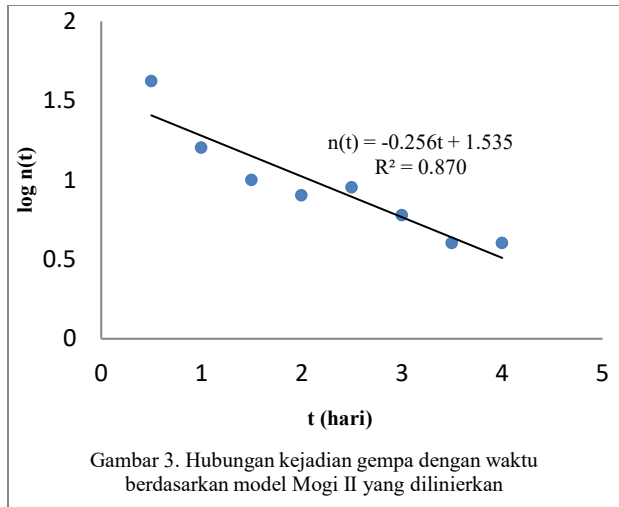
Tabel 1. Distribusi Gempa Bumi Susulan Ransiki 21 April 2012 berdasarkan selang waktu 12 jam

No	Bulan/Tanggal/Tahun	Interval waktu kejadian (Jam)	Waktu (Hari)	Frekuensi Gempa n(t)
1	21/4/2012	0 - 12	0,5	42
2	21/4/2012	12 - 24	1,0	16
3	22/4/2012	24 - 36	1,5	10
4	22/4/2012	36 - 48	2,0	8
5	23/4/2012	48 - 60	2,5	9
6	23/4/2012	60 - 72	3,0	6
7	24/4/2012	72 - 84	3,5	2
8	24/4/2012	84 - 96	4,0	4

Data pada Tabel 1 yaitu data hari dan frekuensi kejadian gempa ditransformasi menjadi linier menggunakan program

pencocokan kurva untuk masing-masing model. Adapun hasil linierisasi masing-masing model ditampilkan pada Gambar 1 – 4.





Berdasarkan persamaan yang diperoleh pada Gambar 1-4 untuk masing-masing model, dapat ditentukan konstanta pencocokan kurva a dan b dan  $E_{rms}$  seperti pada Tabel 2.

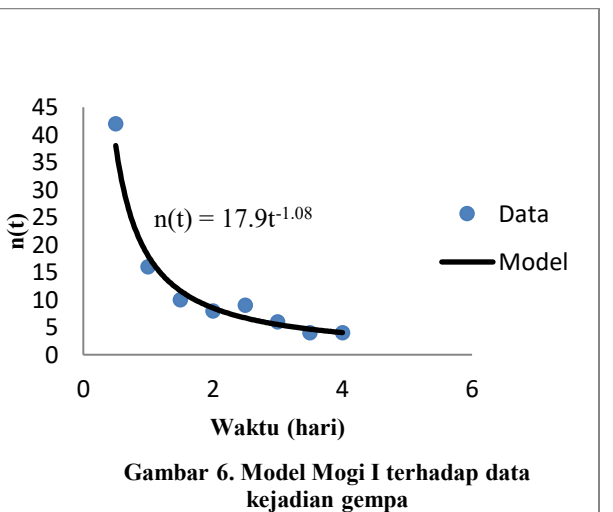
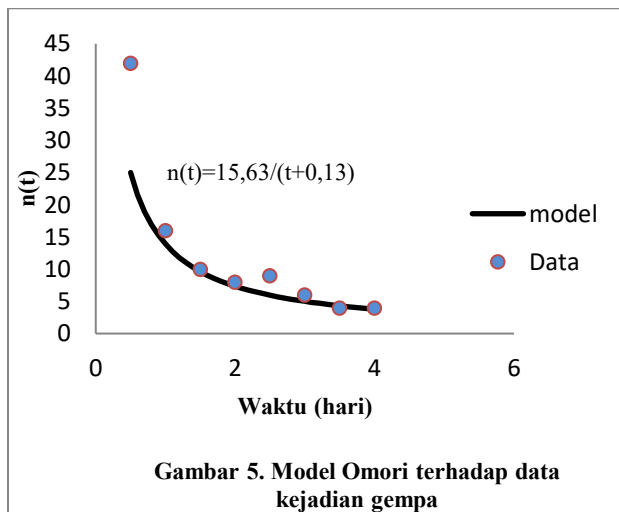
**Tabel 2. Nilai konstanta a, b dan  $E_{rms}$  pada masing-masing model**

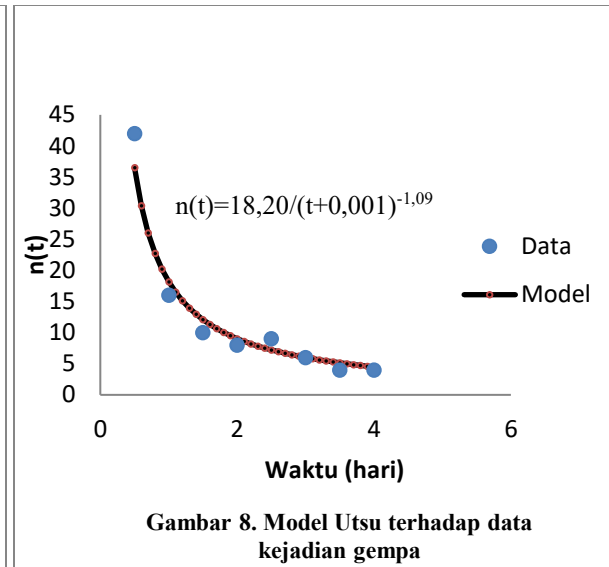
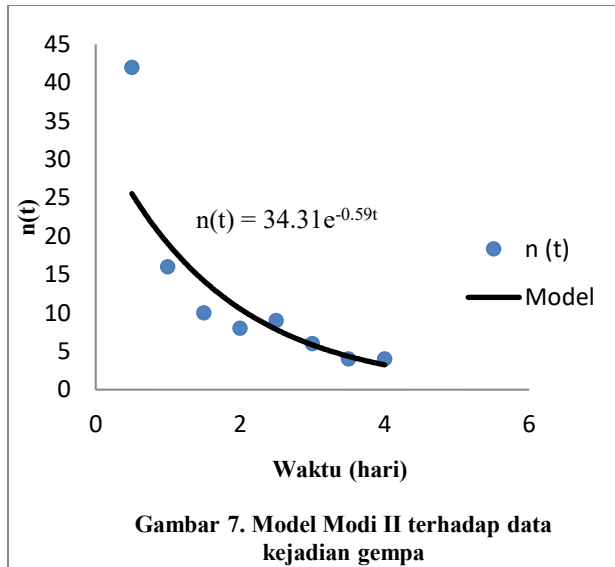
Model	a	b	$E_{rms}$
Omori	0,13	15,63	6,16
Mogi I	17,98	1,08	1,89
Mogi II	34,31	0,59	6,18
Utsu	18,20	1,09	2,53

Setelah pencocokkan kurva dengan nilai konstanta a dan b diperoleh, kemudian perhitungan Error akar kuadrat rata-rata ( $E_{rms}$ ) didapati bahwa  $E_{rms}$  terkecil diperoleh dari model Mogi I yaitu sebesar 1,89,

kemudian diikuti oleh model Utsu sebesar 2,53, model Omori 6,16 dan model Mogi II 6,18.  $E_{rms}$  makin kecil menunjukkan bahwa error antara model dan data semakin kecil maka model dikatakan semakin baik sehingga dalam pengujian empat model ini dapat dikatakan model terbaik adalah model Mogi I dan Utsu, kemudian diikuti oleh mogi II dan model Omori. Hasil penelitian Januarti dan Ariyanto (2021) memperlihatkan model Mogi I dan model Utsu lebih sesuai untuk kasus kejadian gempa susulan yang terjadi pada Selat Sunda tanggal 23 Mei 2021.

Adapun pencocokan kurva dari keempat model dilihat Gambar 5-8.





Didalam perhitungan waktu gempa susulan berakhir dari keempat model tersebut, maka di asumsikan bahwa gempa akan berakhir jika  $n(t) = 1$ , maka waktu berakhirnya gempa yang diprediksi oleh keempat model tersebut (Tabel 3).

**Tabel 3. Perhitungan lamanya waktu gempa susulan pada masing-masing model**

Model	Persamaan	R <sup>2</sup>	Error RMS (E <sub>rms</sub> )	Lamanya Gempa Susulan (Hari)
Omori	$n(t) = \frac{15,63}{(t + 0,13)}$	0,93	6,16	15,5
Mogi I	$n(t) = 17,9 t^{-1,08}$	0,96	1,89	14,46
Mogi II	$n(t) = 34,31e^{-0,59t}$	0,87	6,18	6
Utsu	$n(t) = 18,20(t + 0,001)^{-1,09}$	0,96	2,53	14,32

Tabel 3 memperlihatkan, model peluruhan gempa terbaik untuk memprediksi waktu berakhirnya gempa 12 April 2012 di Kabupaten Manokwari Selatan adalah model Mogi I dan model Utsu, dengan koefisien regresi terbesar dengan E<sub>rms</sub> terkecil yang memprediksi lamanya gempa 15 hari,

kemudian diikuti oleh model Omori memprediksi lama gempa bumi susulan terjadi selama 16 hari dan model Mogi II memprediksi lamanya gempa 6 hari. Model Mogi II memiliki koefisien regresi terkecil dan E<sub>rms</sub> terbesar,.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan model pencocokan kurva, diperoleh error terkecil terdapat pada model Mogi I dan model Utsu sehingga kedua model tersebut merupakan model terbaik

untuk memprediksi peluruhan gempa susulan yang terjadi pada 12 April 2012 di Kabupaten Manokwari Selatan. Kedua model tersebut memprediksi lamanya gempa susulan selama 15 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Januarti Y dan Ariyanto P. 2021. Analisis Peluruhan Gempabumi Susulan Di Selat Sunda Pada Tanggal 23 Mei 2021. Seminar Nasional Fisika (SNF) 2021. Adaptasi Baru Daloam Pembelajaran dan Riset Fisika untuk Mewujudkan Program Merdeka Belajar, Surabaya 18 Oktober 2021.
- Lee, W.H.K., Kanamori, H., Jennings, P.C., dan Kisslinger, C. 2002. **International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology**. Academic Press for International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior. London
- Mathews, J.H dan Fink, K.D. 1999. Numerical Methods Using Matlab, Third Edition
- Mogi K 1962. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo* **40** 107.
- Nur, A.M. 2010. **Gempa Bumi, Tsunami dan Mitigasinya**. Balai Informasi dan Konservasi Kebumihan Karangsambung-LIPI, Kebumen.
- Omori F 1894 *J. Coll. Sci.* **7** 111.
- Pattipawaej, R.E. 2008. **Gempa Tektonik Daerah Ransiki Ditinjau Dari Patahan Dan Seismisitas**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Papua, Manokwari.
- Pieters, P.E., Hakim, A.S., dan Atmawinata, S. 1990. **Geologi Lembar Ransiki Irian Jaya**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sari, W.R.A., Jasruddin, dan Ihsan, N. 2012. **Analisis Rekahan Gempa Bumi dan Gempa Bumi Susulan dengan Metode Omori**. Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika, Jilid 8, nomor 3, Hal 263-268.
- Tarback, E.J dan Lutgens, F.K. 1996. **Earth; An Introduction to Physical Geologi**. Pearson Education, Inc. New Jersey USA.
- Utsu, T. 1969. **Aftershocks And Earthquake Statics**. *Journal of the Faculty of Science*, Ser. VII, Vol III., No.3, 130-195