

Analisis dan Validasi Hasil Simulasi Luapain Air Kali Kedungbener di Kecamatan Kebumen Menggunakan Sistem Informasi Geografis

Analysis and Validation of Water Outflow Simulation Results in the Kedungbener River Kebumen District using Geographic Information Systems

Akhmad Barizil Hak*, Agung Budi Cahyono, Nurwatik

Departemen Teknik Geomatika; Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan; Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: akhmadbarizilhak9b03@gmail.com

Diterima: 15082021; Diperbaiki: 01112021; Disetujui: 15112021; Dipublikasi: 10012022

Abstrak: Pemodelan daerah genangan banjir diperlukan dalam upaya mengurangi dampak banjir, seperti pembuatan peta daerah genangan banjir. Pembuatan peta tersebut dapat menggunakan bantuan perangkat lunak sistem informasi geografis, seperti HEC-GeoRAS dan HEC-RAS. Pada hasil Studi-1 dengan nilai debit 250 m³/det menunjukkan ekstensi genangan yang meluas secara visual hingga mencapai daerah pemukiman penduduk. Namun, hasil simulasi S1 tidak menunjukkan kondisi yang sebenarnya disebabkan terdapat daerah kosong tidak tergenang banjir yang dipengaruhi oleh medan topografi pada DTM. Hasil interpolasi DTM dari data LiDAR menjadi TIN memberikan nilai RMSE sekitar $2,808 \times 10^{-13}$ meter. Sedangkan, hasil simulasi Studi-2 dengan nilai debit aktual 96,15 m³/det tidak menunjukkan terjadinya genangan di areal persawahan, pemukiman penduduk dan pada Jalana Nasional Kebumen-Kutoarjo setelah dilakukan validasi terhadap data akibat kejadian banjir berdasarkan data Rekap Inventarisasi Kejadian Bencana Alam Banjir Jawa Tengah Periode Oktober 2018 – April 2019 dari Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah. Ketidaksesuaian hasil simulasi S2 disebabkan oleh terjadinya curah hujan intensitas tinggi yang tercatat menurut data dari Dinas Pusdataru Jawa Tengah yang tidak diperhitungkan dan perubahan topografi DTM badan sungai setelah diproses dengan metode *hydro enforcement*.

Copyright © 2022 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Flood inundation area modeling is needed in an effort to reduce the impact of flooding, such as making a map of the flood inundation area. In making these maps, we can use the help of geographic information system software, such as HEC-GeoRAS and HEC-RAS. The results of Study-1 with a discharge value of 250 m³/s show inundation extensions that visually extend to reach residential areas. However, the results of the S1 simulation do not show the actual condition because there are empty areas that are not flooded which are influenced by the topographical terrain in the DTM. The results of DTM interpolation from LiDAR data into TIN give an RMSE value of about 2.808×10^{-13} meters. Meanwhile, the simulation results of Study-2 with an actual discharge value of 96.15 m³/s do not show the occurrence of inundation in rice fields, residential areas and on the Kebumen-Kutoarjo National Road after validation of data due to flood events based on the Inventory of Flood Natural Disasters data. The discrepancy in the S2 simulation results was caused by the occurrence of high intensity rainfall recorded according to data from the Central Java Pusdataru Service which was not considered and changes in the DTM topography of river bodies after being processed by the *hydro enforcement* method.

Kata kunci: Banjir; curah hujan; *hydro enforced*-DTM; sistem informasi geografis

Cara untuk sitasi: Hak, A.B. Nurwatik, & Cahyono, A.B.. (2021). Analisis dan Validasi Hasil Simulasi Luapan Air Kali Kedungbener di Kecamatan Kebumen Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Geoid*, 17(1), 62 - 71.

Pendahuluan

Banjir yang terjadi di sungai terjadi ketika aliran sungai tidak dapat lagi ditahan di dasar sungai, dan menyebabkan luapan air di tepinya. Banjir merupakan kejadian alam dan nyata terjadi pada beberapa sungai, yang disebabkan oleh setiap gelombang air yang meluap (curah hujan lebat, puncak hujan musiman, atau pencairan salju musiman) yang membanjiri saluran sungai, yang mendukung ekosistem paling dinamis secara

alami, pembentukan tanah dan distribusi ulang nutrisi di lahan aluvial sekitarnya (Poff dalam Conde dan Muñoz. 2019).

Bencana banjir merupakan salah satu bencana yang sering terjadi pada beberapa kota di Indonesia. Bencana banjir dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan terhadap pemukiman (tempat tinggal), perekonomian dan lingkungan suatu wilayah, serta kehilangan jiwa manusia (Al Amin et. al., 2015a). Berdasarkan data dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah, pada tanggal 16 Januari 2019 terjadi bencana banjir di Kecamatan Kebumen akibat luapan Kali Kedungbener. Dalam rangka mengurangi dampak banjir, dapat disusun berbagai kebijakan dan program penanggulangan, di mana pada tahap pra-bencana dapat dilakukan kegiatan, salah satunya pembuatan peta daerah genangan banjir. Pembuatan peta genangan tersebut dapat menggunakan beberapa *tools*, yang terkenal di antaranya adalah HEC-RAS dan HEC-GeoRAS.

HEC-GeoRAS merupakan Ekstensi ArcGIS ini memberikan pengguna dengan pengalaman yang terbatas di dalam SIG untuk membuat *file* impor HEC-RAS yang terdapat data geometris dari DTM dan dataset. HEC-GeoRAS menghasilkan data geometri untuk diimpor ke dalam HEC-RAS dan memungkinkan menampilkan hasil dari RAS (*River Analysis System*). HEC-GeoRAS memerlukan DTM yang direpresentasikan oleh *Triangulated Irregular Network* (TIN) atau sebuah GRID (Ackerman 2009).

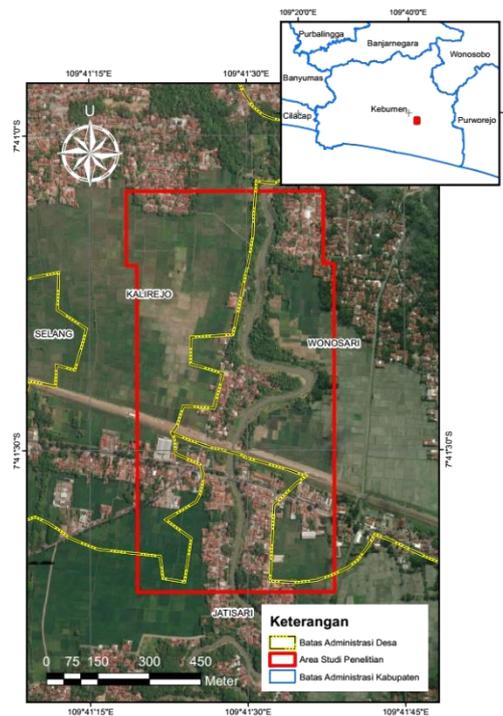
Dalam Zevri (2014), HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk pemodelan aliran saluran terbuka seperti drainase, sungai, dan penampang saluran terbuka lainnya. *River Analysis System* (RAS), dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center* (HEC) yang merupakan satuan kerja di bawah *US Army Corps of Engineers* (USACE). HEC-RAS dapat menyajikan merupakan pemodelan satu dimensi aliran tunak maupun tak-tunak (*steady and unsteady one dimensional flow model*).

Hasil yang diperoleh dari visualisasi simulasi genangan banjir dari luapan Kali Kedungbener adalah Studi-1 (S1) dan Studi-2 (S2). Pembuatan Studi-1 (S1) dilakukan untuk mengetahui hasil visualisasi simulasi genangan banjir dengan menggunakan nilai debit rencana buatan yang mulai menunjukkan terjadinya genangan mencapai tepian sungai dan estimasi dari nilai debit tersebut. Sedangkan, Studi-2 (S2) merupakan hasil visualisasi simulasi genangan banjir dengan menggunakan nilai debit aktual harian 16 Januari 2019 sebesar 96,15 m³/det dari Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah. Analisis pada Studi-1 dilakukan untuk mengetahui pengaruh DTM yang digunakan terhadap hasil simulasi dan validasi Studi-2 dilakukan untuk mengetahui kualitas hasil simulasi terhadap parameter akibat kejadian banjir dari Dinas Pusdataru Jawa Tengah tanggal 16 Januari 2019.

Data dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini terletak di Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah dengan koordinat geografis adalah 07°41'05,2455" LS - 07°41'43,5515" LS dan 109°41'18,5452" BT - 109°41'38,5157" BT. Lokasi penelitian ini adalah terletak di perbatasan tiga desa yang mencakup sebagian wilayah Desa Wonosari, Jatisari dan Kalirejo, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data foto udara Desa Wonosari, Kecamatan Kebumen NLP 1408-1325B tahun 2019; data LiDAR *model key point* Desa Wonosari, Kecamatan Kebumen NLP 1408-1325B tahun 2019; serta data tabular debit air sungai Kali Kedungbener tahun 2019 dan kejadian banjir periode Oktober 2018 sampai April 2019 dari Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang (Pusdataru) Provinsi Jawa Tengah sebagai parameter validasi hasil visualisasi simulasi S2. Dalam pembuatan geometri sungai dan ekstraksi nilai kekasaran Manning menggunakan aplikasi HEC-GeoRAS 10.3 dan pembuatan simulasi luapan air sungai menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.1.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

DTM yang diperlukan dalam penelitian ini diperoleh dari MKP LiDAR dengan metode pemrosesan menggunakan *hydro enforcement*. *Hydro enforcement* merupakan metode untuk memodifikasi nilai elevasi dari suatu data LiDAR yang memiliki *point cloud* sangat rinci dalam menggambarkan topografi. Data LiDAR dalam penelitian ini memiliki spesifikasi pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi data LiDAR

Tanggal Akuisisi	19 Januari 2019
Klasifikasi Point LiDAR	8 – <i>Model Key Point (mass point)</i>
LiDAR Point Density	0,32 sampel/m ² (<i>mean</i>)
Sistem Koordinat	Proyeksi UTM 49 S (EPSG: 32749)
Lokasi	Kali Kedungbener (perbatasan tiga desa: Kalirejo, Wonosari dan Jatisari)
Wilayah Administrasi	Kecamatan Kebumen, Kabupaten Kebumen
Sumber Data	PT. Waindo SpecTerra

Metode *hydro enforcement* dilakukan dengan menurunkan atau menaikkan elevasi suatu wilayah agar dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Objek yang menghambat pembuatan unsur perairan dihilangkan dan dilakukan pengeditan, agar dapat mengisi area kosong dari objek penghambat unsur perairan (Febriana, 2018). Pembuatan geometri sungai, ekstraksi nilai kekasaran Manning untuk tutupan lahan menggunakan *tools* dari aplikasi HEC-GeoRAS 10.3. Setelah itu, simulasi genangan banjir dapat dilakukan di dalam HEC-RAS 5.0.1.

Toolbar HEC-GeoRAS yang telah di pasang pada perangkat lunak SIG memiliki beberapa *tools* yang disajikan untuk memulai proses pembuatan simulasi genangan banjir. *Tools* tersebut perlu diaktifkan oleh pengguna dan memungkinkan untuk mengubah kotak dialog atau penunjuk tetikus, yang menandakan untuk melanjutkan langkah berikutnya. Beberapa *tools* tersebut ditunjukkan pada Tabel 2 (Ackerman, 2009):

Tabel 2. *Tools* pada HEC-GeoRAS dan fungsinya

	Memungkinkan pengguna menetapkan nama <i>River</i> dan <i>Reach</i> untuk jaringan sungai		Menghasilkan garis melintang (<i>cross section</i>) tegak lurus terhadap garis tengah alur sungai pada interval tertentu
	Memungkinkan pengguna untuk memberikan nilai atau nomor stasiun		Menghasilkan plot melintang
	Memberikan <i>LineType</i> (<i>Left, Channel, Right</i>) pada kelas fitur <i>Flow Path</i>		Memasukkan nilai elevasi tanggul
			
Mengonversi hasil HEC-RAS dalam format SDF menjadi bentuk XML. Dibutuhkan terutama pada hasil pasca pemrosesan RAS			

HEC-RAS merupakan salah satu model terpopuler yang mampu memberikan hasil ketinggian banjir dalam satu dimensi atau elevasi permukaan air (*water surface elevation* atau WSE) sungai, arus dan lain sebagainya. Dalam HEC-RAS menggunakan persamaan energi berdasarkan persamaan Saint Venant dan juga dengan prosedur iteratif yang disebut metode langkah standar (Kumar et. al., 2017). Persamaan energi dituliskan sebagai berikut (Brunner, 2016):

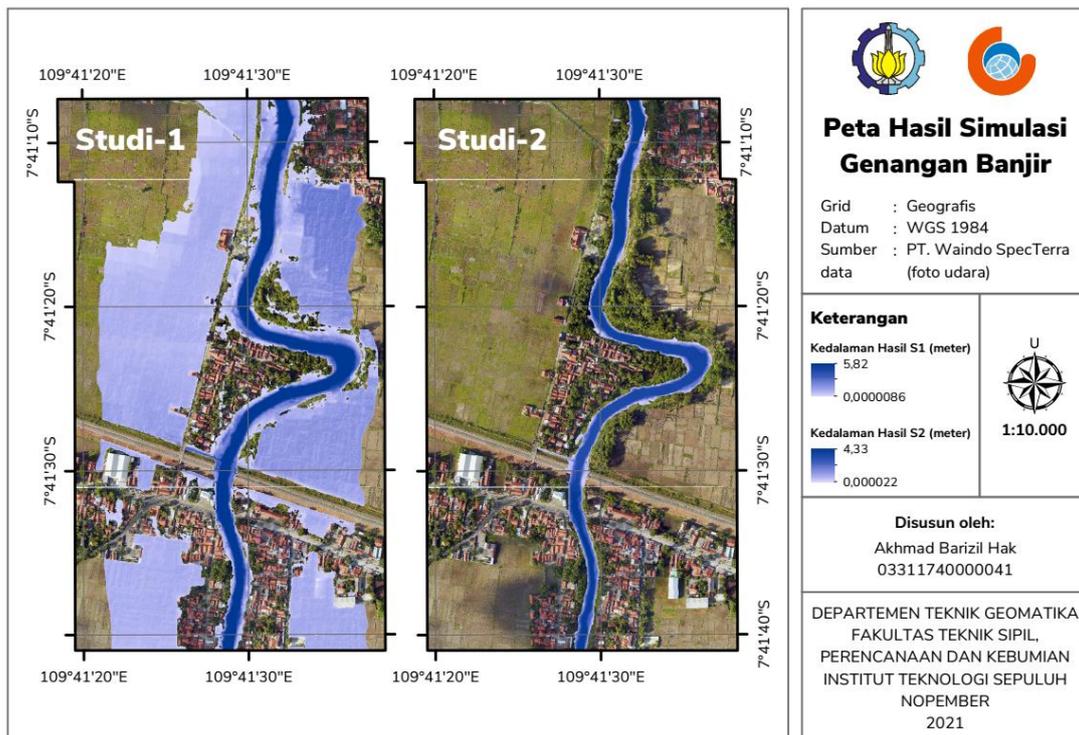
$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

di mana Z_1, Z_2 elevasi dasar saluran utama; Y_1, Y_2 merupakan kedalaman air pada penampang melintang; V_1, V_2 laju rata-rata (debit total dibagi luas area total); a_1, a_2 merupakan koefisien pembobotan laju; g adalah percepatan gravitasi; dan h_e adalah nilai kehilangan tinggi energi.

Tahapan analisis dilakukan dengan mengintegrasikan hasil simulasi Studi-1 (S1) dan Studi-2 (S2) yang telah dilakukan sebelumnya dengan foto udara sebagian wilayah Kecamatan Kebumen. Visualisasi hasil simulasi S1 dan S2 tersebut digunakan untuk pembuatan peta genangan banjir. Analisis kualitas hasil Studi-1 dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh *hydro enforced-DTM* dalam penelitian ini. Untuk mengetahui kualitas hasil simulasi, dilakukan validasi hasil Studi-2 terhadap data Rekap Inventarisasi Kejadian Bencana Alam Banjir Jawa Tengah Periode Oktober 2018 – April 2019 dari Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah. Validasi dilakukan dengan menggunakan parameter akibat kejadian banjir pada tanggal 16 Januari 2019 sebagai berikut.

- Menggenangi areal persawahan ± 8 ha.
- Menggenangi pemukiman penduduk Desa Wonosari, Jatisari dan Jalan Nasional Kebumen-Kutoarjo sepanjang 500 meter.

Validasi dengan data di atas penting dilakukan pada Studi-2, agar dapat diketahui apakah model hasil simulasi sesuai atau valid dengan data kondisi tersebut. Hasil simulasi Studi-1 dan Studi-2 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil simulasi Studi-1 dan Studi-2

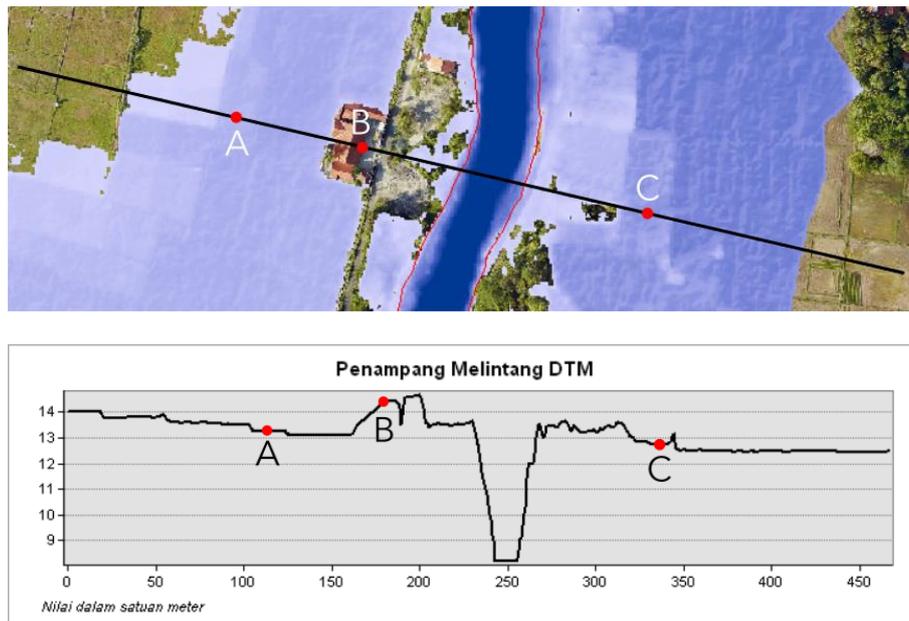
Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Hasil Studi-1

Debit rencana buatan disusun dengan menentukan nilai masukan ke dalam HEC-RAS sebanyak 25 nilai yang akan digunakan dalam simulasi. Nilai yang ditentukan ini dibuat dengan menggunakan bilangan bulat dimulai dari nilai 10, 20, 30 hingga 250 dalam satuan m^3/det . Nilai-nilai debit tersebut akan dimasukkan dalam proses simulasi untuk mengetahui estimasi nilai debit rencana yang dapat melebihi tepian sungai. Setelah diperoleh hasil simulasi, diketahui bahwa pada nilai debit $250 \text{ m}^3/\text{det}$ menghasilkan estimasi visualisasi debit yang mulai melebihi tepi sungai. Hasil yang diperoleh setelah proses simulasi dengan HEC-RAS disebut sebagai hasil Studi-1.

Hasil visualisasi kedalaman genangan S1 (Gambar 2) dengan foto udara tidak menunjukkan hasil yang sebenarnya dari luapan air sungai, dikarenakan luapan air sungai tidak menggenangi area terdekat sungai dan terdapat area kosong yang tidak tergenang. Hal tersebut terjadi karena muka air banjir yang dihasilkan dari simulasi tidak mencapai elevasi dataran area kosong yang lebih tinggi, sehingga hasil simulasi S1 memiliki visualisasi daerah yang tidak tergenang dari luapan air sungai. Sedangkan, visualisasi kedalaman S2 menunjukkan hasil genangan pada area sungai dan tidak melebihi tepi sungai.

Lebih lanjut analisis hasil S1, pada Gambar 3 diasumsikan titik A, B dan C dengan nilai elevasi yang berbeda pada DTM penelitian ini. Dalam hasil simulasi S1, titik A dan C tergenang oleh luapan air sungai, sedangkan titik B tidak tergenang banjir disebabkan elevasi yang lebih tinggi dari kedua titik A dan C. Hasil DTM yang diperoleh memiliki ketelitian yang cukup kecil, sehingga titik B yang terletak pada objek rumah dianggap sebagai dataran yang memiliki nilai elevasi lebih tinggi daripada titik A dan C. Oleh karena itu, dalam proses simulasi genangan air sungai akan menempati dataran dengan topografi yang lebih rendah hingga yang lebih tinggi, sesuai dengan tingkat muka air yang dihasilkan dari simulasi dengan HEC-RAS. Hal tersebut berarti pada muka air dengan ketinggian 5,82 meter akan mencapai titik A dan C, serta menggenangi topografi dataran dengan nilai elevasi yang sama dengan kedua titik atau lebih yang dapat dicapai pada ketinggian muka air tersebut.



Gambar 3. Ilustrasi titik-titik yang tergenang dan tidak tergenang banjir dari hasil simulasi S1

Selain itu, nilai debit yang dimasukkan dalam proses simulasi mempengaruhi hasil visualisasi simulasi genangan banjir. Semakin besar nilai debit yang digunakan akan menghasilkan perluasan atau ekstensi genangan banjir yang semakin luas. Semakin besarnya nilai debit yang digunakan, akan menghasilkan elevasi muka air sungai yang semakin tinggi sehingga dapat meliputi hingga batas ekstensi dari geometri penampang melintang sungai dari DTM yang digunakan dalam penelitian terkait. Hal tersebut dapat diketahui dari perbandingan hasil S1 dengan nilai debit yang lebih besar dari S2, yang masing-masing menghasilkan ekstensi genangan yang lebih luas pada S1 dibandingkan S2.

Kualitas *hydro enforced*-DTM yang dihasilkan dalam penelitian ini dihitung terhadap data validasi LiDAR yang diperoleh dari lapangan. Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai elevasi titik LiDAR dengan nilai elevasi dari hasil interpolasi DTM. Jumlah sampel yang diambil sekitar 10% dari keseluruhan dataset LiDAR (Liu dan Zhang, 2008). Untuk mengetahui metode interpolasi dalam pembuatan DTM yang lebih baik dapat dilakukan perhitungan RMSE. Perhitungan RMSE (*Root Mean Squared Error*) menggunakan persamaan berikut (Li dan Heap, 2008).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{n}} \quad (2)$$

di mana n adalah jumlah sampel, p_i adalah nilai prediksi atau estimasi elevasi medan yang diperoleh dari DTM, dan o_i adalah nilai elevasi medan yang diamati diperoleh dari data LiDAR, dengan pengambilan sampel secara acak dan menyebar. Dari hasil perhitungan nilai RMSE, diperoleh hasil bahwa nilai RMSE elevasi dari data LiDAR dan TIN diperoleh sebesar $2,808 \times 10^{-13}$ meter, sedangkan nilai RMSE elevasi dari TIN dan DTM raster menghasilkan nilai $1,132 \times 10^{-6}$ meter. Hal tersebut menunjukkan nilai elevasi yang lebih mendekati data LiDAR sebagai referensi terdapat pada hasil konversi LiDAR menjadi TIN (model DTM dengan metode triangulasi *delaunay conforming*).

Model DTM yang digunakan dalam penelitian masih kurang teliti dan belum mendekati kondisi topografi atau medan sebenarnya. Hal tersebut disebabkan densitas titik LiDAR sangat kecil tiap meter persegi, dengan kisaran $0,32$ sampel/m². Terhadap beberapa titik pada lahan atau lapangan luas kondisi topografi DTM lebih sesuai dengan kemiringan tertentu dibandingkan pada titik B pada Gambar 3 di mana atap rumah dianggap sebagai permukaan tanah.

2. Validasi Hasil Simulasi Studi-2

Hasil simulasi genangan banjir menggunakan HEC-RAS perlu dilakukan validasi untuk mengetahui apakah hasil simulasi cukup representatif. Validasi hasil simulasi genangan banjir menggunakan *hydro enofrced-DTM*, dilakukan dengan membuat pemodelan simulasi menggunakan data tabular nilai debit Kali Kedungbener yang diperoleh dari Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah. Validasi hasil simulasi diterapkan pada S2, yang mana merupakan hasil simulasi dengan nilai debit yang digunakan sebesar 96,15 m³/det. Nilai debit yang digunakan tersebut adalah debit pada tanggal 16 Januari 2019, di mana hasil simulasi akan diperiksa apakah menghasilkan visualisasi genangan banjir yang sesuai dengan data akibat kejadian banjir pada tanggal yang sama dari Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah sebagai parameter validasi.

Berdasarkan data Rekap Inventarisasi Kejadian Bencana Alam Banjir Jawa Tengah Periode Oktober 2018 – April 2019 dari Dinas Pusdataru Provinsi Jawa Tengah, pada tanggal 16 Januari 2019 terjadi bencana banjir di Desa Wonosari dan Jatisari, Kecamatan Kebumen. Akibatnya adalah terjadi genangan banjir di area persawahan seluas ± 8 hektar dan menggenangi pemukiman penduduk Desa Wonosari, Jatisari dan Jalan Nasional Kebumen-Kutoarjo sepanjang 500 meter. Kemudian, kedua parameter tersebut yang akan digunakan dalam melakukan validasi hasil visualisasi simulasi S2.

a. Menggenangi areal persawahan ±8 hektar

Pada Gambar 2, pada Studi-1 menunjukkan bahwa hasil simulasi tidak memberikan hasil berupa genangan banjir yang menggenangi areal persawahan. Genangan dari simulasi luapan air sungai hanya terjadi pada area sungai hingga melebihi tepi sungai.

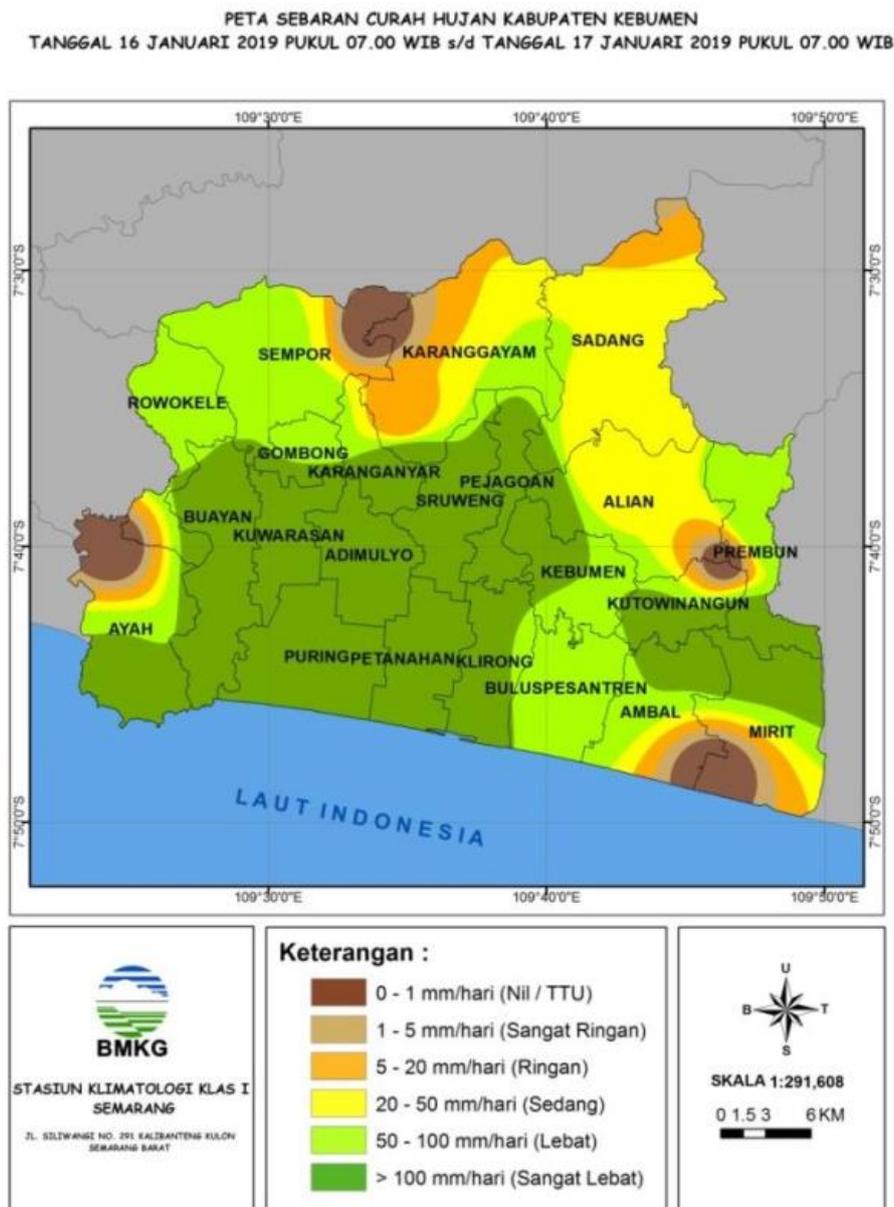


Gambar 4. Visualisasi hasil simulasi S2 tidak menunjukkan genangan pada pemukiman penduduk dan Jalan Nasional Kebumen-Kutoarjo

b. Menggenangi pemukiman penduduk Desa Wonosari, Jatisari dan Jalan Nasional Kebumen – Kutoarjo sepanjang 500 meter

Dari hasil simulasi tidak menunjukkan adanya genangan banjir dari luapan air sungai yang sampai ke areal pemukiman penduduk. Pada Gambar 4 luapan air sungai hasil simulasi tidak mencapai kawasan pemukiman penduduk, baik pemukiman penduduk di Desa Jatisari dan Wonosari. Selain itu, hasil simulasi genangan banjir dari luapan air sungai tidak menghasilkan genangan sekitar 500 meter di sepanjang Jalan Nasional Kebumen – Kutoarjo.

Setelah dilakukan validasi hasil simulasi, diperoleh bahwa hasil S2 belum merepresentasikan akibat kejadian banjir pada tanggal 16 Januari 2019. Nilai debit aktual $96,15 \text{ m}^3/\text{det}$ yang digunakan dalam proses simulasi S2 tidak menunjukkan hasil visualisasi berupa genangan banjir hingga menggenangi kawasan pemukiman penduduk sesuai data akibat kejadian banjir dari Dinas Pusdataru. Data debit aktual tersebut dimungkinkan diperoleh dari hasil perhitungan statistik pengamatan debit yang cenderung fluktuatif dalam satu hari pengamatan. Selain itu, berdasarkan Rekap Inventarisasi Kejadian Bencana Alam Banjir Jawa Tengah tingginya intensitas hujan juga menyebabkan terjadinya genangan banjir di Kecamatan Kebumen. Hal ini dapat memungkinkan terjadinya luapan air sungai ke area sekitarnya karena sudah melebihi kapasitas sungai dan menyebabkan genangan banjir di areal persawahan, pemukiman, hingga jalur transportasi.



Gambar 5. Peta sebaran curah hujan Kabupaten Kebumen (16 Januari 2019) menurut sumber dari Tim Data dan Informasi Stasiun Klimatologi Semarang

Curah hujan yang menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir di Kecamatan Kebumen pada tanggal 16 Januari 2019 menurut Dinas Pusdataru Jawa Tengah dan tidak diperhitungkan dalam simulasi penelitian ini.

Menurut Tim Data dan Informasi Stasiun Klimatologi Semarang (2019), sebagian daerah Kecamatan Kebumen curah hujan pada tanggal tersebut tergolong lebat dan sebagian lainnya tergolong sangat lebat, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Selain penyebab yang telah disebutkan di atas, terdapat beberapa faktor terjadinya genangan banjir yang tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini, sehingga hasil simulasi Studi-2 belum valid dan tidak sesuai dengan akibat kejadian banjir sebenarnya. Dalam Huang, dkk. (2021) faktor-faktor yang cenderung dapat menimbulkan genangan banjir adalah curah hujan tahunan, kepadatan penduduk dan elevasi yang mempengaruhi kemiringan, kerapatan sungai dan jarak ke sungai. Elevasi dalam hal ini terkait dengan DTM yang digunakan, di mana hasil pengolahan dengan metode *hydro enforcement* yang telah dimodifikasi dengan mengeliminasi titik-titik LiDAR yang terdapat pada perairan sungai. Sehingga, hasil simulasi genangan banjir dapat terpengaruh oleh faktor perubahan topografi DTM dalam simulasi dan memberikan perubahan volume kapasitas sungai dalam model DTM. Hal tersebut menyebabkan ketidaksesuaian validasi hasil simulasi dengan akibat kejadian banjir dalam penelitian ini.

Kesimpulan

Hasil simulasi Studi-1 menunjukkan ekstensi genangan yang meluas dari area sungai hingga mencapai kawasan penduduk secara visual dengan *overlay* foto udara. Namun, hasil tersebut tidak menunjukkan kondisi yang sebenarnya karena terdapat daerah kosong yang tidak tergenang disebabkan oleh kondisi topografi DTM yang belum sesuai dengan medan sebenarnya. Densitas titik LiDAR dapat mempengaruhi hasil interpolasi DTM seperti TIN, di mana pada beberapa area yang terhalang kanopi atau atap rumah tidak dapat diinterpolasikan secara baik sebagai model permukaan tanah. Pada Studi-2, validasi dilakukan terhadap parameter akibat kejadian banjir pada 16 Januari 2019 dari Dinas Pusdataru Jawa Tengah, diperoleh hasil visualisasi: tidak menunjukkan terjadinya genangan pada areal persawahan sekitar 8 hektar dan tidak menggenangi kawasan pemukiman penduduk dan jalur transportasi Jalan Nasional Kebumen-Kutoarjo. Ketidaksesuaian hasil validasi Studi-2 disebabkan dalam penelitian ini tidak mempertimbangkan pengaruh curah hujan dalam memulai simulasi genangan banjir. Padahal dalam kondisi sebab kejadian banjir berdasarkan data dari Dinas Pusdataru kejadian banjir di Kecamatan Kebumen pada tanggal 16 Januari 2019 disebabkan curah hujan dengan intensitas tinggi. Hasil pembuatan *hydro enforced*-DTM setelah eliminasi titik-titik LiDAR mempengaruhi perubahan topografi dasar sungai pada DTM dan volume kapasitas model sungai sehingga memberikan hasil yang belum sesuai dengan akibat kejadian banjir sebenarnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Waindo SpecTerra, serta Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Tengah yang telah membantu dalam penyediaan data pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ackerman, C. T. (2009). *HEC-GeoRAS: GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS User's Manual Version 4.2*. California: US Army Corps of Engineers.
- Al Amin, M. B., Sarino, dan Sari, N. K. (2015). Visualisasi Potensi Genangan Banjir di Sungai Lambidaro Melalui Penelusuran Aliran Menggunakan HEC-RAS (Studi Pendahuluan Pengendalian Banjir Berwawasan Lingkungan). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 1*. Bali, 2015. 123.
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual Version 5.0*. California: US Army Corps of Engineers.
- Conde, F. C. dan Muñoz, M. D. M. (2019). Flood Monitoring Based on the Study of Sentinel-1 SAR Images: The Ebro River Case Study. *Water*, 11, 2454.
- Febriana, E. (2018). *Analisis Metode Hydro Enforcement dalam Pembuatan Digital Terrain Model LiDAR pada Obyek Perairan Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:5000 (Undergraduate Theses)*. Available in Institut Teknologi Sepuluh Nopember Repository. (No. 53878).

-
- Kumar, N., Lal, D., Sherring, A., dan Isaac, R. K. (2017). Applicability of HEC-RAS & GFMS tools for 1D water surface elevation/flood modeling of the river: a Case Study of River Yamuna at Allahabad (Sangam, India). *Model. Earth Syst. Environ.*, 3.
- Li, J. dan Heap, A. D. (2008). A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. *Geoscience Australia*, Record 2008/23, pp. 137.
- Liu, X. dan Zhang Z. (2008). LiDAR Data Reduction for Efficient and High Quality DEM Generation. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, part B3b, Beijing 2008.
- Tim Data dan Informasi Stasiun Klimatologi Semarang. (2019). *Analisis Kejadian Banjir di Kecamatan Karanganyar, Alian, Adimulyo, Pejagoan, dan Sempor Kabupaten Kebumen*. <https://cdn.bmkg.go.id/web/Banjir-Kebumen-Fix-1.pdf>.
- Zevri, A. (2014). *Analisis Potensi Resiko Banjir Pada DAS Yang Mencakup Kota Medan Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Master Theses)*. Tersedia dari Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara. (No. 41723).



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).