



ANALISIS DAMPAK LEDAKAN *BOLIDE* YANG TERJADI DI KUBA 1 FEBRUARI 2019 BERDASARKAN *EARTH IMPACT EFFECT PROGRAM*

Ghaida Suroya^{1*}, Judhistira Aria Utama², Abdul Rachman³, Yuyu Rachmat Tayubi⁴

¹Program Studi Fisika Universitas Pendidikan Indonesia, Jl Dr. Setiabudhi 299 Bandung

³Pusat Sains Antariksa Lembaga Penerbangan dan Antariksa, Jl Dr. Djunjunan 133 Bandung

*Alamat Korespondensi : ghaidasuroya@upi.edu

ABSTRAK

Benda antariksa yang masuk atmosfer Bumi dengan skala terang setara atau lebih dari bulan purnama dikenal sebagai *bolide*. Pada proses memasuki atmosfer *bolide* akan mengalami *air blast* sehingga hanya sebagian fragmen yang akan sampai ke permukaan Bumi, akan tetapi efek gelombang kejut yang diakibatkan oleh peristiwa tersebut akan memberikan dampak terhadap lingkungan. Dalam hal ini, parameter *bolide* akan mempengaruhi besar dampak yang dihasilkan. Melalui analisis sederhana menggunakan *Earth Impact Effect Program* (EIEP) telah dianalisis satu kasus kejadian *bolide* di Kuba pada 1 Februari 2019 yang memiliki *lightning energy* lebih besar serta waktu terdeteksi lebih lama dibandingkan kejadian *bolide* yang lainnya. *Bolide* ditaksir memiliki benda induk di luar atmosfer berdiameter 5,2 m. Dari keluaran EIEP, energi di luar atmosfer yang dimiliki *bolide* sebesar 12 kton. Objek mulai mengalami fragmentasi menjadi kepingan-kepingan yang lebih kecil di ketinggian 34,5 km dengan energi ledakan di atmosfer (*airburst*) sebesar 3,9 kton. *Air blast* dengan *peak overpressure* berkisar antara 226-451 pa dan menghasilkan suara ledakan dengan intensitas 47 dB (suara normal yang didengar). Kejadian *bolide* ini tidak menghasilkan kawah tumbukan, dengan frekuensi kejadian serupa rata-rata 1 peristiwa setiap 3,6 tahun di atmosfer Bumi.

© 2021 Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI

Kata Kunci: *Air blast*, *Bolide*, *Earth Impact Effect Program*.

PENDAHULUAN

Dampak yang disebabkan oleh tumbukan antara asteroid maupun komet dapat merubah fitur permukaan planet terutama ketika tumbukan tersebut dapat menghasilkan kawah. Ketika memasuki atmosfer bumi, kecepatan benda langit berkisar antara 11-75 m/s² relatif terhadap kecepatan orbit bumi (Gratton & Alberto Perazzo, 2006). Faktanya selain Meteor besar yang mampu menghasilkan kawah, meteor kecil dengan energi tinggi juga dapat memberikan dampak terhadap lingkungan seperti meteor yang jatuh di Chelyabinks tahun 2013 silam (Rachman, 2013). Pada proses masuk ke atmosfer bumi, meteor akan bergesekan dengan atmosfer sehingga akan menghasilkan cahaya. Meteor dengan skala terang setara atau lebih terang daripada bulan purnama dikenal dengan istilah *bolide*. Selain itu, *bolide* juga akan mengalami retakan yang menyebabkan ledakan di udara. Sehingga

hanya fragmen kecil dari *bolide* yang akan sampai ke permukaan bumi. Meskipun demikian, ledakan yang terjadi di udara juga dapat memberikan dampak terhadap lingkungan, contohnya menggetarkan kaca jendela. Seperti halnya kejadian meteor kecil berukuran 9 m yang jatuh di Teluk Bone 8 oktober 2009 silam (Rachman, 2009).

Salah satu kejadian *bolide* dengan energi tinggi terjadi di Kuba pada tahun 2019. Peristiwa yang terjadi pukul 13.17 waktu setempat, menghasilkan dentuman yang cukup besar. Ditinjau dari proses masuknya ke atmosfer bumi, akibat adanya perbedaan tekanan di permukaan *bolide*, maka akan terjadi retakan yang mengakibatkan *bolide* mengalami ledakan (*air blast*) di ketinggian yang berbeda. Akibat dari *air blast* ini akan menghasilkan gelombang kejut yang memiliki energi serta besar tekanan maksimal yang dapat memberikan dampak terhadap lingkungan.

Menurut Palotai et al., (2019) diperkirakan sebanyak 50 ton benda langit dengan ukuran <1 m memasuki atmosfer bumi setiap harinya. Hal ini akan meningkatkan aktivitas kilatan cahaya yang dipantau oleh *Geostationary Lightning Mapper* (GLM) menggunakan satelit *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES) 16 dan GOES 17. Sehingga untuk mengetahui kategori *bolide*, kilatan cahaya yang terdeteksi akan di filter sebanyak 6 kali (Rumpf et al., 2019). pengkategorian *bolide* dilakukan karena pada dasarnya banyak benda langit berukuran kecil yang mengalami tumbukan dengan atmosfer bumi. Berangkat dari uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang disebabkan oleh peristiwa *bolide* dengan energi tinggi yang terjadi di Kuba pada tahun 2019 silam, dengan memanfaatkan data kilatan cahaya yang ditangkap oleh GLM serta identifikasi sederhana berdasarkan model dan asumsi yang digunakan pada laman *website Earth Impact Effect Program* (EIEP). Sehingga dapat dilihat pengaruh yang akan terjadi pada lingkungan akibat tingginya energi *bolide* ketika memasuki atmosfer bumi yang ditandai dengan terangnya cahaya *bolide* tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan sistem penginderaan jarak jauh yang digunakan untuk mendeteksi adanya kilatan cahaya menggunakan satelit GOES 16 dan GOES 17 atau biasa dikenal dengan *Geostationary Lightning Mapper* (GLM). Data yang disediakan oleh GLM dapat diperoleh dari laman <https://neo-bolide.ndc.nasa.gov/#/>. Data yang tersedia diseleksi berdasarkan *rating* kepercayaan diberikan oleh ahli dibidangnya, dimana akan dipilih data dengan tingkat *high confidence*. Setelah itu, data diseleksi kembali berdasarkan *lightning energy* paling besar diantara kejadian *bolide* lainnya yang dihasilkan oleh satelit GOES 16. GLM memberikan informasi durasi waktu kilatan cahaya yang terdeteksi serta nilai *lightning energy* yang terdeteksi untuk

setiap titik koordinat selama kilatan cahaya tertangkap oleh satelit. *Fitting lightning energy* terhadap waktu dilakukan untuk mengetahui kondisi *bolide* selama terdeteksi GLM.

Berdasarkan (Zuluaga et al., 2019) *bolide* yang terjadi di Kuba memiliki kemungkinan berasal dari wilayah dan populasi *Near Earth Object* (NEO) yang sama dengan kejadian Chelyabinks, sehingga untuk *impact velocity* diasumsikan sama dengan nilai *impact velocity* Chelyabinks yaitu 19 km/s. Nilai radius *bolide* didapatkan dari asumsi bentuk *bolide* yang *memenuhi* persamaan volume bola dengan massa yang diperoleh dari laman <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php> berkisar pada 50 kg. *Bolide* Kuba ini terbentuk dari *low-iron* yang di estimasikan memiliki massa jenis sebesar 3700 kg/m^3 . Sehingga radius *bolide* di estimasikan sekitar 5,2 m. Masukan lain yang diperlukan antara lain *impact angle* yang diasumsikan sebesar 45° berdasarkan rata-rata kejadian benda langit yang paling sering terjadi.

Melakukan input parameter pada *website* EIEP berupa *impact velocity*, radius benda, massa jenis, sudut jatuh, tipe target jatuh dan jarak pengamat terhadap tempat terjadinya ledakan *bolide* di udara.

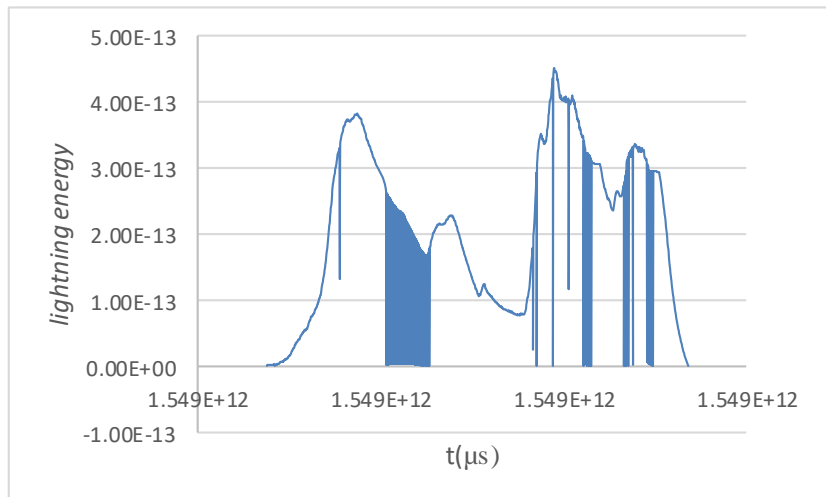
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kejadian *bolide* yang terjadi di Kuba pada tanggal 1 februari 2019 diketahui memiliki *lightning energy* yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan kejadian *bolide* lainnya. Grafik sebaran *lightning energy* ditunjukkan pada Gambar 1.

Energi tertinggi merupakan waktu ketika *bolide* mengalami peristiwa *air burst*, pada dasarnya *bolide* akan mengalami ledakan di udara dan hanya ada sebagian fragmen yang sampai ke permukaan bumi. Dalam kasus ini peristiwa masuknya *bolide* ke atmosfer bumi diidentifikasi menggunakan *Earth Impact Effect Program* yang tersedia pada laman <https://impact.ese.ic.ac.uk/ImpactEarth/Imp>

actEffects/. Dengan asumsi yang digunakan sebagai berikut:

1. Asumsi benda berbentuk bola dengan lintasan jatuh berupa garis lurus.
2. Sudut kemiringan benda jatuh sebesar 45° terhadap permukaan bumi.
3. Benda merupakan *low-iron* dengan densitas 3700 m/s^3 .
4. Laju jatuh benda berkisar antara $12\text{-}20 \text{ m/s}^2$.



Gambar 1. Grafik Lighting energi selama 2.3 sekon

Dengan asumsi benda berbentuk bola, didapatkan radius benda sebesar 5,2 m. Benda dengan ukuran kecil seperti ini tidak akan mampu mempertahankan bentuknya sehingga akan mengalami *air burst* ketika terjadi retakan dengan pecahan fragmen yang tidak beraturan (Collins et al., 2005) sehingga fragmen yang sampai ke permukaan bumi tidak akan membetuk kawah. *Bolide* yang jatuh di Kuba mulai mengalami keretakan di ketinggian 48,9 km dan mulai pecah di ketinggian 34,5 km dengan energi dari peristiwa ledakan sebesar 3,9 kton. Sampai saat ini diketahui fragmen terbesar yang dapat ditemukan berukuran 11 cm. Hasil keluaran ketinggian *bolide* mulai pecah memiliki perbedaan dengan nilai ketinggian yang diperoleh *American Meteor Society* dimana *bolide* mulai mengalami ledakan pada ketinggian 22 km. Hal ini dapat disebabkan oleh model yang digunakan pada *air burst* menganggap benda meledak di ketinggian yang berbeda dengan dan setara dengan ledakan nuklir di permukaan tanah (Collins et al., 2017).

Pada peristiwa *atmospheric entry* energi yang dihasilkan akan memenuhi persamaan energi kinetik dengan nilai yang didapatkan sebesar 12 kton. Efek gelombang kejut (*blast wave*) atau biasa dikenal sebagai *air blast* yang dihasilkan dari peristiwa *air burst* akan dirasakan oleh pengamat dengan jarak 1 km setelah 1,74 menit. Adapun untuk efek *peak overpressure* dengan nilai 226-451 pa tidak memberikan dampak terhadap lingkungan. Dampak dari *peak overpressure* mampu memecahkan kaca jendela ketika mencapai nilai 6,9 Kpa. Kecepatan angin yang dihasilkan sebesar 0,531 m/s atau bahkan tidak lebih cepat jika dibandingkan dengan angin yang terjadi di laut. Serta tidak adanya efek termal yang dapat dirasakan oleh pengamat, Adapun efek termal biasanya akan dirasakan ketika fragmen yang sampai dapat menghasilkan kawah. Tingkat kebisingan yang ditimbulkan dari peristiwa *air blas* sebesar 47 dB dimana nilai ini setara dengan batas aman suara yang dapat didengar oleh telinga manusia dan biasa terjadi dalam percakapan sehari-hari. Dari seluruh keluaran EIEP

didapatkan *bolide* energetik tidak memberikan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan. Frekuensi jatuhnya benda langit serupa dengan kejadian Kuba dapat terjadi setiap 3,6 tahun sekali.

PENUTUP

Metode sederhana yang diterapkan untuk mengetahui dampak dari ledakan *bolide* energetik yang terjadi di Kuba 1 februari 2019 menggunakan *Earth Impact Effect Program* (EIEP) mendapatkan hasil tidak adanya dampak yang menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan. Dengan frekuensi kejadian serupa rata-rata 1 peristiwa setiap 3,6 tahun di atmosfer Bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementrian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dengan kontrak bernomor 281/UN40.LP.PT.01.03/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Collins, G. S., Lynch, E., McAdam, R., & Davison, T. M. (2017). A numerical assessment of simple airblast models of impact airbursts. *Meteoritics and Planetary Science*, 52(8), 1542–1560. <https://doi.org/10.1111/maps.12873>
- Collins, G. S., Melosh, H. J., & Marcus, R. A. (2005). Earth Impact Effects Program: A Web-based computer program for calculating the regional environmental consequences of a meteoroid impact on Earth. *Meteoritics and Planetary Science*, 40(6), 817–840. <https://doi.org/10.1111/j.1945-5100.2005.tb00157.x>
- Gratton, J., & Alberto Perazzo, C. (2006). Catastrophic bolide impacts on the Earth: Some estimates. *American Journal of Physics*, 74(9), 789–793. <https://doi.org/10.1119/1.2205880>
- Palotai, C., Sankar, R., Free, D. L., Howell, J. A., Botella, E., & Batcheldor, D. (2019). Analysis of the 2016 June 2 bolide event over Arizona. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 487(2), 2307–2318. <https://doi.org/10.1093/mnras/stz1424>
- Rachman, A. (2009). *Identifikasi benda jatuh antariksa di teluk bone*. 2010, 47–54.
- Rachman, A. (2013). *Metode Sederhana Untuk Memperoleh Karakteristik Asteroid Kecil Yang Jatuh Di Chelyabinsk Rusia Pada 15 Februari 2013 (a Simple Method To Obtain the Characteristics of a Small Asteroid Fell in Chelyabinsk Rusia in*. 2013, 45–52.
- Rumpf, C. M., Longenbaugh, R. S., Henze, C. E., Chavez, J. C., & Mathias, D. L. (2019). An algorithmic approach for detecting bolides with the geostationary lightning mapper. *Sensors (Switzerland)*, 19(5). <https://doi.org/10.3390/s19051008>
- Zuluaga, J. I., Cuartas-Restrepo, P. A., Ospina, J., & Sucerquia, M. (2019). Can we predict the impact conditions of metre-sized meteoroids? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 486(1), L69–L73. <https://doi.org/10.1093/mnrasl/slz060>