

Perbandingan Fase Bulan dan Jarak Bulan ke Bumi Pada Kejadian Erupsi Gunung Berapi di Indonesia dengan Menggunakan Uji *Kruskal Wallis*

Dwima Rindy Atika^{1a} dan RB. Fajriya Hakim^{2b}

Departement of Statistics
Faculty of Matematics and Natural Sciences
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Lecturer at Departement of Statistics
Faculty of Matematics and Natural Sciences
Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

^adwimarindy@gmail.com

^bhakimf@fmipa.ac.id

Abstrak

Erupsi gunung berapi merupakan bencana alam yang sangat berbahaya. Letusan gunung berapi merupakan salah satu bencana alam yang banyak menimbulkan berbagai kerusakan dengan total kerugian yang besar karena dapat menghancurkan areal pemukiman dan pertanian penduduk, dampak lainnya seperti pencemaran udara oleh gas beracun serta memicu penyebab banjir lahar dingin yang dapat merusak infrastruktur umum. Banyaknya gunung berapi yang masih aktif di Indonesia sampai saat ini adalah sebanyak 129 gunung berapi. Penelitian ini mencoba meneliti keterkaitan antara kejadian gunung berapi dengan posisi bulan, mengingat banyak kejadian erupsi pada saat bulan purnama. Pada penelitian ini, dilakukan pendekatan statistika untuk melihat perbedaan pada fase bulan dan jarak bulan ke bumi pada kejadian erupsi gunung berapi. Pendekatan statistika yang digunakan adalah uji Kruskal Wallis. Dari hasil pengujian, diperoleh bahwa terdapat perbedaan pada setiap fase bulan dengan kejadian erupsi gunung berapi di Indonesia.

Kata-kata kunci: Erupsi Gunung Berapi, Fase Bulan, Jarak Bulan ke Bumi, Uji Kruskal Wallis

PENDAHULUAN

Pada tahun 2011, Ibrahim meneliti tentang korelasi aktivitas seismik bumi terhadap jarak bulan ke bumi. Dalam penelitiannya bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak bulan dan bumi terhadap aktivitas seismik. Penelitian tersebut dilakukan pada kejadian gempa bumi terbesar selama 109 tahun terakhir. Dalam penelitiannya ditemukan bahwa frekuensi terjadinya gempa bumi saat bulan dekat dengan *perigee* atau kurang lebih 360,000 km sangat rendah, yaitu hanya sekitar 4.4%. Sedangkan frekuensi terjadinya gempa bumi saat bulan berada pada posisi *apogee* dengan jarak kurang lebih 400,000 km frekuensi gempa bumi sangat besar, yaitu sebesar 27% [2]. Penelitian serupa dilakukan oleh Puspa pada tahun 2015. Dalam penelitiannya mengenai hubungan posisi jarak bumi terhadap bulan dengan kejadian gempa bumi. Pada penelitian tersebut bertujuan untuk mendeskripsikan pola sebaran episenter kejadian gempa bumi dari hubungan posisi jarak bumi terhadap bulan saat *perigee* dan *apogee* di wilayah Sumatera Utara dan mendeskripsikan hubungan antara aktivitas gempa bumi dengan posisi jarak bumi terhadap bulan di wilayah Sumatera Utara. Dari hasil penelitian tersebut, diperoleh bahwa frekuensi gempa bumi 19% terjadi pada posisi jarak bulan pada saat *perigee*. Ketika posisi jarak bulan saat *apogee* frekuensi gempa adalah 31%. Hal tersebut ditemukan adanya keterkaitan hubungan frekuensi gempa bumi pada posisi jarak bulan [3].

Banyaknya kejadian alam yang disebabkan oleh aktivitas bulan, seperti fase bulan dan jarak bulan ke bumi tersebut dapat dijadikan tinjauan pustaka yang sangat bermanfaat. Beberapa penelitian tersebut telah menyebutkan bahwa aktivitas bulan dapat mempengaruhi beberapa kejadian alam, walaupun tidak berpengaruh sangat besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan melihat aktivitas bulan terhadap kejadian erupsi gunung berapi di Indonesia. Aktivitas bulan tersebut antara lain seperti fase bulan terhadap kejadian erupsi per tahun, fase bulan terhadap kekuatan erupsi (VEI), jarak bulan ke bumi terhadap kejadian erupsi per tahun, dan jarak bulan ke bumi terhadap kekuatan erupsi (VEI). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode statistika, yaitu uji *Kruskal Wallis*.

TEORI

Indonesia berada di lingkungan bencana dengan dikelilingi oleh *ring of fire* yang mempengaruhi persebaran gunungapi di wilayah Indonesia (Sriyono, 2014). Distribusi gunungapi yang ada di Indonesia tersebut tidak lepas dari pengaruh lokasi Indonesia yang berada di pertemuan tiga lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, menjadikan Indonesia sebagai negara yang sangat rawan akan bahaya bencana alam. Ketiga lempeng tersebut mengakibatkan timbulnya beberapa zona subduksi. Zona subduksi merupakan lokasi tempat bertemunya dua lempeng (benua dan samudera), dimana pada zona tersebut akan memunculkan gunungapi [6]. Menurut informasi yang didapatkan dari Museum Gunung Merapi Yogyakarta, gaya-gaya yang mempengaruhi terjadinya erupsi antara lain, adanya gaya internal, gaya eksternal, gaya klimatologi, dan medan gaya jarak jauh. Medan gaya jarak jauh yang dapat mempengaruhi terjadinya erupsi salah satunya adalah gaya tarik bulan atau benda angkasa. Berdasarkan beberapa kejadian erupsi gunung berapi yang sering terjadi saat fase-fase bulan tertentu, dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan metode statistik. Dalam hal ini akan menggunakan metode statistik untuk menggambarkan kejadian erupsi dengan posisi bulan dengan menggunakan uji *Kruskal Wallis*.

Uji non parametrik yang digunakan untuk mengganti uji analisis variansi satu arah (ANOVA) adalah uji *Kruskal Wallis*. Uji ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1952 oleh William H. Kruskal dan W. Allen Wallis. Teknik *Kruskal Wallis* menguji hipotesis nol bahwa *k* sampel berasal dari populasi sama atau populasi-populasi yang berbeda, dalam hal harga rata-ratanya (Siegel, 1985) [4]. Uji *Kruskal Wallis* digunakan untuk menganalisis data berskala ordinal dan distribusi populasi tidak diketahui. Uji *Kruskal Wallis* berdasarkan kepada asumsi kelompok saling bebas dan sampel di dalam setiap kelompok sampel dipilih secara random. Hipotesis yang digunakan dalam uji *Kruskal Wallis* (Walpole, 1995) antara lain [8]:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \exists \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k.$$

Untuk menguji hipotesis pada uji *Kruskal Wallis* dengan menggunakan statistik uji *H* (statistik yang dipergunakan dalam uji *Kruskal Wallis*) dengan berdistribusi $db = k - 1$. Dengan syarat bahwa ukuran-ukuran *k* sampel itu tidak terlalu kecil.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1). \tag{1}$$

Persamaan (1) menyatakan bahwa *k* adalah banyaknya sampel, *n_j* adalah banyak kasus dalam sampel ke-*j*, *N* adalah banyak observasi dalam seluruh *k* sampel, dan $\sum_{j=1}^k$ adalah jumlah seluruh *k* sampel (kolom-kolom) mendekati distribusi *chi-square*. Setelah hasil nilai *H* didapatkan, nilai *H* tersebut dibandingkan dengan nilai dari distribusi Chi-Kuadrat dengan derajat bebas *k - 1*. Hasil keputusan yang dapat ditarik kesimpulannya adalah *H₀* akan ditolak jika $H > \chi^2_{\alpha; k-1}$.

Apabila keputusan yang diambil adalah tolak *H₀*, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sekurang-kurangnya ada satu kelompok yang berbeda. Untuk mengetahui populasi-populasi mana yang berbeda dapat dilakukan dengan melakukan perbandingan berganda. Nilai uji perbandingan ganda dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$|\overline{R}_i - \overline{R}_j| \leq z_{\left(1 - \left[\frac{\alpha}{k(k-1)}\right]\right)} \sqrt{\frac{N(N+1)}{12} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right)} \tag{2}$$

dengan:

\overline{R}_i = Rata-rata *rank* pada populasi ke-*i*

\overline{R}_j = Rata-rata *rank* pada populasi ke-*j*

z = Nilai pada tabel normal baku

k = Banyaknya kelompok yang akan diuji

N = Jumlah seluruh sampel yang diuji

n_i = Jumlah seluruh sampel pada kelompok ke- i

n_j = Jumlah seluruh sampel pada kelompok ke- j

Apabila persamaan tersebut terpenuhi, maka ada perbedaan antara populasi i dan populasi j . Sedangkan untuk menghitung banyaknya perbandingan yang harus dilakukan dari banyaknya sampel, dihitung dengan menggunakan rumus $\frac{k(k-1)}{2}$, dimana k adalah banyaknya kelompok sampel.

HASIL DAN DISKUSI

Populasi dalam penelitian ini adalah catatan erupsi gunung berapi yang pernah terjadi di Indonesia. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari hasil pencatatan kejadian erupsi di Indonesia dan data jarak bulan ke bumi. Data erupsi gunung berapi yang diambil adalah erupsi yang berkekuatan paling kecil 2 VEI. Hal tersebut dikarenakan menurut Menurut *United States Geological* (USGS), erupsi dengan kekuatan 0 dan 1 VEI tidak memiliki ledakan yang berarti [1]. Pencatatan ukuran jarak bulan ke bumi dilakukan pada masing-masing lokasi sriterdekat dengan gunung. Jarak bulan ke bumi (*perigee* ke *apogee*) dibagi menjadi 5,000 km. Data kejadian erupsi gunung berapi yang diteliti dari tahun 1608 sampai dengan tahun 2015. Data kejadian erupsi gunung berapi di Indonesia diunduh dari Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Global Volcanism Program [5]. Sedangkan data jarak bulan ke bumi diunduh dari Timeanddate.com [7].

Pengujian normalitas pada suatu penelitian, dilakukan untuk mengetahui metode yang digunakan. Apakah menggunakan metode parametrik atau metode non parametrik. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan uji normalitas terlebih dahulu untuk setiap variabel yang digunakan pada masing-masing analisis yang akan dilakukan.

Jika didapatkan berdistribusi normal, maka analisis dilakukan dengan menggunakan uji parametrik, yaitu ANOVA. Namun jika hasil yang didapatkan tidak berdistribusi normal, maka analisis dilakukan dengan menggunakan uji non parametrik, yaitu *Kruskal Wallis*. Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov Test*, dengan membandingkan *asymptotic significance* dengan $\alpha = 0.05$. Dasar penarikan kesimpulan adalah data dikatakan berdistribusi normal apabila nilai *asymptotic significance*-nya lebih besar dari $\alpha = 0.05$.

Tabel 1. Hasil uji normalitas pada masing-masing analisis yang dilakukan.

Analisis	Variabel	<i>Asymptotic Significance</i>
Fase bulan terhadap kejadian erupsi per tahun	Fase bulan	0.000
	Kejadian erupsi per tahun	0.000
Fase bulan terhadap VEI	Fase bulan	0.000
	VEI	0.000
Jarak bulan ke bumi terhadap kejadian erupsi per tahun	Jarak bulan ke bumi	0.000
	Kejadian erupsi per tahun	0.000
Jarak bulan ke bumi terhadap VEI	Jarak bulan ke bumi	0.000
	VEI	0.000

Hasil pengujian normalitas pada masing-masing variabel yang akan dianalisis didapatkan hasil yang sama. Nilai *Asymptotic Significance* yang dihasilkan pada semua variabel penelitian sebesar 0.000. Nilai *Asymptotic Significance* lebih kecil dari $\alpha = 0.05$. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa data pada masing-masing variabel tersebut tidak berdistribusi normal. Oleh sebab itu, untuk analisis selanjutnya tidak dapat menggunakan uji parametrik, ANOVA, karena asumsi distribusi normalitas tidak terpenuhi.

Untuk melakukan uji perbandingan pada analisis selanjutnya adalah dengan menggunakan uji non parametrik, yaitu dengan menggunakan *Kruskal Wallis*. Pengujian *Kruskal Wallis* akan dilakukan pada 4 penelitian, yaitu uji *Kruskal Wallis* untuk melihat adanya perbedaan atau tidak pada fase bulan terhadap kejadian erupsi per tahun, untuk melihat adanya perbedaan atau tidak fase bulan terhadap VEI, untuk melihat adanya perbedaan atau tidak pada jarak bulan ke bumi terhadap kejadian erupsi per tahun, dan untuk melihat adanya perbedaan atau tidak jarak bulan ke bumi terhadap VEI. Hipotesis yang digunakan dalam uji *Kruskal Wallis* adalah [8] :

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ (Tidak ada perbedaan rata-rata pada kelompok populasi)

$H_1 : \exists \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ (Sekurang-kurangnya satu kelompok populasi memiliki rata-rata yang berbeda)

Hasil uji *Kruskal Wallis* pada empat kasus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji *Kruskal Wallis*.

Uji <i>Kruskal Wallis</i>	<i>Asymp. Sig.</i>	Tk. Sig.	Keputusan
Fase bulan terhadap kejadian erupsi per tahun	0.042	0.05	Tolak H_0
Fase bulan terhadap VEI	0.991	0.05	Gagal Tolak H_0
Jarak bulan ke bumi terhadap kejadian erupsi per tahun	0.268	0.05	Gagal Tolak H_0
Jarak Bulan ke bumi terhadap VEI	0.689	0.05	Gagal Tolak H_0

Berdasarkan hasil yang didapatkan tersebut didapatkan bahwa yang terdapat perbedaan hanyalah fase bulan terhadap kejadian erupsi per tahun. Hal tersebut mengartikan bahwa pada setiap fase bulan pada saat kejadian erupsi memiliki perbedaan minimal sebanyak satu. Sedangkan yang lainnya tidak terdapat perbedaan. Untuk mengetahui perbedaan pada masing-masing fase bulan dilakukan pengujian setelah *Kruskal Wallis* seperti persamaan 2.

Adapun pengujian perbandingan pada fase-fase bulan dilakukan sebanyak 36 perbandingan. Hasil uji lanjutan pada fase bulan terhadap kejadian erupsi pertahun menghasilkan keputusan tolak H_0 . Mengartikan bahwa pada setiap fase bulan memiliki perbedaan pada kejadian erupsi per tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa fase-fase bulan memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kejadian erupsi gunung berapi di Indonesia. Artinya fase bulan menyebabkan peningkatan aktivitas erupsi gunung berapi di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak RB. Fajriya Hakim bimbingannya Kemudian penulis mengucapkan terima kasih kepada kerabat Ikatan Keluarga Statistika 2012 atas diskusi yang sangat bermanfaat dan selalu memberikan dukungan secara moril yang tak terhingga. Semoga Allah membalas semua kebaikan yang telah mereka berikan, Aamiin.

REFERENSI

1. Geology.Com. 2014. Volcanic Explosivity Index (VEI). <http://geology.com/stories/13/volcanic-explosivity-index/>. [diakses 22 Maret 2016]
2. Ibrahim, Rashid. 2011. *On the Dependence of Earth's Seismic Activity on Lunar Distances*. Dalam jurnal *Geography and Geology* Vol. 3, No. 1; September 2011.
3. Puspa, Maharani Sofiana., dan Madlazim. 2015. *Studi Hubungan Posisi Jarak Bumi Terhadap Bulan dengan Kejadian Gempa Bumi dan Pola Sebaran Episenternya di Wilayah Sumatera Utara*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*. Volume 04 Nomor 03 Tahun 2015, hal 138 – 144.
4. Siegel, Sidney. 1985. *Statistik Nonparametrik Untuk Ilmu-ilmu Sosial*. Terjemahan dari *Nonparametric Statistic for the Behavioral Science*, oleh Peter Hagul. Jakarta: PT Gramedia.
5. Smithsonian Institution, National Museum of Natural History, Global Volcanism Program. *Eruption Database*. <http://volcano.si.edu/>. [Diakses 16 Maret 2016]

6. Sriyono. 2014. *Geologi dan Geomorfologi Indonesia*. Yogyakarta: Ombak.
7. Timeanddate.com. *Moonrise, Moonset, and Moon Phase Database*. <http://timeanddate.com/>. [Diakses 16 Maret 2016]
8. Walpole, Ronald E., dan Myers, Raymond H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuan*. Bandung: ITB.