

Analisis Daerah Tergenang Banjir Di Desa Sitarjo, Kabupaten Malang Menggunakan Data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1

Irfan Helmi Pradana¹, Listyo Yudha Irawan², Dicky Setiawan¹, Fajar Setiawan Yuliano¹, Hanifa Ahmad Mufid¹

¹Mahasiswa Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang

²Dosen Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang

E-mail: irfanphelmi@gmail.com

Diterima 8 Maret 2020, Direvisi 8 April 2020, Disetujui Publikasi 30 Juni 2020

Abstract

Research on flood disasters in the Sitarjo Village, Sumbermanjing District, Malang Regency is very urgent to do. One important cause of this research was conducted to study the extent of flooded areas (inundated) flooding. Analysis of areas affected by inundation is carried out using remote sensing approach with processing and interpretation of SAR (Synthetic Aperture Radar) data sourced from Sentinel-1 satellite imagery. SAR Sentinel-1 data used was acquired on 20 November 2014 and 28 December 2014. The second selection of these dates is to compare conditions before flooding and after or when flooded. Flooding that occurred in Sitarjo Village is caused by the morphological conditions consisting of a basin supported by a steep karst cliff and the overflow of the Penguluran River due to the narrowing of the width of the upstream river flow (bottleneck outlet) in the southern coastal area of Malang. The final results of this study are maps of inundated areas based on three (3) aspects : 1) topography, 2) level of water saturation in the soil (soil saturation), and 3) flooded areas. The flooded areas are visualized bright red to dark red.

Keywords: Flood; Inundation; SAR (*Synthetic Aperture Radar*), Sentinel-1

Abstrak

Penelitian mengenai bahaya banjir di Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang sangat urgensi untuk dilakukan. Salah satu penyebab pentingnya penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui luasan daerah yang tergenang (terinundasi) banjir. Analisis daerah yang terdampak genangan banjir dilakukan menggunakan pendekatan penginderaan jauh dengan pengolahan dan interpretasi data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) yang bersumber dari citra satelit Sentinel-1. Data SAR Sentinel-1 yang digunakan diakuisisi tanggal 20 November 2014 dan tanggal 28 Desember 2014. Pemilihan kedua tanggal tersebut untuk membandingkan kondisi sebelum tergenang banjir dan sesudah atau saat tergenang banjir. Banjir yang terjadi pada Desa Sitarjo dikarenakan oleh kondisi morfologi yang berupa cekungan (*basin*) yang dikelilingi tebing karst curam serta meluapnya Sungai Penguluran akibat penyempitan lebar aliran sungai bagian hulu (*bottleneck outlet*) di kawasan pesisir selatan Kabupaten Malang. Hasil akhir dari penelitian ini berupa peta daerah tergenang banjir yang didasarkan pada tiga (3) aspek : 1) topografi, 2) tingkat kejenuhan air pada tanah (*soil saturation*), dan 3) area tergenang banjir. Wilayah yang tergenang banjir divisualisasikan warna merah terang hingga merah tua.

Kata Kunci: Banjir; Genangan; SAR (*Synthetic Aperture Radar*); Sentinel-1

A. Pendahuluan

Banjir merupakan fenomena alam tidak mampunya wilayah dataran banjir untuk menampung kuantitas air akibat meluapnya sungai air sungai atau intensitas curah hujan yang tinggi, sehingga mengakibatkan munculnya genangan pada bagian permukaan (DeVries et al, 2020; Suripin, 2014; Maryono, 2014). Ketidakmampuan suatu daerah untuk menampung air permukaan dipicu oleh empat faktor diantaranya: 1) kondisi topografi, 2) kemampuan infiltrasi tanah, 3) morfologi wilayah, dan 4) dominasi tutupan lahan yang dimiliki (Jaswadi, 2012; Ginting, 2015). Banjir menjadi sebuah ancaman kebencanaan apabila daerah dataran rawan banjir dikembangkan sebagai kawasan pemukiman, pertanian, perkebunan, dan kawasan dengan aktivitas manusia lainnya.

Beberapa faktor diatas dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengukur ancaman bahaya bencana banjir yang terjadi di suatu wilayah. Bahaya dalam pengertian kebencanaan yaitu suatu kejadian yang memiliki potensi untuk terjadi yang dapat menimbulkan kerugian tertentu (Kahfi & Ahmad, 2014; Haryani et al, 2012; Putuhena, 2013). Bahaya dalam kebencanaan merupakan sebuah potensi bencana yang dapat terjadi dan menjadi sebuah bencana apabila telah menimbulkan korban berupa harta, benda dan nyawa (P2MB UPI, 2010).

Pernyataan tersebut menjelaskan bahwa suatu ancaman bahaya kebencanaan dapat terjadi kapan saja apabila faktor penyebabnya telah berada pada kondisi maksimal (Timbadiya, 2014; Marfai et al, 2013). Beberapa riwayat kasus kejadian bencana banjir yang pernah terjadi di Indonesia menimbulkan kerugian yang sangat besar. Ancaman bencana banjir dapat berdampak pada kondisi lingkungan dan masyarakat berupa kerusakan,

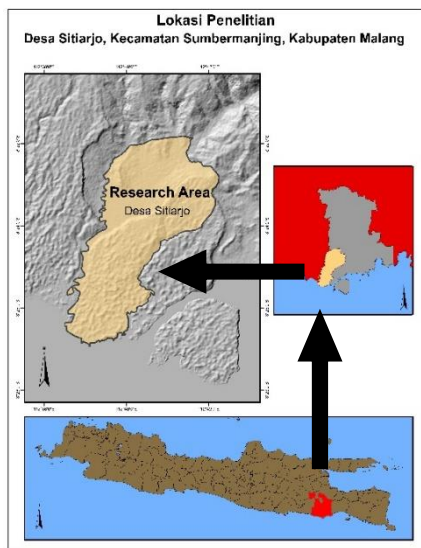
kehilangan, dan kerugian sehingga menimbulkan sumber masalah tersendiri dalam kehidupan.

Penginderaan jauh merupakan salah satu metode yang mampu digunakan untuk mendeteksi ancaman bencana banjir khususnya untuk mengidentifikasi wilayah tergenang (terinundasi). Hasil pengolahan citra penginderaan jauh multi sensor dan multi temporal mampu untuk memperoleh informasi mengenai luasan daerah yang terpapar banjir (Fingas, 2012). Metode penginderaan jauh untuk memetakan wilayah yang tergenang banjir dalam penelitian ini menggunakan data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1. Selain untuk memetakan wilayah tergenang banjir, penggunaan data SAR juga mampu diaplikasikan untuk menganalisis kondisi geomorfologi, analisis vegetasi, serta analisis wilayah perairan dengan cakupan area yang luas

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan teknik penginderaan jauh yang menggunakan sensor aktif dengan gelombang mikro dari spektrum elektromagnetik. Sistem SAR terdiri dari pemancar, antena, sensor penerima, dan sistem eletronik yang digunakan untuk merekam data. SAR memiliki sensor aktif yang mampu memancarkan energi sendiri tanpa bergantung pada sinar matahari. Hal tersebut menjadi kelebihan data SAR yang mampu dioperasikan pada siang atau malam hari dengan berbagai macam kondisi cuaca. Berdasarkan kelebihan yang dimiliki data SAR, maka analisis genangan banjir dapat dengan mudah dilakukan tanpa mempertimbangkan waktu maupun kondisi cuaca dimana kejadian banjir biasanya berkaitan dengan musim penghujan.

Penelitian mengenai luasan daerah yang tergenang bencana banjir kali ini berada di Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang, Jawa Timur (gambar 1). Secara

geografis Desa Sitarjo terletak pada posisi $112^{\circ}17',10,90''$ - $112^{\circ}57',00,00''$ bujur timur dan $7^{\circ}44',55,11''$ - $8^{\circ}26',35,45''$ lintang selatan. Kondisi morfologi Desa Sitarjo dicirikan oleh berbagai bentanglahan asal proses solusional khas pesisir Pulau Jawa bagian selatan berupa kompleks kubah karst (*dome karst*), tebing karst dengan kemiringan curam, serta wilayah cekungan (*basin*) (Maulana, 2015; Sulino, 2018).



Gambar 1. Lokasi Penelitian Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang (Hasil Pengolahan Data Peneliti, 2020)

Pemilihan lokasi Desa Sitarjo dikarenakan adanya data riwayat bencana banjir yang pernah terjadi secara terperinci dijelaskan pada (tabel 1). Lokasi terdampak banjir di Desa Sitarjo berada di wilayah dengan morfologi berupa cekungan (*basin*) tepat pada area sub-DAS Penguluran. Sesuai dengan kondisi tersebut batasan area penelitian mengambil wilayah yang tepat berada di

Desa Sitarjo dalam kawasan cekungan sub-DAS Penguluran.

Karakteristik Desa Sitarjo dengan kondisi morfologi cekungan memiliki keunikan tersendiri dalam merespon intensitas curah hujan yang ada. Morfologi wilayah cekungan memiliki ancaman yang sangat kompleks utamanya terhadap bencana banjir (Marfai & King, 2008). Daerah dengan morfologi cekungan memiliki kemudahan dalam menerima limpasan air, namun memiliki kesulitan dalam pengeluaran limpasan (Suwono, 2011). Adanya penyempitan sungai (*bottleneck*) juga menjadi penyebab sulitnya air pada suatu DAS untuk keluar menuju kawasan hilir ataupun muara, sehingga menyebabkan meluapnya air pada aliran sungai (Setiawan et al, 2015; Zuhari, 2006). Kondisi ini merupakan penyebab tergenangnya wilayah sekitar aliran sungai, seperti yang terjadi di Desa Sitarjo.

Berdasarkan pemaparan diatas, penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan penginderaan jauh pada cakupan area Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Pendekatan penginderaan jauh yang digunakan didasarkan pada tiga aspek yaitu: 1) topografi, 2) tingkat kejenuhan air pada tanah (*soil saturation*), dan 3) area tergenang banjir. Ketiga aspek tersebut dipilih dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi wilayah yang terdampak genangan banjir sesuai dengan kondisi morfologi wilayah penelitian

Tabel 1. Riwayat Kejadian Banjir

Waktu Kejadian	Kondisi Bencana	Kerugian
14 November 2003	Banjir bandang	<ul style="list-style-type: none"> - 192 rumah tergenang dan rusak - Akses jalan desa tertutup - Saluran irigasi rusak - Gagal panen - Ratusan ternak hanyut dan mati - 3 korban meninggal dunia

Waktu Kejadian	Kondisi Bencana	Kerugian
26 Desember 2007	Banjir bandang	- 750 rumah tergenang - 425 rumah rusak - Akses jalan desa tertutup - Saluran irigasi rusak - Gagal panen
23 November 2010	Banjir akibat hulu Sungai Penguluran hujan deras	- 648 rumah tergenang - Akses jalan desa tertutup - Ratusan ternak hanyut dan mati - 312 hektar lahan pertanian tergenang
9 Juli 2013	Banjir bandang	- 425 rumah tergenang - Akses jalan desa tertutup - 350 hektar lahan pertanian tergenang
26 Desember 2014	Banjir akibat hulu Sungai Penguluran hujan deras	- 305 rumah tergenang - Akses jalan desa tertutup - 255 hektar lahan pertanian tergenang
9 Oktober 2016	Banjir akibat hujan deras dan luapan Sungai Penguluran	- 231 rumah tergenang - Akses jalan beberapa desa tertutup - 242 hektar lahan pertanian tergenang - Longsor di beberapa titik bantaran sungai
18 Oktober 2017	Banjir akibat hujan deras dan luapan Sungai Penguluran	- 438 rumah tergenang - Akses jalan desa tertutup - 355 hektar lahan pertanian tergenang - 1 korban meninggal dunia

Sumber: BPBD Kab. Malang, 2019; Kesbangpol dan Linmas Kab. Malang, 2018; Sulino, 2018; Su'ud & Bisri, 2019; Hakim, 2019

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis data deskriptif kuantitatif dengan pendekatan penginderaan jauh. Metode analisis geospasial yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah terdampak genangan banjir dengan analisis data radar SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Citra yang digunakan sebagai bahan analisis adalah Sentinel-1. Data radar Sentinel-1 dalam penelitian ini menggunakan 2 (dua) citra yang diakuisisi tanggal 20 November 2014 dan tanggal 28 Desember 2014.

Penentuan kedua tanggal tersebut didasarkan pada kondisi daerah penelitian pada saat sebelum tergenang banjir dan saat tergenang banjir. Pemilihan citra Sentinel-1 dikarenakan data satelit dari citra tersebut mampu mengidentifikasi area yang tergenang berdasarkan komposit band RGB (*red, green, blue*). Komposit band tersebut

kemudian diaplikasikan pada pengolahan data radar, sekaligus menjadi pendekatan yang efektif untuk menggambarkan area tubuh air dan area terdampak banjir.

Proses pengolahan awal data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) menggunakan *software Sentinel Application Platform* (SNAP) yang merupakan perangkat lunak *open source* yang disediakan ESA *toolbox*. Tahapan awal dari analisis data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) yaitu dengan pemotongan atau subset area penelitian dengan memasukan nilai koordinat x, y, dan z. Tahap pemotongan citra berfungsi untuk memperdetail tampilan citra sebelum masuk ke tahapan koreksi.

Polarisasi data radar Sentinel-1 dalam penelitian ini menggunakan polarisasi VV. Polarisasi pada citra digunakan untuk menentukan keselarasan dan keteraturan komponen

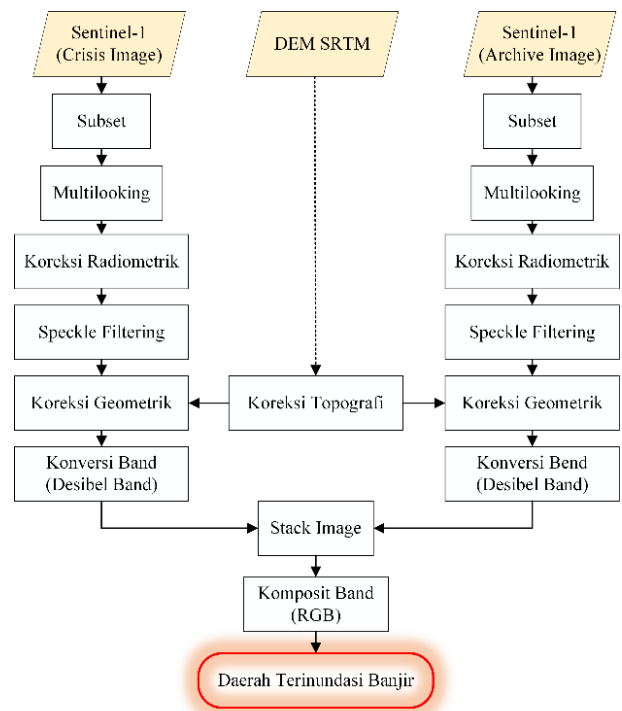
medan magnet dan listrik pada wahana untuk menentukan arah rambatannya. Metode koreksi citra secara radiometrik berguna untuk memperbaiki nilai digital number pada piksel akibat pengaruh atmosfer. Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengubah nilai digital number pada piksel menjadi nilai radian dan mengubah kembali menjadi nilai reflektan. Setelah koreksi radiometrik selanjutnya adalah proses filtering citra yang berguna untuk memperhalus tampilan citra dengan menghilangkan unsur *speckle noise*. Dalam proses filtering digunakan filter *single product speckle filter* dengan ukuran filter pada x dan y adalah 5

Tahap yang dilakukan setelah pengkoreksian radiometrik dan proses filtering adalah orthorektifikasi (koreksi geometrik) pada citra untuk mengurangi distorsi gambar yang diakibatkan oleh variasi topografi. Kesalahan geometrik pada citra bisa diakibatkan oleh kesalahan internal satelit, kesalahan eksternal, maupun akibat terganggunya sensor. Proses koreksi geometrik dilakukan dengan tahapan koreksi medan atau *terrain correction*.

Koreksi topografi atau medan berfungsi untuk mengurangi kesalahan sensor citra saat perekaman objek sehingga mengakibatkan adanya distorsi jarak. Proses koreksi medan dalam penelitian ini menggunakan metode *Range-Doppler Terrain Correction*. Metode ini menggunakan ketersediaan data orbit satelit, jarak miring permukaan bumi, dan data DEM (*Digital Elevation Model*). Data DEM yang digunakan yaitu SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) dengan resolusi spasial 30 meter.

Metode analisis data yang terakhir yaitu pembuatan komposit RGB pada citra yang telah dilakukan proses koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Komposit RGB dalam penelitian ini menggunakan analisis *stack terrain corrected image*. Dalam

analisis ini dilakukan proses *overlay* atau pertampalan pada kedua citra yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi genangan banjir. Komposit band merah diaplikasikan pada citra tanggal 28 Desember 2014, dimana pada saat tanggal tersebut terjadi banjir. Komposit band hijau dan biru diaplikasikan pada citra tanggal 20 November 2014, dimana pada saat waktu tersebut merupakan kondisi sebelum terjadinya genangan banjir. Berdasarkan komposit band yang dilakukan maka luasan daerah yang tergenang (terinundasi) banjir diidentifikasi dengan kenampakan warna merah pada citra. Alur metode jalannya penelitian secara terperinci disajikan pada diagram alir (gambar 2) dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Penyebab Banjir di Desa Sitarjo

Kondisi topografi wilayah kepeosisiran Kabupaten Malang bagian selatan terdiri atas dataran tinggi dan dataran rendah atau daerah lembah dengan elevasi 0 hingga 650 meter di atas permukaan laut (mdpl). Daerah

dataran tinggi didominasi oleh kenampakan tebing karst di bagian selatan pada ketinggian 300 hingga 650 mdpl. Sementara itu letak Desa Sitarjo berada pada bagian lembah dengan elevasi antara 13 hingga 50 mdpl yang dikelilingi perbukitan dan tebing karst.



Gambar 3. Kondisi Fisiografis Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang (Hasil Dokumentasi Peneliti, 2020)

Berdasarkan penilaian Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI) dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Kabupaten Malang memiliki risiko bencana hidrometeorologi (banjir) yang tinggi. Desa Sitarjo merupakan salah satu desa di Kecamatan Sumbermanjing yang memiliki ancaman bahaya bencana banjir cukup tinggi dibandingkan desa lainnya. Kondisi ini didukung oleh lokasinya yang berada di hilir Sungai Panguluran sehingga memperbesar risiko banjir yang dihadapi masyarakat Desa Sitarjo.

Salah satu faktor yang membuat Desa Sitarjo mengalami banjir adalah kondisi curah hujan yang tinggi. Pada saat mengalami intensitas curah hujan

yang tinggi, seringkali membuat Sungai Penguluran tidak mampu menampung debit air. Kondisi ini membuat Desa Sitarjo tergenang banjir hampir di setiap tahun.



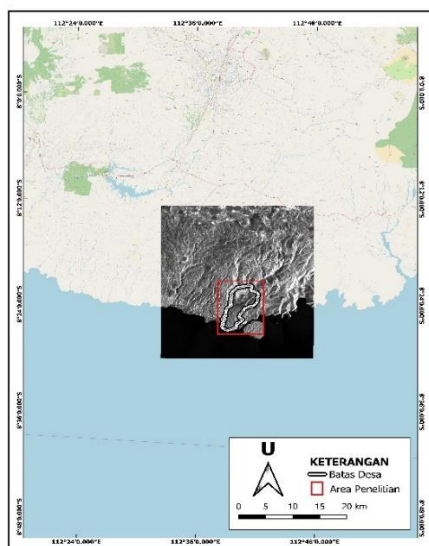
Gambar 4. Sedimen Material pada Aliran Sungai Penguluran di Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang (Hasil Dokumentasi Peneliti, 2020)

Selain faktor curah hujan yang tinggi, kejadian banjir di Desa Sitarjo juga disebabkan oleh adanya pengendapan yang berasal dari erosi Sub-DAS Penguluran dan erosi tanggul sungai yang berlebihan. Kondisi ini dikarenakan minimnya vegetasi penutup serta penggunaan lahan yang tidak tepat pada wilayah sub-DAS nya. Besarnya sedimentasi yang terlarut pada aliran sungai akan mengurangi kapasitas saluran, sehingga mampu menimbulkan genangan atau banjir pada saat volume aliran melebihi kapasitas maksimum sungai. Wilayah di Desa Sitarjo yang menjadi lokasi banjir tahunan adalah Dusun Krajan Wetan, Dusun Rowo Trate, Dusun Krajan Kulon, dan Dusun Krajan Tengah.

2. Pemetaan Genangan Banjir

Menggunakan Data SAR Sentinel-1

Analisis banjir dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kejadian banjir di kawasan Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur pada tanggal 28 Desember 2014. Identifikasi wilayah yang tergenang banjir dilakukan menggunakan citra Sentinel-1 yang merupakan data SAR (*Synthetic Aperture Radar*). Dalam proses identifikasi diperlukan citra Sentinel-1 dengan waktu pengambilan data radar sama dengan waktu kejadian banjir (28 Desember 2014) yang terjadi di Desa Sitarjo (gambar 5).



Gambar 5. Citra Sentinel-1 Area Penelitian
(Hasil Pengolahan Data Peneliti, 2020)

Tahap awal pengolahan citra Sentinel-1 dalam penelitian ini dilakukan dengan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Koreksi radiometrik diaplikasikan untuk memperbaiki kualitas citra akibat kesalahan pantulan permukaan atau kelengkungan bumi dan faktor lain seperti arah sinar matahari, kondisi cuaca, dan kondisi atmosfer. Sedangkan koreksi geometrik dalam penelitian ini perlu dilakukan untuk memperbaiki kesalahan perekaman secara geometrik agar citra yang dihasilkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang

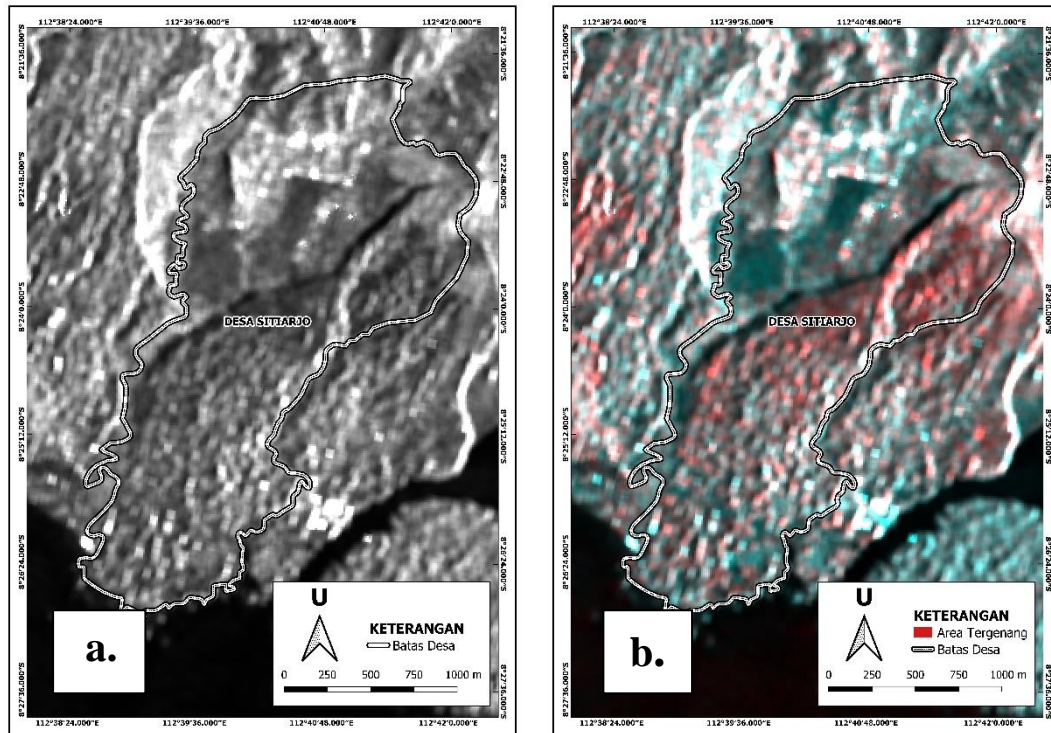
seragam, dan dilakukan dengan cara translasi, rotasi, ataupun pergeseran skala.

Hasil pengkoreksian citra secara geometrik dan radiometrik mengandung tekstur butiran halus hingga kasar atau *speckles* yang menurunkan kualitas gambar dan membuat interpretasi fitur menjadi lebih sulit. Adanya butiran tersebut disebabkan oleh interferensi konstruktif dan destruktif acak dari gelombang balik yang bertahap terhadap piksel, tetapi koheren yang tersebar oleh hamburan dasar dalam setiap sel resolusinya. Pengurangan noise *speckles* dalam penelitian ini dilakukan dengan proses filter secara spasial atau dengan proses *multilooking*.

Analisis daerah tergenang atau terinundasi dilakukan dengan proses *Stacking* pada data SAR. Cara kerjanya yaitu dengan mengumpulkan data SAR *master* dan data SAR *slave* berdasarkan geometri referensi tunggal. Pada dasarnya data *slave* dikelompokkan ke dalam geometri dari data *master*. Melalui proses ini data SAR *master* dan *slave* memproses informasi posisi geografi yang sama dan memiliki dimensi nilai piksel yang sama.

Proses *Stacking* kedua data SAR tersebut, menghasilkan gambar citra yang tumpang tindih. Hal tersebut digunakan untuk identifikasi kondisi lahan permukaan yang terkena banjir atau tergenang akibat meluapnya Sungai Penguluran di Desa Sitarjo. Penentuan daerah tergenang atau terinundasi dapat diketahui dengan mengatur komposit band RGB (*red, green, blue*), dimana band merah (*red*) diaplikasikan pada data SAR sebelum terjadinya banjir, sedangkan band hijau (*green*) dan biru (*blue*) digunakan untuk saat terjadinya banjir.

Hasil komposit band RGB dalam penelitian ini dapat diinterpretasi bahwa daerah yang tergenang atau terinundasi visualisasikan dengan warna merah terang hingga merah tua (gambar 6,b)



Gambar 6 Hasil Analisis Keberadaan Genangan: (a) Situasi Sebelum Tergenang Banjir Tanggal 20 November 2014; (b) Situasi Saat Terjadi Genangan Banjir Tanggal 28 Desember 2014 (Hasil Pengolahan Data Peneliti, 2020)

Teknik interpretasi data SAR Sentinel-1 dalam penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan komposit band RGB. Warna gelap yang divisualisasikan pada data SAR Sentinel-1 menunjukkan nilai *backscatter* atau hamburan balik yang rendah.

Adanya *backscatter* dikarenakan sinyal yang dipantulkan pada objek di permukaan bumi tidak kembali pada sensor akibat permukaan bumi memiliki tekstur halus, rata, maupun air. Hasil ini merupakan interpretasi tubuh air atau yang dalam kasus penelitian ini merupakan genangan banjir. Hasil tersebut di visualisasikan dengan warna merah terang hingga gelap (*black spot*). Tampilan data SAR Sentinel-1 yang berpengaruh pada kekuatan sinyal saat dipantulkan ke objek adalah kekasaran tekstur pada permukaan objek tersebut.

Mekanisme *backscatter* dalam penelitian ini dimana hamburan balik yang tinggi didominasi oleh permukaan dengan tekstur kasar, begitu juga sebaliknya. Sehingga warna yang

divisualisasikan pada hasil (gambar 6,b) cenderung terang dengan warna putih, hijau, dan kebiruan. Warna yang terang tersebut di dominasi oleh daerah dengan relief kasar dan morfologi perbukitan karst, kubah karst, serta morfologi lereng curam. Berdasarkan identifikasi tersebut daerah dengan warna yang terang merupakan daerah yang tidak tergenang banjir dikarenakan daerah tersebut memiliki morfologi berbukit, dimana genangan atau inundasi terjadi pada daerah yang landai dengan morfologi datar.

D. Kesimpulan dan Saran

Penggunaan data SAR Sentinel-1 dalam penelitian ini sangat membantu dalam pemetaan genangan banjir yang bersifat urgensi. Hal ini dikarenakan kemampuan data SAR Sentinel-1 yang tahan di segala kondisi cuaca dan waktu. Hasil kajian yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode analisis data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1 sangat potensial digunakan

untuk melakukan pemetaan genangan banjir.

Analisis data SAR Sentinel-1 menunjukkan hasil yang baik untuk memetakan dan memvisualisasikan wilayah yang tergenang banjir dengan intensitas tinggi atau parah. Hal ini dikarenakan visualisasi warna pada hasil sangat jelas dengan *backscatter* rendah atau warna merah gelap. Namun pada daerah yang tergenang banjir dengan intensitas yang rendah visualisasi warna yang dihasilkan kurang jelas, dikarenakan nilai *backscatter* yang cenderung tinggi. Visualisasi warna yang kurang jelas akan mempersulit dalam menginterpretasi wilayah tergenang atau tidak tergenang.

Daftar Pustaka

- BPBD Kabupaten Malang. 2019. *Laporan Kejadian dan Penanganan Kebencanaan*. Malang. BPBD Kab. Malang
- DeVries, B., Huang, C., Armston, J., Huang, W., Jones, J. W., & Lang, M. W. (2020). Rapid and robust monitoring of flood events using Sentinel-1 and Landsat data on the Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111664>
- Fingas, M., & Brown, C. (2012). Oil Spill Remote Sensing Oil Spill Remote Sensing. In *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (pp. 7491–7527). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_732
- Ginting, S. (2015). Pengembangan Peta Bahaya Banjir Berdasarkan Model Matematik Quasi 2 Dimensi. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. 3 (22). 219 – 233
- Hakim, A. (2018). Sinergitas Masyarakat dan Bidang Kelembagaan Dalam Penanganan Pemulihan Pasca Bencana Banjir di Desa Sitarjo. *Jurnal Kesehatan dan Lingkungan*. 12 (4) 132 – 141
- Suryo Haryani, N., Zubaidah, A., Dirgahayu, D., Fajar Yulianto, H., & Junita Pasaribu Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - Lapan, dan. (2012). *Model Bahaya Banjir Menggunakan Data Penginderaan Jauh Di Kabupaten Sampang (Flood Hazard Model Using Remote Sensing Data In Sampang District)*. *Jurnal Penginderaan Jauh* (Vol. 9, pp. 52–66).
- Jaswadi, R. (2012). Tingkat Kerentanan dan Kapasitas Masyarakat dalam Menghadapi Risiko Banjir di Kecamatan Pasarkliwon, Kota Surakarta. *MGI*. 26 (1). 119 – 148
- Kahfi, M. A., & Mulia, A. P. (2014). Studi Sistem Drainase Resapan Untuk Penanggulangan Banjir Di Lingkungan III, Pasar III, Padang Bulan, Medan. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3(3), 11. <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/view/7744>
- Kesbangpol & Linmas. (2018). *Laporan Kejadian Kebencanaan Wilayah Kabupaten Malang*. Kabupaten Malang: Kesbangpol dan Linmas.
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Tidal Inundation Mapping Under Enhanced Land Subsidence In Semarang, Central Java Indonesia. *Natural Hazards*, 44(1), 93–109. <https://doi.org/10.1007/s11069-007-9144-z>

- Marfai, M.A., Mardiatno, D., Cahyadi, A., Nucifera, F., & Prihatno, H. (2013). Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Rob Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Dampaknya di Pekalongan. *Jurnal Bumi Lestari*. 13 (2). 244 – 256
- Maryono, A. (2014). *Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press
- Maulana. (2015). Pemetaan Multi Rawan Bencana di Wilayah Kabupaten Malang Bagian Selatan dengan Menggunakan Pendekatan Studi Bentang Alam. *PUSPICS UGM*. 6 (1). 72 – 84
- Pusat Pendidikan Mitigasi Bencana UPI (P2MB UPI). 2010. *Pengertian dan Mitigasi Kebencanaan*. Bandung. UPI Press
- Putuhena, W. M., & Ginting, S. (2013). Pengembangan Model Banjir Jakarta. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 4 Nomor 1 (June 2013), 63–78. https://www.researchgate.net/publication/328265443_PENGEMBANGAN_MODEL_BANJIR_JAKARTA
- Setiawan, A.D., Fahlevi, N., Riyanto., & Yuniarto, R. (2015). Analisis Bottleneck dan Charging Cost Line Pada Pengaplikasian Teknologi Pecah Aliran Muara di Pantai Kota Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 6 (1) 83 – 92
- Su'ud, M.M & Bisri, M.H. (2019). Studi Kapasitas Masyarakat Sebagai Mekanisme Bertahan Menghadapi Bencana Banjir di Desa Sitarjo, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. *Jurnal Teori Dan Praksis Pembelajaran IPS*, 4(2), 82–89. <https://doi.org/10.17977/um022v4i22019p082>
- Sulino. (2018). Strategi Adaptasi Masyarakat Desa Sitarjo Bidang Penyediaan Air Bersih Dalam Menghadapi Bencana Banjir. *Jurnal Kesehatan dan Lingkungan*. 10 (4). 351 – 359
- Suripin. (2014). *Sistem Drainase Berkelanjutan*. Yogyakarta. Andi Offset
- Suwono, P. (2011). Analisis Potensi Bahaya Bencana Banjir di Kawasan DAS Bengawan Solo (Studi kasus Desa Bulukerto, Kabupaten Ngawi). *Jurnal Informasi Mitigasi Kebencanaan*. 2 (3). 112 – 124
- Timbadiya, P. V., Patel, P. L., & Porey, P. D. (2014). One-dimensional Hydrodynamic Modelling of Flooding and Stage Hydrographs in the Lower Tapi river in India. *Current Science*, 106(5), 708–716.
- Zuhari. (2006). Analisa Peran Bottleneck Dalam Fluktuasi Aliran Muara Pantai Bajulmati, Kabupaten Malang. *Jurnal Lingkungan*. 19 (2). 286 – 298