



## Analisis Peluruhan Gempabumi Susulan di Selat Sunda pada Tanggal 23 Mei 2021

Y Januarti<sup>1</sup> dan P Ariyanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah 2 Tangerang Selatan

<sup>2</sup>Program Studi Geofisika, Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (STMKG) Tangerang Selatan

yesijanuarti.1628@gmail.com

**Abstract.** Pada tanggal 23 Mei 2021 terjadi gempa ganda (*double earthquake*) di Selat Sunda dan dirasakan oleh masyarakat yang berdomisili di Kalapunggal, Sukabumi, Labuan, Munjul, Rangkasbitung, Banjarsari, Cileles, Cirinten, dan Bayah sekitar II-III MMI. Berdasarkan analisis Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), gempa ganda ini terjadi pada pukul 10.48.15 WIB dan 10.50.51 WIB dengan magnitudo M5.0 dan M5.4, kedalaman 10 km, episenter gempa pertama pada  $6.54^{\circ}$  LS dan  $105.47^{\circ}$  BT dan gempa kedua di  $6,54^{\circ}$  LS dan  $105,46^{\circ}$  BT. Gempa ganda ini cukup banyak menghasilkan gempa susulan, setidaknya ada 51 kali gempa susulan yang kami analisis dalam tulisan ini. Dalam studi ini, kami memperkirakan peluruhan gempa menggunakan data gempa susulan dengan 4 hubungan skala empiris: 1) Metode Omori; 2) Metode Mogi 1; 3) Metode Mogi 2, dan 4) Metode Utsu. Data gempabumi diperoleh dari BMKG. Hasil penelitian ini, gempa susulan diperkirakan berakhir pada: hari ke-13 dengan metode Omori (5 Juni 2021), pada hari ke-9 dengan Mogi I (1 Juni 2021), pada hari ke-8 dengan Mogi II (31 Mei 2021) dan pada hari ke 9 menurut metode Utsu (1 Juni 2021). Metode Mogi I dan Utsu relatif lebih sesuai dengan peluruhan gempa susulan sebenarnya.

### 1. Pendahuluan

Akhir - akhir ini Indonesia sering mengalami gempabumi dengan kekuatan yang signifikan. Beberapa diantaranya diikuti oleh gempa susulan dengan jumlah yang banyak, diantaranya gempabumi di Selat Sunda yang terjadi pada tanggal 23 Mei 2021. Gempa tersebut dirasakan di Kalapunggal, Sukabumi, Labuan, Munjul, Rangkasbitung, Banjarsari, Cileles, Cirinten, dan Bayah II-III MMI. Terdapat keunikan dari gempabumi Selat Sunda yang terjadi pada tanggal 23 Mei 2021 yang lalu, dimana terjadi gempabumi ganda, yaitu dua gempa utama yang terjadi memiliki kekuatan yang hampir sama dan lokasi yang berdekatan atau tumpang tindih, serta terjadi dalam kurun waktu yang berdekatan [1]. Gempa pertama terjadi pada pukul 10:48:15 WIB sedangkan gempa kedua terjadi pada pukul 10:50:51 WIB, hanya berbeda 2 menit 36 detik. Magnitudonya pun hampir sama yaitu M5.0 untuk gempa pertama dan M5.4 gempa kedua. Episenter berada pada lokasi yang juga sangat berdekatan yaitu gempa pertama terjadi  $6.54^{\circ}$  LS dan  $105.47^{\circ}$  BT di 17 Km BaratLaut SUMUR-BANTEN, sedangkan gempa kedua terjadi  $6,54^{\circ}$  LS dan  $105,46^{\circ}$  BT di 18 Km BaratLaut SUMUR-BANTEN, dimana dapat dilihat pada Gambar 1.



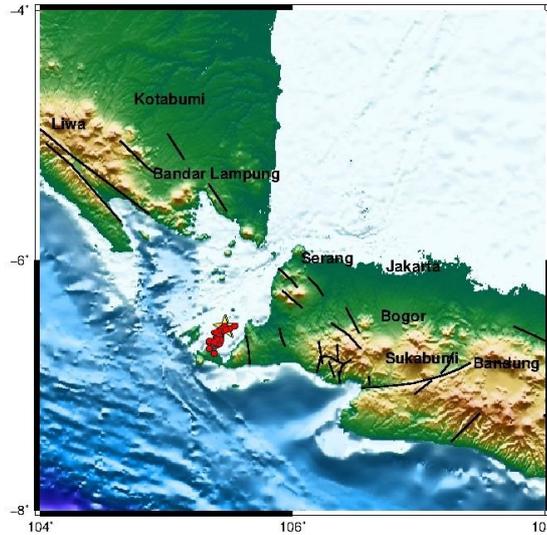
**Gambar 1** Gempabumi ganda yang terjadi pada tanggal 23 Mei 2021 di Selat Sunda. Dimana simbol bintang merah merupakan gempa pertama dan simbol bintang kuning gempa kedua.

Gempabumi ganda ini juga diikuti dengan gempabumi susulan, dimana tercatat sebanyak 51 kejadian dari tanggal 23 Mei sampai 31 Mei 2021 dengan rentang magnitudo bervariasi dari M2.1 sampai M4.4. Dalam penelitian ini, fokus pembahasan pada peluruhan gempabumi susulan yang terjadi dengan analisis gempa susulan yang sudah terjadi sebanyak 51 kali dalam kurun waktu 9 hari dari gempa utama. Estimasi waktu berakhirnya gempa bumi susulan untuk gempa Selat Sunda pada 23 Mei 2021 menggunakan 4 metode statistik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ada 4, yaitu metode Omori, Mogi 1, Mogi 2, dan Metode Utsu.

Penelitian peluruhan gempabumi menggunakan metode Omori, Mogi 1, Mogi 2, dan Utsu ini bukanlah hal baru di Indonesia. Sudah banyak penelitian yang dilakukan menggunakan empat metode ini baik salah satu maupun gabungan keempatnya. Wilayah Aceh pernah diteliti menggunakan metode Mogi 2 dan Utsu [2]. Dimana menurut penelitian ini, Metode yang mendekati data aktual untuk memperkirakan berakhirnya gempa bumi susulan di Segmen Aceh dengan kasus gempa Aceh 2 Juli 2013 adalah metode Mogi 2. Di wilayah Selatan Banten pernah diteliti menggunakan keempat metode statistik ini, dimana penelitian ini menyimpulkan bahwa metode yang paling tepat untuk mengetahui waktu berakhirnya gempa susulan di Banten tanggal 23 Januari 2018 adalah Metode Omori [3]. Di wilayah Indonesia Tengah pernah diteliti pada tahun 2020 yang lalu untuk wilayah Sumba, dan disimpulkan bahwa metode yang tepat untuk menentukan peluruhan gempa di wilayah Sumba adalah Metode Mogi 2 [4]. Dan di wilayah Timur Indonesia juga pernah diteliti menggunakan keempat metode ini, dimana metode yang menghasilkan analisis waktu peluruhan gempa bumi susulan mendekati data *real time* BMKG untuk kasus gempa bumi Ambon 2019 adalah metode Mogi 2 [5]. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk mitigasi bencana gempabumi di masa mendatang di wilayah Selat Sunda.

## 2. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data parameter gempabumi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika pada periode 23 sampai 31 Mei 2021 di wilayah Selat Sunda dengan koordinat 6°S – 7°S dan 105°E – 106°E. Data gempabumi dan daerah penelitian di Wilayah Selat Sunda ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Peta daerah penelitian di Selat Sunda. Simbol bintang berwarna kuning merupakan dua gempa bumi utama dan simbol bulat berwarna merah merupakan gempabumi susulan.

Pada penelitian ini, kami menggunakan 4 metode peluruhan gempa bumi yaitu metode Omori, Mogi 1, Mogi 2, dan Metode Utsu.

### 2.1 Metode Omori

Metode Omori adalah metode yang digunakan untuk menganalisis gempa susulan di suatu wilayah. Omori mempelajari pengurangan frekuensi setengah hari dan frekuensi bulanan gempa susulan terhadap waktu setelah gempa bumi Nobi (Mino-Owari) tahun 1891, Jepang tengah dan dua gempa bumi lainnya di Jepang [6]. Ia menunjukkan bahwa frekuensi gempa susulan per satuan selang waktu  $n(t)$  pada waktu  $t$  ditunjukkan oleh Persamaan (1)

$$n(t) = k(c + t)^{-1} \quad (1)$$

Dimana :

$n(t)$  = frekuensi gempa susulan pada waktu tertentu ( $t$ ).

$t$  = waktu setelah guncangan utama.

$k$  dan  $c$  = konstanta yang bergantung pada geologi lokal.

### 1.2 Metode Mogi 1

Mogi menyatakan bahwa frekuensi gempa yang terjadi lebih dari 100 hari dalam media elastis di bawah beban konstan dapat dirumuskan dalam hubungan eksponensial [7], dengan Persamaan (2).

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

Dimana :

$n(t)$  = frekuensi gempa susulan pada waktu tertentu ( $t$ ).

$t$  = waktu setelah guncangan utama.

$a$  dan  $b$  = konstanta yang bergantung pada geologi lokal.

### 2.3 Metode Mogi 2

Mogi (1962) juga merumuskan hubungan antara frekuensi dan waktu dalam eksponensial untuk gempa susulan yang terjadi kurang dari 100 hari [7], dengan Persamaan (3).

$$n(t) = a \cdot e^{-bt} \quad (3)$$

Dimana :

$n(t)$  = frekuensi gempa susulan pada waktu tertentu ( $t$ ).

$t$  = waktu setelah guncangan utama.

$a$  dan  $b$  = konstanta yang bergantung pada geologi lokal.

#### 2.4 Metode Utsu

Metode Utsu merupakan modifikasi dari persamaan Omori oleh Tokuji Utsu yang digunakan untuk menganalisis peluruhan gempa susulan di suatu daerah. Frekuensi gempa susulan per satuan interval waktu (satu hari, satu bulan, dll) terwakili dengan baik oleh rumus Omori yang dimodifikasi [8] pada Persamaan (4).

$$n(t) = k (t + c)^{-p} \quad (4)$$

Dimana :

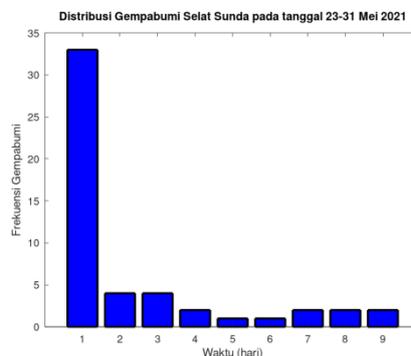
$n(t)$  = frekuensi gempa susulan pada waktu tertentu ( $t$ ).

$t$  = waktu setelah guncangan utama.

$k$ ,  $c$ , dan  $p$  = konstanta yang bergantung pada geologi lokal.

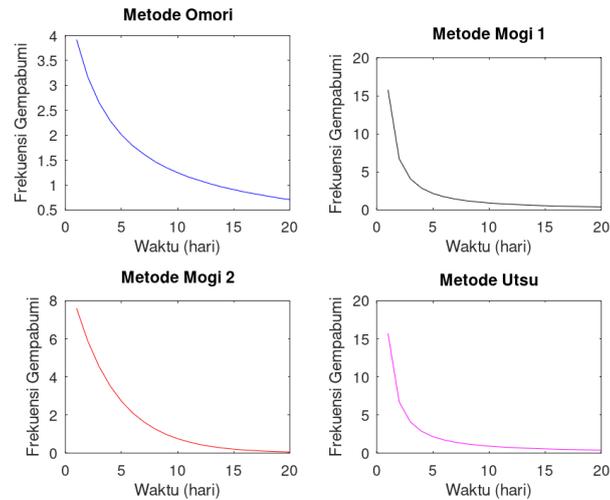
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari data kejadian gempa dilakukan analisis dengan membuat grafik distribusi frekuensi gempabumi secara harian. Distribusi kejadian gempa susulan dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3. Dari grafik distribusi gempa susulan Selat Sunda dari tanggal 23 -31 Mei 2021 ini dapat dilihat bahwa kejadian gempa bumi susulan secara umum akan meluruh terhadap waktu. Frekuensi gempa bumi susulan terbanyak tercatat pada hari pertama bersamaan sejumlah 33 kejadian. Semakin bertambahnya waktu dari gempabumi utama, jumlah kejadian gempabumi susulan secara harian frekuensinya semakin menurun.



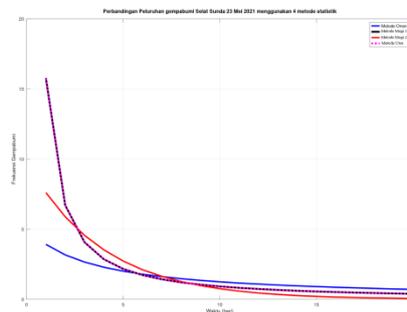
**Gambar 3.** Distribusi gempa susulan Selat Sunda dari tanggal 23 -31 Mei 2021

Dari perhitungan menggunakan ke empat persamaan yang telah di bahas sebelumnya, diperoleh hasil dari masing-masing metode perhitungan peluruhan. Gambar 4 menunjukkan grafik peluruhan gempa dari masing-masing metode. Dimana dari keempat metode tersebut semua menunjukkan pola yang sama, yaitu kejadian gempa meluruh sering berjalannya waktu.



**Gambar 4.** Peluruhan gempabumi Selat Sunda menggunakan metode Omori, Mogi 1, Mogi 2, dan metode Utsu.

Lebih rinci perbandingan 4 metode statistik tersebut dapat dilihat pada gambar 5. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa metode Mogi 1, Mogi 2, dan Utsu mendapatkan hasil yang hampir sama yaitu antara 8-9 hari. Sedangkan metode Omori menunjukkan bahwa aktivitas gempa susulan berakhir pada hari ke-13 (5 Juni 2021), Perhitungan statistik termasuk hasil koefisien korelasi dari 4 metode dapat dilihat pada Tabel 1.



**Gambar 5.** Perbandingan peluruhan gempabumi Selat Sunda dari ke empat metode statistik

**Tabel 1.** Hasil perhitungan statistik menggunakan Metode Omori, Mogi 1, Mogi 2, dan Utsu.

Metode	Koefisien korelasi	Hari (t)	Waktu berakhirnya gempa susulan
Omori	-0.509	13	June 5, 2021
Mogi 1	-0.841	9	June 1, 2021
Mogi 2	-0.665	8	May 31, 2021
Utsu	-0.839	9	Juni 1, 2021

Koefisien korelasi menunjukkan seberapa kuat hubungan antara variabel X dan Y dimana tanda positif dan negatif merupakan arah hubungan antara keduanya [9]. Semakin mendekati nilai 1/-1 maka semakin kuat hubungan antara keduanya. Tanda positif menunjukkan hubungan yang berbanding lurus, sedangkan tanda negatif menunjukkan hubungan antara kedua variabel X dan Y berbanding terbalik. Berdasarkan pernyataan ini maka dapat disimpulkan bahwa dari keempat metode statistik ini, metode yang paling tepat digunakan untuk menghitung peluruhan gempabumi yang terjadi di wilayah Selat Sunda adalah Metode Mogi 1, dimana koefisien korelasinya sebesar  $-0,841$ . Dengan metode

Mogi 1 ini diperkirakan gempabumi susulan akan berhenti pada tanggal 1 Juni 2021. Hal ini juga diperkuat dengan hasil monitoring BMKG yang mencatat gempa terakhir di wilayah Selat Sunda pada tanggal 2 Juni 2021, berbeda sehari dengan hasil perhitungan statistik menggunakan metode Mogi 1.

The Agency for Meteorology Climatology and Geophysics (BMKG)  
Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS)

Format origin results for:  
Latitude : -6.8 until 6.2  
Longitude : 105 until 106  
Depth : 1 until 1000  
Magnitude : 1 until 9.5  
Time : 2021/05/25 until 2021/06/12

Date	Time	Lat	Lon	Dep	M	MT	Region
2021/06/02	10:06:21.268	6.60 S	105.38 E	10	3.1	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/30	23:52:41.391	6.51 S	105.22 E	10	3.4	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/29	22:25:58.112	6.61 S	105.45 E	10	3.4	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/30	22:11:53.104	6.58 S	105.48 E	10	3.3	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/29	19:19:05.095	6.61 S	105.45 E	10	3.1	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/28	22:41:17.337	6.61 S	105.43 E	10	3.3	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/26	23:53:22.786	6.74 S	105.25 E	10	3.3	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/25	07:19:22.977	6.55 S	105.47 E	10	3.7	-	Sunda Strait, Indonesia
2021/05/25	03:21:34.421	6.58 S	105.45 E	10	3.4	-	Sunda Strait, Indonesia

**Gambar 6.** Hasil monitoring BMKG tanggal 25 Mei sampai 12 Juni 2021 yang diakses melalui repogempa BMKG.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dengan menggunakan 4 metode statistik yang berbeda dapat disimpulkan bahwa penentuan waktu berakhirnya gempabumi susulan yang paling tepat adalah menggunakan Metode Mogi 1 dengan koefisien korelasi sebesar -0,841. Berdasarkan hasil yang diperoleh, gempa susulan dari gempa utama pada 23 Mei 2021 diperkirakan akan berakhir pada 1 Juni 2021.

#### Daftar Pustaka

- [1] Davison C 1905 *Q. J. Geol. Soc.* **61** 18.
- [2] Putri E, Pujiastuti D, dan Kurniawati I 2016 *J. Fis. Unand* **5** 73.
- [3] Salsabil K, Ginting R A, Qadri A, dan Kamal M A 2019 *Pros. Seminar Nas. Fis.* **8** 7.
- [4] Januarti Y dan Ariyanto 2021 *Prosiding Seminar Nas. Fis. (SNF) Unesa* 2020 **4** 111.
- [5] Islamiati V N, Supardiyono, Perdana Y H, dan Setyahagi A R 2020 *Inov. Fis. Indones.* **9** 163.
- [6] Omori F 1894 *J. Coll. Sci.* **7** 111.
- [7] Mogi K 1962 *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo* **40** 107.
- [8] Utsu T A 1961 *The Geophys. Magazine* **30** 521.
- [9] Sugiyono 2007 *Statistika untuk Penelitian* (Bandung Alfabeta).