

## Prediksi Model PUFF Dalam Mensimulasikan Prediksi Dispersi Debu Vulkanik Gunung Anak Krakatau

Firman Setia Budi<sup>1</sup> Daryono<sup>2</sup> Kusuma<sup>3</sup> Pujo Widodo<sup>4</sup> Herlina Juni Risma S.<sup>5</sup> Rajasains E.<sup>6</sup>

Universitas Pertahanan Indonesia<sup>1,3,4,5</sup>

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika<sup>1,2,6</sup>

Email: [firmansetiabudi1210@gmail.com](mailto:firmansetiabudi1210@gmail.com)

### Abstrak

Indonesia adalah negara yang berada dalam ring of fire, tercatat ada 76 gunung api. Gunung Anak Krakatau (GAK) adalah salah satu gunung yang paling aktif di Indonesia. Karena letak GAK di Selat Sunda yang merupakan penghubung pulau Jawa dan Sumatera dengan penduduk terpadat di Indonesia, sebaran debu vulkanis GAK dapat mengganggu aktivitas masyarakat. PUFF adalah model tracer polutan dinamik yang dikembangkan untuk mensimulasikan perilaku awan abu vulkanik yang masih baru. Kecepatan simulasi pada model tersebut sangat diperlukan untuk membuat peringatan dini pada operasional meteorologi penerbangan. Model ini berdasarkan bentuk persamaan langrangian dengan asumsi kolom vertikal sumber polutan berdifusi sepanjang distribusi Gaussian dalam ruang 3D. Tujuan penulisan ilmiah ini adalah untuk mengetahui kehandalan model PUFF dalam mensimulasikan prediksi dispersi debu vulkanis GAK. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode analisis deskriptif dan tinjauan pustaka (literature review) yang penulis kumpulkan dari berbagai sumber yang berkaitan dengan makalah ini. Metode ini bertujuan untuk memberikan penjelasan yang komprehensif dan analitis berdasarkan data dari literatur. Penulis mensimulasikan prakiraan sebaran debu gunung Krakatau dengan model PUFF. Penulis juga menggunakan teknik red-green-blue (RGB) Himawari8 resep BMKG dan JMA. Hasil RGB tersebut juga dibandingkan dengan true color SNPP. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan RGB Himawari-8 resep BMKG dapat dijadikan acuan dispersi GAK. Model PUFF mensimulasikan dispersi abu vulkanis GAK yang stabil dalam waktu 4 jam dari awal letusan dan Model PUFF memperlihatkan simulasi dispersi debu GAK yang sama dengan hasil RGB satelit Himawari-8 resep BMKG.

**Kata Kunci:** *Gunung Anak Krakatau (GAK), PUFF Model, red-green-blue (RGB) Himawari8 resep BMKG dan JMA, true color SNPP, distribusi Gaussian, dispersi*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](#).

### PENDAHULUAN

Gunung Anak Krakatau (GAK) adalah salah satu gunung yang paling aktif di Indonesia berdasarkan halaman resmi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi atau PVMBG (<http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/509-g-krakatau>). Karena letak GAK di Selat Sunda yang merupakan penghubung pulau Jawa dan Sumatera dengan penduduk terpadat di Indonesia (BPS, 2010), sebaran debu vulkanis GAK dapat mengganggu aktivitas masyarakat. Oleh karena itu, pemodelan simulasi prediksi sebaran debu vulkanis GAK menjadi menarik untuk diteliti.

Pemodelan simulasi prediksi sebaran debu vulkanis GAK masih sangat terbatas. Umumnya, pemodelan sebaran debu vulkanis gunung api di Indonesia yang pernah diteliti adalah sebaran debu vulkanis gunung Soputan (Witham dkk., 2012), Galunggung (Witham dkk., 2012), Merapi (Abdillah dan Tri, 2014), Kelut (Tanaka dkk., 2016; Dare dkk., 2016), Sinabung (Nuryanto dan Fajarianal, 2014), Rinjani (Kharisma dkk., 2016), Borujari (Wiguna dkk., 2016) dan Sangeang Api (Dare, 2015).

Indonesia adalah negara yang berada dalam ring of fire. Tercatat ada 76 gunung api menurut PVMB (<http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi>).

Semua gunung api tersebut berpotensi menimbulkan letusan. Letusan tersebut dapat melontarkan material-material yang terkandung dalam gunung api. Menurut ukuran diameter debu yang dilontarkan, ada sebagian debu yang langsung jatuh ke permukaan dengan diameter yang besar dan ada juga yang melayang-layang di atmosfer dengan dimeter yang kecil.

PUFF adalah model tracer polutan dinamik yang dikembangkan untuk mensimulasikan perilaku awan abu vulkanik yang masih baru (Searcy dkk., 1998). Kecepatan simulasi pada model tersebut sangat diperlukan untuk membuat peringatan dini pada operasional meteorologi penerbangan. Model ini berdasarkan bentuk persamaan langrangian dengan asumsi kolom vertikal sumber polutan berdifusi sepanjang distribusi Gaussian dalam ruang 3D (Tanaka dkk., 2016). Formula yang digunakan adalah :

$$\begin{cases} r_i(0) = S, & i = 1 \sim M, \text{ for } t = 0, \\ r_i(t + \Delta t) = r_i(t) + V\Delta t + Z\Delta t + G\Delta t, & i = 1 \sim M, \text{ for } t > 0, \end{cases}$$

$S$  = lokasi inisial partikel

$r_i(t)$  = vektor posisi partikel ke- $i$  pada waktu  $t$  ( $x, y, z$ )

$W(\Delta t)$  = kecepatan angin lokal untuk transport partikel ( $u, v, w$ )

$Z(\Delta t)$  = kecepatan difusi yang memuat kecepatan difusi yang dibentuk oleh Gaussian random number ( $ch, ch, cv$ ).  $Z$  terkait dengan arah.

$G(\Delta t)$  = kecepatan fallout grafitasi yang didekati dengan extended Stokes Law ( $0, 0, -wt$ ).  $G$  tergantung dengan ukuran partikel.

$M$  = banyaknya jumlah partikel

$\Delta t$  = 5 menit

Data angin di-gridding ulang menggunakan 3D cubic-splines guna mendapatkan resolusi spasial 1.25 dan vertikal 16 level sampai 10 hPa. Kecepatan difusi  $c = \sqrt{2K/\Delta T}$  dengan nilai  $K_h = 150 \text{ m}^2/\text{s}$  dan  $K_v = 1.5 \text{ m}^2/\text{s}$ . Adapun  $wt$  dihitung dari :

$$\frac{w_t}{w_0} = \frac{a_0}{a_i} \left[ \left( \frac{a_0}{a_i} \right)^3 + 0.25 \right]^{0.5} - 0.5$$

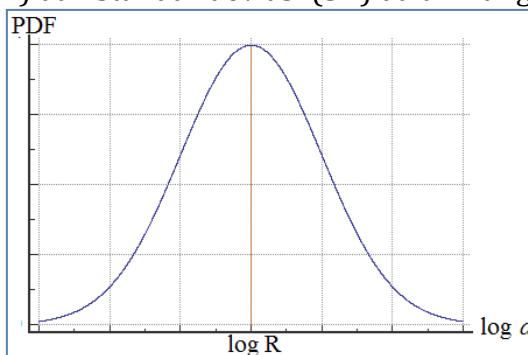
$w_t$  = terminal fall speed

$a_0$  = radius partikel  $150\mu\text{m}$  yang merupakan ukuran partikel terpisah jarak kekentalan dan inersia.

$a_i$  = radius partikel ke- $i$

$w_0$  =  $1 \text{ m/s}$

$a_i$  terdistribusi dalam probability density function (PDF) normal dalam absis logaritmik dengan input nilai median ( $\log R$ ) dan standar deviasi (SD) dalam fungsi  $\log a_i \in N(\log R, \log a)$ .



Gambar 1. Grafik PDF jari-jari partikel

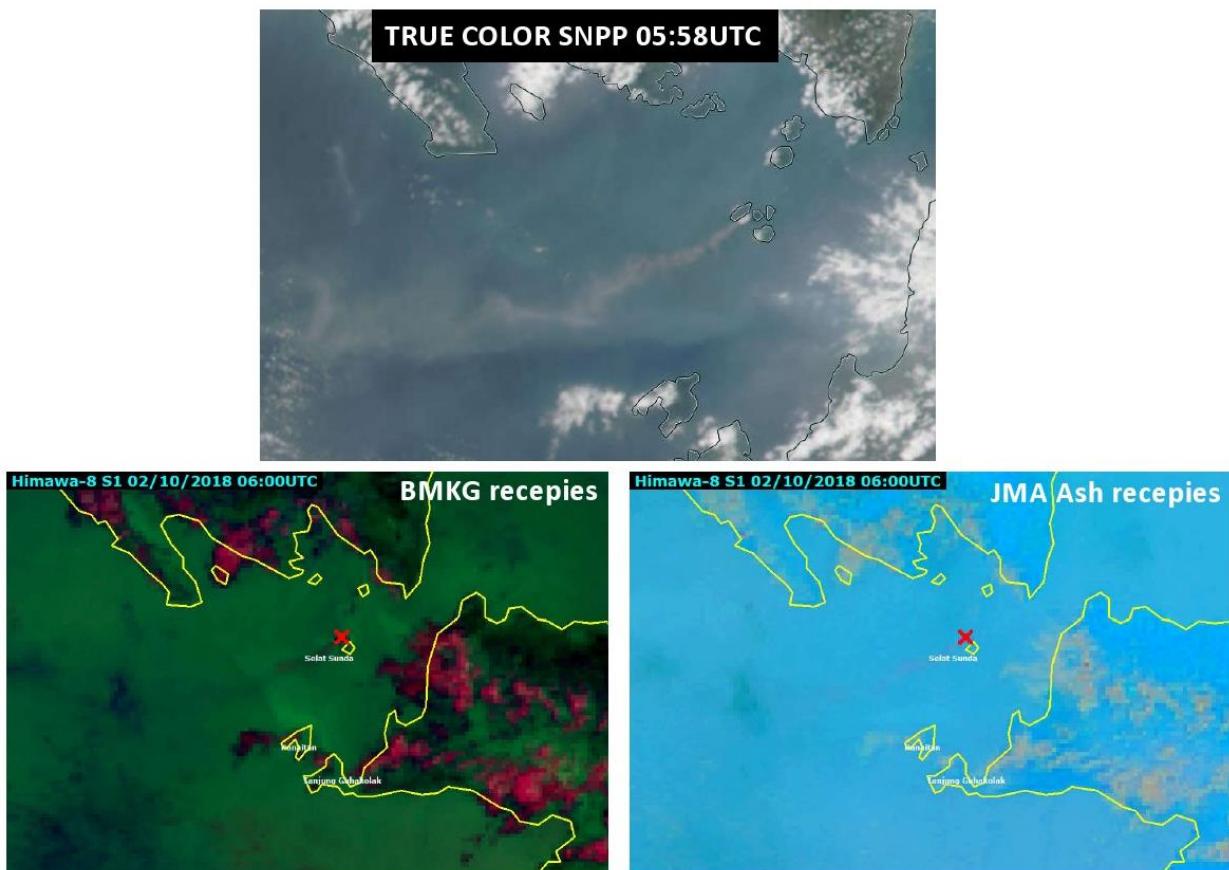
Tujuan penulisan ilmiah ini adalah untuk mengetahui kehandalan model PUFF dalam mensimulasikan prediksi dispersi debu vulkanis GAK.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode analisis deskriptif dan tinjauan pustaka (literature review) yang penulis kumpulkan dari berbagai sumber yang berkaitan dengan makalah ini. Metode ini bertujuan untuk memberikan penjelasan yang komprehensif dan analitis berdasarkan data dari literatur

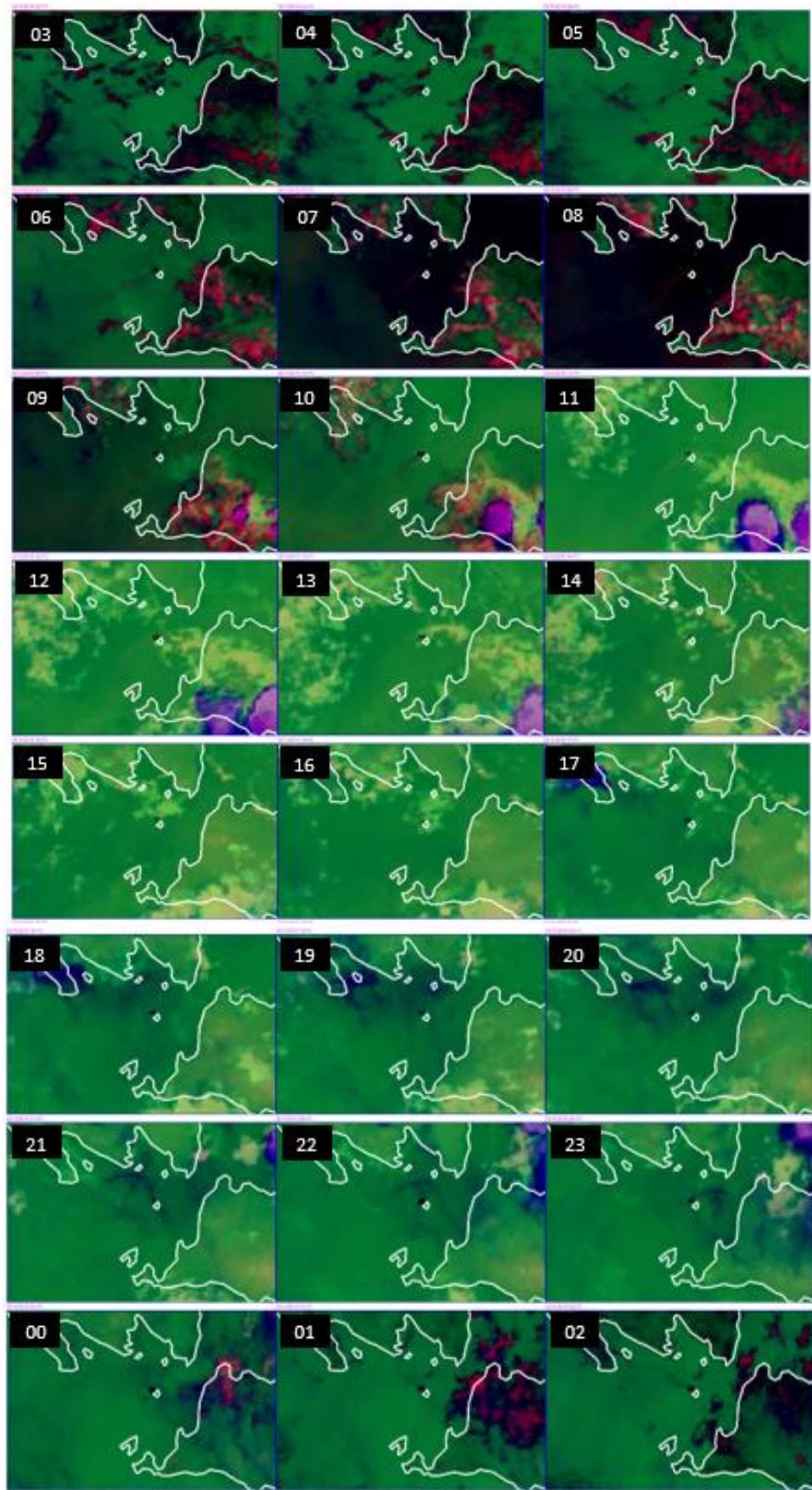
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Data global forecast system (GFS) 2 Oktober 2018 dengan initial 00 UTC dan forecast sampai T+5, Data kanal IR4, 8.6  $\mu\text{m}$ , IR1 dan IR2 satelit Himawari-8 dan Produk true color Suomi National Polar-orbiting Partnership (SNPP) 2 Oktober 2018 05:58 UTC. Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian, penulis mensimulasikan prakiraan sebaran debu gunung Krakatau dengan model PUFF. Adapun setting pada model PUFF sebagai berikut Awal letusan 2 Oktober 03 UTC, Ketinggian awal plume 5000 feet,  $M = 5$ ,  $\Delta T = 12/60$  menit = 5 menit, T akhir = 288/12 jam = 24 jam dan Median = Log R = -4.5 sehingga R = 32  $\mu\text{m}$  dan SD = 1. Penulis juga menggunakan teknik red-green-blue (RGB) Himawari8 resep BMKG dan JMA (Panjaitan dkk., 2008). Hasil RGB tersebut juga dibandingkan dengan true color SNPP yang memiliki sensitifitas lebih baik karena jaraknya dari permukaan bumi 7204 km, sedangkan Himawari-8 berjarak 35791 km.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



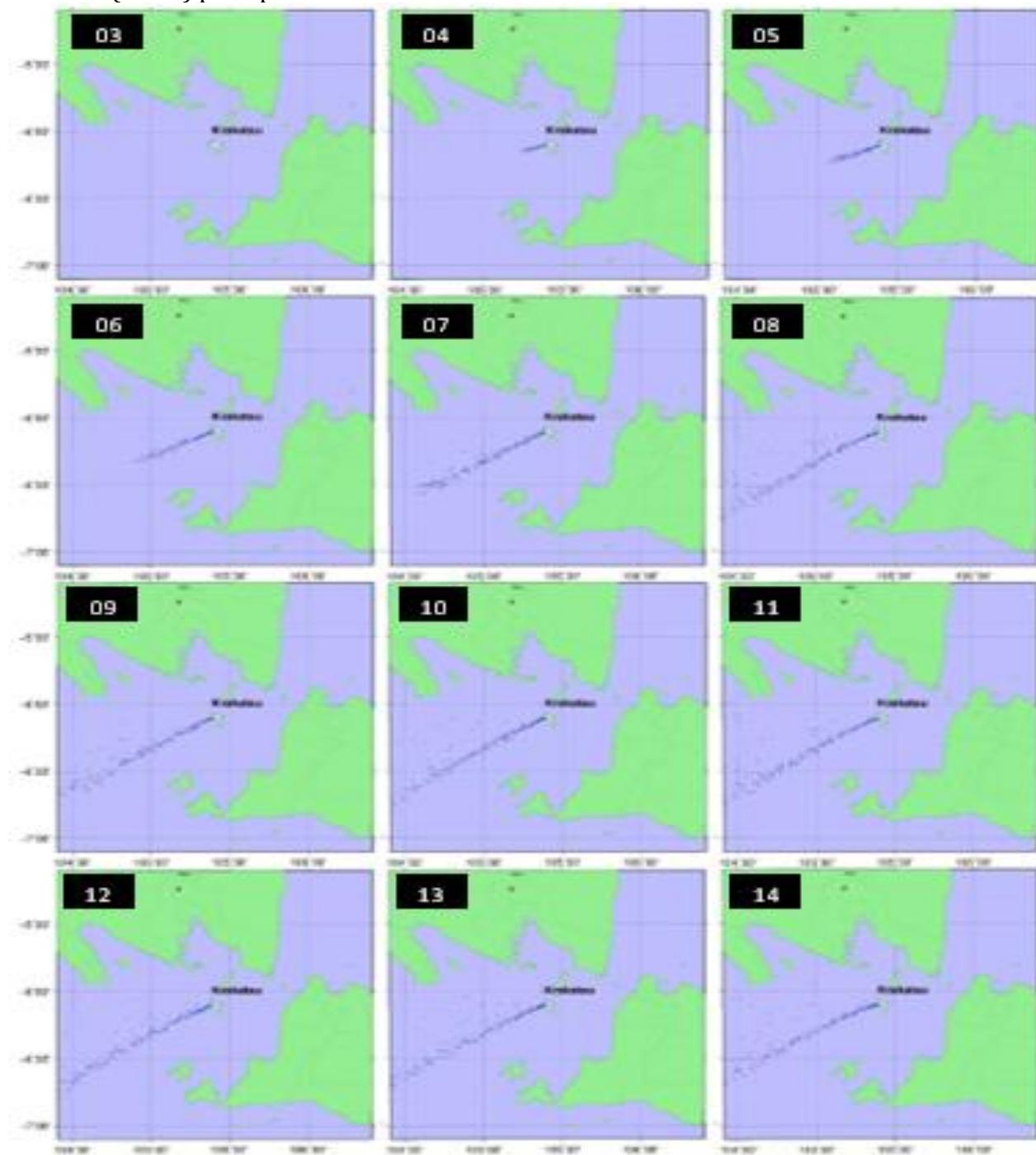
**Gambar 2. Perbandingan antara RGB resep BMKG dan JMA dengan produk true color SNPP**

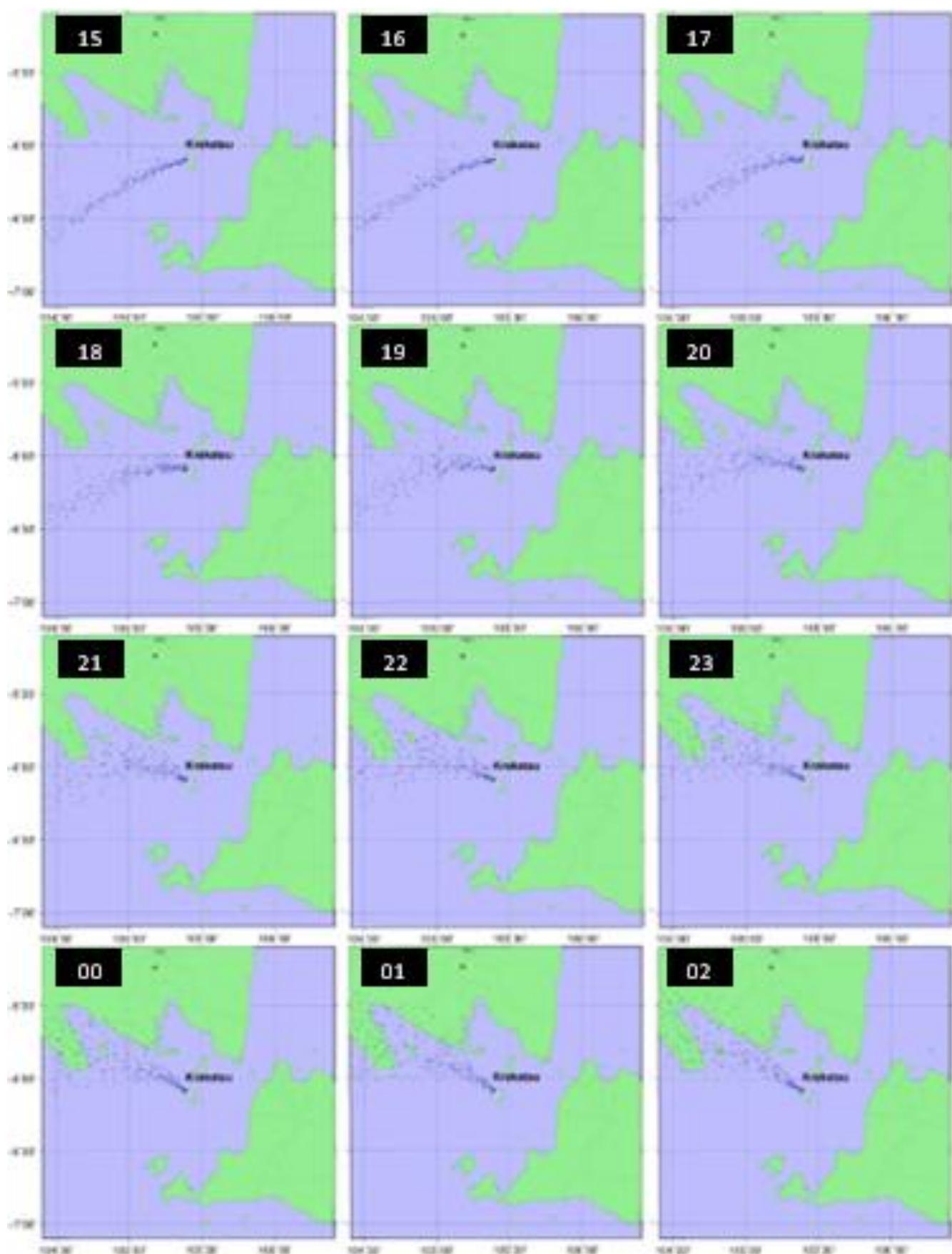
Pada gambar 2, true color SNPP memperlihatkan dispersi debu vulkanis GAK sangat jelas dengan warna kecokelatan. Dispersi mengarah ke barat daya dan terkonsentrasi hanya di Selat Sunda. Pada citra RGB resep BMKG, fitur dispersi vulkanis GAK dapat terlihat dengan arah sebaran yang sama dengan true color SNPP tetapi areanya lebih sempit. Lain halnya dengan RGB resep JMA, fitur dispersi debu vulkanis GAK tidak tampak, sehingga penulis hanya menggunakan RGB resep BMKG untuk analisis selanjutnya.



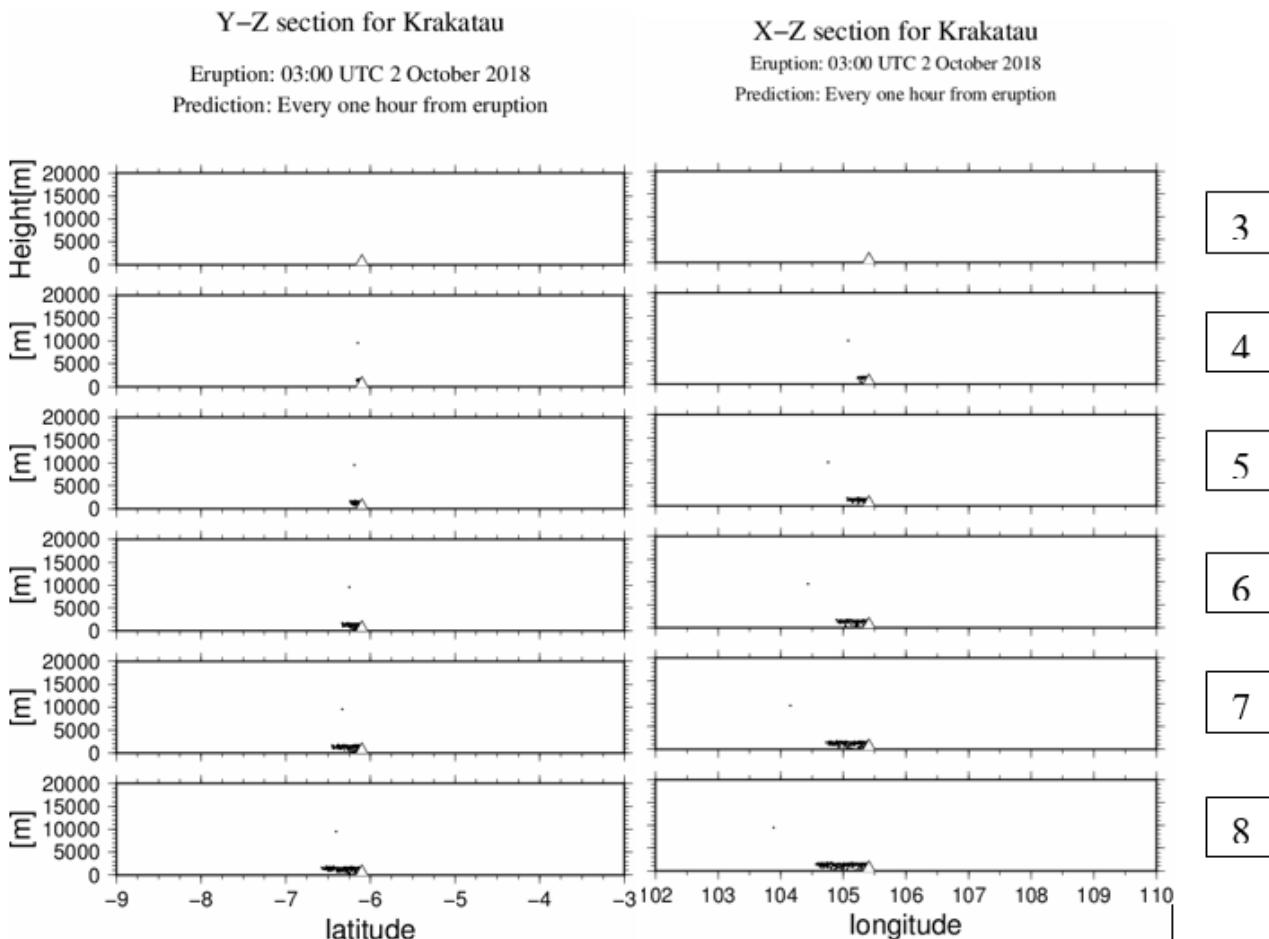
Gambar 3. RGB ash resep BMKG 2 Oktober 2018 03 UTC – 3 Oktober 02 UTC

Gambar 3 menunjukkan dispersi debu gunung api mengarah ke barat daya pada 2 Oktober 2018 05 - 10 UTC. Debu gunung Krakatau mengarah ke barat laut pada 3 Oktober 2018 01 - 02 UTC. Dispersi umumnya masih terkonsentrasi di Selat Sunda dan tidak menjangkau Pulau Sumatera bagian selatan maupun Pulau Jawa bagian barat. Sedangkan pada simulasi dispersi debu Gunung Krakatau, dispersi debu mengarah ke barat daya pada 2 Oktober 2018 04 - 19 UTC (gambar 4). Sejak 2 Oktober 2018 20 UTC, Model PUFF mensimulasikan dispersi debu Gunung Krakatau mengarah ke barat laut (gambar 4). Dispersi yang mengarah ke barat daya terkonsentrasi di Selat Sunda, tetapi sebagian dispersi yang mengarah ke barat laut terdistribusi di selatan Pulau Sumatera. Pada pukul 03 - 07 UTC, model PUFF mensimulasikan dispersi debu GAK yang terus bertambah luasan dispersinya. Penambahan luasan dispersi berhenti (stabil) pada pukul 08 UTC.





Gambar 4. Simulasi dispersi abu vulkanis GKA dengan model PUFF 2 Oktober 2018 03 UTC s.d 3 Oktober 2018 02 UTC



Karena model PUFF mensimulasikan stabilitas dispersi GAK terbentuk pada pukul 08 UTC, maka penulis membuat penampang vertikal pada pukul 03-08 UTC. Pada gambar 4.6 bagian kiri, distribusi vertikal pada arah utara-selatan mencapai ketinggian 1524 m (5000 feet) yang mengarah ke selatan. Pada bagian kanan, sebaran vertikal juga mencapai ketinggian 1524 m (5000 feet) yang mengarah ke barat. Sebaran vertikal dalam dua penampang tersebut tidak melebihi ketinggian awal letusan

## KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas, penulis menarik kesimpulan sebagai berikut :

- RGB Himawari-8 resep BMKG dapat dijadikan acuan dispersi GAK.
- Model PUFF mensimulasikan dispersi abu vulkanis GAK yang stabil dalam waktu 4 jam dari awal letusan.
- Model PUFF memperlihatkan simulasi dispersi debu GAK yang sama dengan hasil RGB satelit Himawari-8 resep BMKG

## DAFTAR PUSTAKA (Format APA/ American Psychological Association 7<sup>th</sup> Edition)

- Abdillah, M. R. dan T. W. Hadi. 2014 : Prediksi Sebaran Abu Vulkanik di Udara dengan Menggunakan Model PUFF. *Indonesian Undergraduate Research Journal for Geoscience*, Vol. 1.
- BPS. 2010 : *Peta Sebaran Penduduk Indonesia Sensus Penduduk 2010*. Penerbit BPS.
- Dare, R. A, D. H. Smith dan M. J. Naughton. 2016 : Ensemble Prediction of the Dispersion of Volcanic Ash from the 13 February 2014 Eruption of Kelut, Indonesia. *J. of Appl. Clim.* Vol. 55.

- Dare, R. A. 2015 : Sedimentation of volcanic ash in the HYSPLIT dispersion model. *CAWCR Technical Report* No. 79.
- Kharisma, S., Suyatim, E. Wardoyo dan Mahagnyana. 2017 : Identifikasi Karakteristik Sebaran Debu Vulkanik Menggunakan Model PUFF dengan Inputan Pengamatan Citra Radar Gematronik. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4*.
- Nuryanto, D. E. dan Y. Fajarianal. 2014 : Simulasi Debu Vulkanik Gunung Sinabung Menggunakan WRF-Chemistry. *Prosiding Seminar Sains Atmosfer*.
- Searcy, C., K. Dean dan W. Stringer. 1998 : PUFF : A High Resolution Volcanic Ash Tracking Model. *J. of Volcanology and Geothermal Research*.
- Tanaka, H. L, M. Iguchi dan S. Nakada. 2016 : Numerical Simulation of Volcanic ash Plume Dispersal from Kelud Volcano in Indonesia on February 13, 2014. *Journal of Disaster Research*. Vol. 11.
- Wiguna, P. P. H., K. S. Wati dan F. Setiawan. 2016 : Utilization of WRF-Chem Modelling for Barujari Mount of Volcanic Ash Distribution Analysis. *International Journal of Scientific and Research Publications*. Vol. 6.
- Witham, C., H. Webster, M. Hort, A. Jones dan D. Thomson. 2012 : Modelling concentrations of volcanic ash encountered by aircraft in past eruptions. *Atmospheric Environment* 48