

EVALUATION OF ASTER, SRTM, AND DEMNAS DEM DATA FOR LAHAR MODELLING: A CASE STUDY OF LAHAR FROM MOUNT GALUNGGUNG, INDONESIA

FAUZAN AUDITIA¹, HARY NUGROHO¹

1. Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Email: fauzan.auditya@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Lahar adalah salah satu bahaya vulkanik paling berbahaya dan skala besar. Di wilayah dengan potensi interaksi lahar dengan wilayah pusat penduduk beraktivitas, evaluasi bahaya terkait sangat penting untuk melakukan tindakan mitigasi yang tepat dan mengurangi risiko terkait. Dalam penelitian ini, pemodelan lahar menjadi metode yang efektif. Digital Elevation Model (DEM) adalah input spasial penting untuk analisis parameter topografi untuk pemodelan lahar. Kami mengevaluasi kelayakan Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) dan DEMNAS untuk pemodelan lahar di Gunung Galunggung, Tasikmalaya, Indonesia. Bahaya Lahar di Gunung Galunggung memerlukan perhatian lebih lanjut terkait dengan adanya danau kawah di puncak gunung berapi dan kemungkinan terjadinya proses banjir akibat letusan sebagai penyebab lahar. Model berbasis GIS yang digunakan untuk pemodelan lahar adalah LAHARZ di mana memprediksi daerah yang berpotensi terkena lahar. Hasil pemodelan lahar menunjukkan bahwa ketiga DEM tersebut pada dasarnya optimal untuk digunakan dengan LAHARZ. Prediksi aliran lahar dianggap lebih efektif dengan data SRTM dan DEMNAS. DEMNAS memiliki zona genangan potensial terdistribusi paling tepat dibandingkan SRTM dan ASTER. Lahar di Gunung Galunggung dimodelkan dengan volume dari 0.5×10^6 hingga 10×10^6 m³ berdasarkan skenario letusan kawah tahun 1982-1983. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa penggunaan ketiga data DEM yang berbeda tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa ketiga DEM SRTM, DEMNAS dan ASTER layak digunakan untuk pemodelan lahar membuka cakupan penelitian yang luas dalam studi bahaya vulkanik.

Kata kunci: ASTER GDEM, DEMNAS, Digital Elevation Model, Pemodelan lahar, LAHARZ, SRTM DEM

1. PENDAHULUAN

Lahar merupakan terminologi Indonesia yang menggambarkan kondisi aliran air dengan konsentrasi sedimen tinggi yang mengalir pada sungai-sungai di lereng gunung api (Valance, 2000). Lahar merupakan salah satu bahaya gunung api yang perlu mendapat perhatian yang serius. Kejadian lahar dapat dipicu oleh beberapa kejadian seperti jebolnya bendungan danau kawah akibat erupsi gunung api, hujan pada bagian hulu sungai baik pada saat erupsi maupun setelah erupsi, longsor, maupun gempa bumi yang kemudian memicu terjadinya longsor.

Gunung Galunggung merupakan gunung api aktif berdanau kawah dengan ketinggian 1829 m di atas dataran Tasikmalaya (PVMBG, 2014). Gunung Galunggung yang terletak secara geografis pada 7°15' LS dan 108°03' BT, secara administratif termasuk kepada Priangan Tatar Sunda, Kabupaten Tasikmalaya dan Garut, Provinsi Jawa Barat, telah mengalami erupsi pada tahun 1822, 1894, 1918, dan yang terakhir yaitu tahun 1982-1983. Sejarah letusan menunjukkan bahwa

letusan besar diduga telah terjadi pada beberapa ribu tahun yang lalu sebelum letusan yang tercatat pertama kalinya pada 1822. Letusan tersebut mengakibatkan terbentuknya kawah besar berbentuk sepatu kuda. Kawah tersebut membuka lebar kira-kira 1.000 m ke arah tenggara dengan kemiringan landai dan berdinding curam (Hardjosusastro, 1982).

Menurut (Katili dan Sudrajat, 1984) bahwa saat erupsi pertama pada tahun 1822, menyebabkan sebanyak 35.000 orang harus dievakuasi ke tempat pengungsian. Perkiraan 94.000 ha lahan pertanian terkena dampak dari erupsi dan produksi pertanian turun drastis, selain itu seluas 87.000 ha tanah garapan terancam selama erupsi. Gubernur Jawa Barat saat itu melaporkan bahwa kerugian diperkirakan mencapai Rp 80 miliar atau sama dengan US\$ 100 juta (kurs saat itu). Setidaknya sebanyak 300.000 penduduk menghadapi kekurangan untuk berbulan-bulan. Pada beberapa area air bersih terkontaminasi oleh debu vulkanik. Dengan demikian dapat dipahami bahwa lahar merupakan potensi yang berbahaya untuk penduduk di sekitar wilayah gunung api.

Khusus untuk gunung api yang memiliki danau kawah, maka usaha penanggulangannya lebih ditekankan dalam mengantisipasi bahaya primer, yaitu lahar. Bencana lahar di Gunung Galunggung perlu diberikan perhatian lebih karena adanya kawah dan kemungkinan adanya pendudukan erupsi seperti banjir sebagai pemicu lahar (Granados dan Brugman, 1995; Granados dan Brugman, 1998; Miranda dan Granados, 2003, dan Bursik, dkk., 2003). Kecepatan letusan Gunung Galunggung ini diakibatkan oleh keterlibatan air danau bervolume relative besar dan dengan kubah laba yang memperbesar efek letusan.

Perkembangan teknologi sistem informasi geografi dan *Digital Elevation Model* (DEM) saat ini sesungguhnya sangat memungkinkan untuk memodelkan daerah banjir aliran lahar dengan menggunakan pemodelan. Pemetaan bahaya aliran lahar yang dilakukan dengan memodelkan aliran lahar juga diharapkan dapat digunakan untuk melakukan prediksi kejadian lahar di masa yang akan datang dengan melihat sejarah kejadian lahar di waktu yang lalu (Inverson, dkk., 1998). Pemodelan dilakukan sebagai upaya untuk merepresentasikan keadaan alam ke dalam suatu perhitungan numerik.

Pada penelitian ini perlu digarisbawahi bahwa *detailed assessment* bukan tujuan utama dari bencana lahar sekitar Gunung Galunggung, namun pada penelitian ini melihat tingkat keberhasilan model lahar menggunakan data ASTER GDEM, DEMNAS, dan SRTM, sebelum diimplementasikan pada daerah dengan kondisi yang sama atau data DEM belum tersedia di lokasi tertentu.

2. METODOLOGI

2.1 Dataset

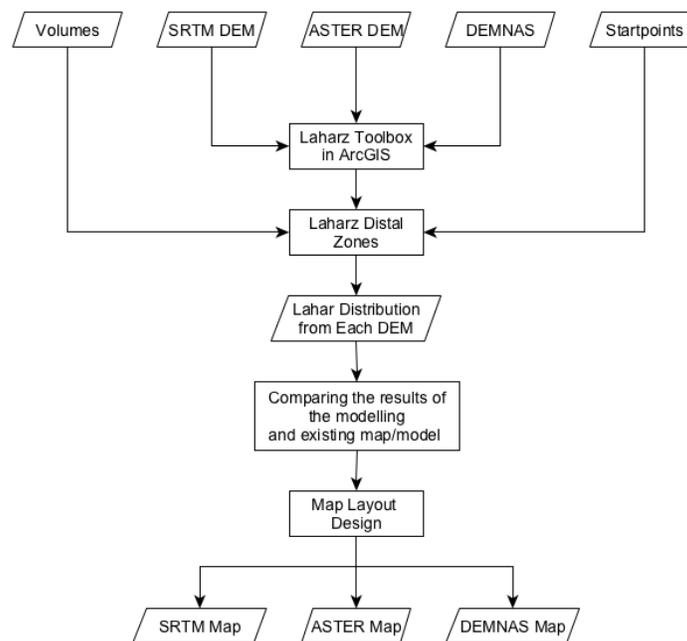
Dalam penelitian ini, akan dilakukan evaluasi kelayakan, potensi, dan batasan *Digital Elevation Models* (DEMs) dari hasil pemodelan lahar menggunakan LAHARZ di mana akan menggunakan sebanyak tiga data DEM yaitu SRTM 3-Arc Global, ASTER GDEM, dan DEMNAS, di mana data DEM tersebut sebagai data utama untuk pemodelan lahar. Area data DEM untuk cakupan area pada penelitian ini dibatasi hanya pada bagian Kota Tasikmalaya yang berbatasan langsung dengan Kota Garut. Banyaknya scene DEM yang diakuisi tergantung kepada cakupan wilayah dan resolusi spasial masing-masing DEM. Pada penelitian ini, banyaknya scenes DEM yang diakuisi yaitu

sebanyak satu *scene* untuk SRTM 3-ArcGlobal dengan resolusi + 90 m, dua *scenes* untuk ASTER GDEM dengan resolusi + 30 m, dan dua *scenes* untuk DEMNAS dengan resolusi + 10 m.

Dalam penelitian ini diperlukan juga data penunjang sebagai pendukung pemodelan, seperti Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Galunggung dan citra satelit yang ada di Google Earth Pro untuk penentuan nilai rasio H/L Cone dan pertimbangan penentuan titik awal lahar bergerak (*startpoint*) serta Peta Topografi Gunung Galunggung Tahun 1983 sebagai pembanding batasan lahar dengan hasil pemodelan.

2.2 Metodologi Penelitian

Di bawah ini adalah metodologi penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

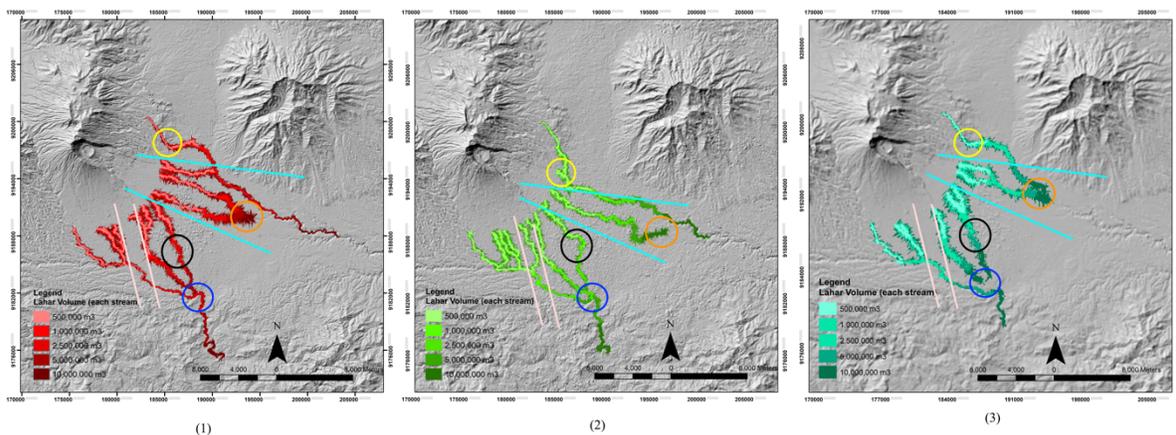
- Input data* utama (data primer) untuk pemodelan lahar adalah tiga dataset DEM. Data tambahan (data sekunder) yaitu *volumes* (terdiri dari beberapa volume dengan maksimum sebanyak tujuh volume dalam satuan m³) dan *startpoints* sebagai titik awal banjir dimulai di mana merupakan data *textfiles* dengan ekstensi .txt.
- Pengintegrasian *Laharz Toolbox* dengan ArcGIS sebagai eksekutor dalam pemodelan.
- Pemilihan metode laharz yang sesuai dengan kebutuhan pekerjaan di mana disesuaikan dengan *data input* tambahan seperti volume. Untuk *Laharz Distal Zones* bertujuan untuk prediksi aliran lahar dari hasil pemodelan dengan beberapa skenario volume yaitu (0,5 Juta m³, 1 Juta m³, 2,5 Juta m³, 5 Juta m³, 10 Juta m³).

- d. Hasil pemodelan akan dianalisis secara dengan meninjau data DEM dan juga dilihat kemungkinan anomali. Selain itu, hasil pemodelan juga akan dibandingkan dengan peta topografi yang memuat informasi batasan lahar dan/atau hasil pemodelan yang sudah ada untuk melihat perbedaan hasil dari setiap DEM. Hasil pemodelan dilanjutkan proses *map layout design* agar hasil pemodelan lahar dapat disajikan dalam peta dengan skala 1:200.000.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Model Lahar

Pemodelan lahar pada penelitian ini menggunakan tiga dataset DEM yaitu, SRTM DEM, ASTER GDEM, dan DEMNAS, sehingga menghasilkan tiga model lahar. Model lahar dibuat dengan parameter yang sama yaitu dengan skenario volume dari erupsi 1982-1983 dengan lima skenario volume 500,000 m³, 1,000,000 m³, 2,500,000 m³, 5,000,000 m³, dan 10,000,000 m³ yang digunakan kedalam tiga dataset tersebut sehingga dapat dilihat perbedaannya dan pengaruhnya dengan penggunaan DEM yang berbeda.



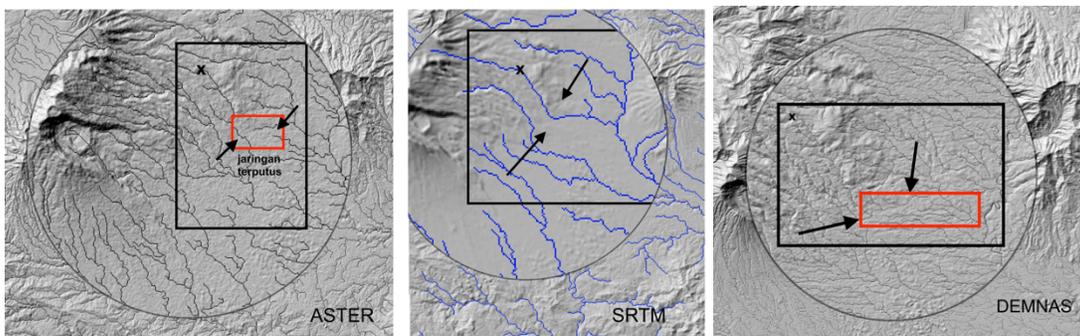
Gambar 2. Perbedaan dan Anomali Hasil Pemodelan Lahar pada DEMNAS (1), ASTER GDEM (2), dan SRTM DEM (3)

Secara umum hasil pemodelan lahar dengan skenario erupsi 1982-1983 menggunakan tiga DEM menghasilkan distribusi area potensi landaan aliran lahar yang mayoritas sama, yaitu menuju ke arah tenggara dan selatan. Hasil model menggunakan data DEMNAS dan SRTM DEM memberikan hasil pemodelan yang identik dibandingkan dengan ASTER GDEM, hal tersebut karena akuisisi data yang sama, yaitu menggunakan metode *Interferometry SAR* (InSAR). Terdapat beberapa perbedaan atau anomali aliran lahar yang signifikan pada sektor utara, tenggara, dan selatan. Sektor utara, sektor tenggara dan sektor selatan dari kawah gunung atau pusat erupsinya mengalami penyimpangan berupa pembelokan arah aliran lahar yang ada dan tidak terdapat aliran lahar di sana.

Perbedaan atau anomali dari seluruh model ditandai dengan lingkaran kuning, dua garis biru muda, hitam dan dua garis merah muda yang masing-masing terletak di utara, tenggara dan

selatan. Pada daerah tersebut aliran lahar pada ASTER GDEM tidak terbentuk, berbeda dan tidak searah apabila dibandingkan DEMNAS dan SRTM DEM. Permasalahan tersebut disebabkan karena di sekitar model elevasi yang terdapat perbedaan dianggap datar sehingga terdapat dua opsi yaitu jaringan sungai yang dibangun tidak terbentuk atau jaringan sungai berbelok tidak sesuai dengan yang seharusnya.

Selain itu, pada Gambar 3. terdapat lingkaran biru yang menunjukkan aliran lahar SRTM berhenti sehingga lebih pendek daripada DEMNAS dan ASTER GDEM. Hal tersebut wajar terjadi karena resolusinya 90 m di mana lebih lebar dan kasar. Maka dari itu, karena ukuran resolusi yang berbeda, sehingga ukuran resolusi itu tidak dapat memperlihatkan atau mewakili kondisi yang sesungguhnya. Namun demikian, dari ketiga model tersebut dapat melihat hasil yang memiliki perbedaan signifikan akibat perbedaan resolusi. Untuk membuat pemodelan yang digunakan dalam mitigasi bencana (semua aspek bencana perlu diperhatikan) yang berbahaya itu wajib detail.



Gambar 3. Contoh Jaringan Sungai yang Terputus (Sektor Utara, Lingkaran Kuning)

3.2. Data dan Algoritma LAHARZ

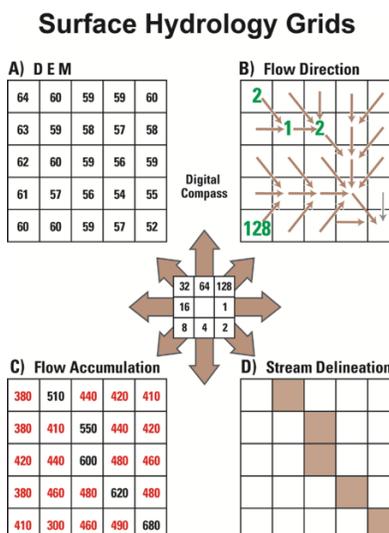
Resolusi spasial dari DEM mengacu kepada area di lapangan di mana diwakili dengan setiap satu sel grid. Resolusi rendah atau kasar (*coarse*) dan resolusi tinggi atau halus (*fine*) sebetulnya adalah istilah relatif. Resolusi tinggi menyiratkan secara komparatif kondisi di permukaan bumi lebih baik, di mana data dengan resolusi rendah kondisi detail topografi lebih halus (ESRI, 2016).

Data yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu SRTM DEM dengan resolusi 90 m, ASTER GDEM 30 m, dan DEMNAS dengan resolusi 8 m. DEMNAS memberikan hasil yang terbaik karena resolusinya paling tinggi diantara ASTER GDEM dan SRTM DEM. Namun, untuk mendapatkan data DEMNAS yang baik perlu menurunkan data dari IFSAR (± 5 m), TERRASAR-X (± 5 m), dan ALOS PALSAR (± 11.25 m) dengan penambahan data *masspoint* dari hasil *stereo plotting* (BIG, 2018). DEMNAS sendiri menggunakan metode asimilasi data *masspoint* kedalam *Digital Surface Model/DSM* (IFSAR, TERASAR-X atau ALOS-PALSAR) dengan menggunakan GMT¹-*surface* dengan tension 0.32. Dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan data DEMNAS membutuhkan waktu untuk melakukan pengolahan data dahulu sehingga data DEMNAS bukan data yang instan (lebih lama). Apabila terjadi pengulangan erupsi atau bencana letusan lanjutan lagi di kemudian hari dan dibutuhkan data cepat untuk melakukan monitoring hasil landaan lahar karena dikhawatirkan

¹ GMT is the table where consist of grid data using adjustable tension to continuous curvature splines, in DEMNAS's case, is 0.32.

terjadi erupsi susulan dan tambahan korban jiwa, perlu dilakukan kemabli pemodelan dengan permukaan tanah yang baru. Maka dari itu, perlu adanya pengadaan data baru dengan pilihan dari tiga data yang tersedia yaitu SRTM dengan 90 m, ASTER GDEM 30 m, atau DEMNAS 8 m. Pertimbangan dalam penggunaan DEM menawarkan langkah yang efisien untuk merepresentasikan permukaan tanah dan memudahkan untuk ekstraksi langsung dengan beberapa keuntungan dalam efisiensi pengolahan, efektivitas biaya, dan penilaian akurasi, dibandingkan dengan metode konvensional yang mengacu kepada peta topografi, survey lapangan, atau interpretasi secara fotografik. SRTM (NASA) dengan resolusi spasial 90 m dan merekam setiap 11 hari sekali untuk membangun DEM dengan cakupan 60° N - 56°S menggunakan observasi RADAR/InSAR dan dipertimbangkan lebih akurat karena sinar radar menembus ke dalam kanopi pohon untuk mendapatkan pengukuran topografi yang akurat. Lalu, ASTER GDEM (METI-Japan) dengan resolusi 30 m dan merekam setiap 16 hari sekali untuk membangun DEM dengan cakupan 83°N - 83°S dengan teknik stereo imagery dan fotogrametri untuk ekstraksi DEM yang diperoleh dengan sudut nadir dan backward angles di area yang sama. Hasil model menggunakan SRTM DEM, meskipun dengan resolusi spasial yang lebih kasar, telah dibuktikan bahwa dapat merepresentasikan model lahar lebih layak dibandingkan dengan ASTER dan kualitasnya menyamai DEMNAS, khususnya berkaitan dengan aliran lahar. Namun, dari seluruh pertimbangan tersebut, ASTER GDEM mampu memberikan detail yang cukup untuk distribusi aliran lahar dan ASTER memiliki *Expedited Data Set* (EDS) di mana merupakan prioritas perekaman data untuk kebutuhan bencana alam.

LAHARZ digunakan untuk memprediksi aliran lahar di Gunung Galunggung, menggunakan lima skenario volume yaitu 500,000 m³, 1,000,000 m³, 2,500,000 m³, 5,000,000 m³, dan 10,000,000 m³. Volume tersebut mewakili interval atau jangkauan potensi volume dari material yang terperangkap di sepanjang jalur aliran dan berubah menjadi lahar. Berdasarkan hasil pemodelan, terdapat beberapa perbedaan dari setiap model pada setiap sektor. Hal tersebut dapat disebabkan oleh jaringan sungai yang terputus atau *overestimate*.



Gambar 4. Diagram bagian dari *digital elevation model (DEM)*. (a) DEM di mana *cell* menyimpan nilai ketinggian. (b) *Flow direction grid* diturunkan dari DEM. (c) *The flow accumulation*. (d) *Cells* dalam *data the flow accumulation* dengan nilai lebih besar atau sama dengan nilai *stream delineation threshold*.

Bagian data terpenting dari LAHARZ yaitu DEM yang akurat, di mana setiap *cell* menyimpan nilai ketinggian, hal tersebut ditunjukkan pada gambar 4. LAHARZ menjelaskan bahwa program ini dapat mengoreksi potensi kesalahan ketinggian dengan menggunakan fungsi untuk iterasi di seluruh bagian DEM secara otomatis, mengisi depresi yang lebih rendah dari *threshold* yang ditentukan. Seringkali depresi di DEM adalah elevasi yang salah, disebut sebagai "*sinks*", sering dibuat selama pembuatan DEM dan menghambat rute aliran permukaan. Namun, beberapa *sink* mungkin mewakili depresi permukaan nyata, seperti tambang atau lubang erosi alami (Jenson dan Domingue, 1988).

Pemodelan lahar dilakukan dengan asumsi luas area penampang melintang aliran lahar akan konstan sesuai dengan volume lahar yang diberikan. Penampang melintang ini akan mempengaruhi luas area planimetris serta lebar aliran lahar yang terbentuk. Pada sungai dengan profil melintang yang landai, pada umumnya lahar akan menyebar jauh keluar dari sungai tersebut yang dapat mengakibatkan *overestimate* (ditunjukkan dengan hasil yang runcing-runcing) di mana kurang mewakili untuk aliran fluida, namun cukup dimengerti secara umum. Algoritma LAHARZ pada penelitian ini dibandingkan dengan algoritma program pada penelitian Nugroho, 2000. Pada penelitian tersebut, terdapat banyak parameter yang dihitung sehingga hasil cenderung lebih natural dibandingkan dengan hasil pemodelan menggunakan LAHARZ. Program yang digunakan dalam penelitian Nugroho, 2000, merupakan program pemodelan lahar dalam bahasa pemrograman fortran.

Terlepas dari berbagai ketidakpastian yang melekat dalam penggunaan model LAHARZ untuk memprediksi daerah yang berpotensi tergenang, perlu dicatat bahwa model relatif dengan sesuai perkiraan zona genangan (zona bahaya), berdasarkan pemetaan geologi endapan lahar masa lalu (W.E Scoot, 1995) dan (Vallance, 1999). Namun, terdapat satu perbedaan penting, yaitu bahwa model lahar gunung galunggu menggunakan topografi dasar terbaru, sedangkan lahar masa lalu mengisi dasar lembah (topografi) yang sekarang terkubur.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan pemodelan area yang terdapat oleh lahar menggunakan tiga jenis data DEM yaitu ASTER GDEM, SRTM DEM, dan DEMNAS, serta berhasil melihat pengaruh dari penggunaan data yang berbeda. Penelitian ini menunjukan bahwa SRTM DEM, ASTER GDEM, dan DEMNAS layak untuk pemodelan lahar menggunakan model aliran massa (*the mass-flow models*) LAHARZ dengan salah satu dari ketiga model tersebut diterapkan. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan dalam model lahar dengan volume yang sama, hal tersebut terungkap saat menggunakan SRTM DEM (90 m), ASTER GDEM (30 m), dan DEMNAS (8 m) dengan LAHARZ, di mana hal tersebut disebabkan oleh aliran lateral yang lebih kuat pada model lahar dengan ASTER GDEM. Resolusi DEM yang optimum agar memberikan hasil yang baik dan mewakili kejadian sebelumnya secara umum yaitu berkisar antara 1 m sampai dengan 30 m untuk memberikan hasil yang wajar. Namun, hal tersebut merupakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, khususnya untuk cakupan global yaitu 30 m dan 10 m khususnya untuk cakupan Indonesia di mana perlu untuk mempertimbangkan teknik yang dipakai dalam penurunan DEM tersebut dibangun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan Mitigasi Gunung Api Wilayah Barat, PVMBG, ESDM.

DAFTAR RUJUKAN

- Brugman, M., Delgado Granados, H., (1998). *Evaluating glacier-related hazards on an active volcano: Popocatepetl Volcano, Mexico City. Geomatic in the era of Radarsat*, Ottawa, Ontario, Canada, June 9-11, 1998, pp. 276–277. Abstracts.
- Bursik, M., Martínez-Kackert, B., Delgado Granados, H., González Huesca, A., (2003). *A smoothed-particle hydrodynamic automaton of landform degradation by overland flow*. *Geomorphology* 53, 25–44.
- Delgado Granados, H., Brugman, M., (1995). *Monitoreo de los glaciares del Popocatepetl. Volcán Popocatepetl, Estudios Realizados durante la Crisis de 1994–1995*, CENAPRED-UNAM, pp. 221–244.
- Hardjosusastro, R. (1982). *Letusan Gunung Galunggung, Akibat, dan Kemungkinan Pemanfaatan Pada Masa Mendatang*. Bandung, Indonesia: Direktorat Vulkanologi.
- Katili, J. A., dan Sudrajat, A. (1984). *Galunggung The 1982-1983 Eruption*. Bandung: Volcanological Survey of Indonesia, Directorate General of Geology, Resources Department of Mines and Energy.
- PVMBG. (2014). *Gunung Galunggung-Sejarah Letusan*. Retrieved September 17, 2019, from Data Dasar Gunungapi: <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/523-g-galunggung?start=1>
- Vallance, J.W. (2000). *Lahar. Encyclopedia of Volcanoes* (Vol. 1). San Diego: Academic Press