



Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang

Modeling and Visualization of Flood Inundation for Disaster Mitigation in Kasin River, Bareng Village, Malang City

Zafira Nur Pratiwi¹, Purnama Budi Santosa²

¹Badan Informasi Geospasial Jl. Raya Jakarta - Bogor KM. 46 Cibinong, Indonesia

²Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Penulis Korespondensi: Purnama Budi Santosa | **Email:** purnamabs@ugm.ac.id

Diterima (*Received*): 01/06/2020 Direvisi (*Revised*): 26/06/2021 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 28/06/2021

ABSTRAK

Wilayah Kelurahan Kali Kasin di Kota Malang merupakan wilayah padat penduduk yang rentan terhadap banjir. Wilayah ini hampir setiap tahun mengalami banjir, yang berdampak pada kerusakan lingkungan dan infrastruktur. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah melakukan pemodelan banjir yang disebabkan oleh luapan Kali Kasin serta melihat cakupan wilayah genangan banjir. Metode pemodelan banjir menggunakan pendekatan hidrolika dalam mensimulasikan debit air pada setiap penggal sungai menggunakan perangkat lunak HEC-RAS, serta melakukan visualisasi daerah genangan banjir serta area terdampak banjir menggunakan pendekatan GIS. GIS juga digunakan untuk mempersiapkan beberapa data spasial yang digunakan untuk pemodelan banjir, seperti data geometri sungai, deliniasi daerah aliran sungai, serta untuk keperluan analisis spasial lainnya. Data hidrologis didapat dari pengolahan curah hujan harian pada stasiun hujan wilayah Kali Kasin. Analisis dilakukan dengan menggunakan model SCS CN pada perangkat lunak HEC-HMS untuk memperkirakan debit puncak pada sungai. Sedangkan, sumber data geometrik didapatkan dari Model Elevasi Digital dari citra ALOS PALSAR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemodelan banjir dapat dilakukan untuk memvisualisasikan daerah genangan banjir di wilayah Kelurahan Bareng. Wilayah yang terdampak banjir seluas 24.225,63 m². Hasil analisis menunjukkan ada sekitar 173 rumah yang terdampak banjir.

Kata Kunci: banjir, Kota Malang, HEC-RAS, SIG, HEC-HMS

ABSTRACT

The Kali Kasin Village area in Malang City is a densely populated area that is prone to flooding. This area is flooded almost every year, which has an impact on environmental and infrastructure damage. Therefore, the purpose of this study is to model the flood caused by the overflow of the Kasin River and to see the coverage of the flood inundation area. The flood modeling method uses a hydraulics approach in simulating water discharge at each section of the river using HEC-RAS software, as well as visualizing flood inundation areas and flood-affected areas using a GIS approach. GIS is also used to prepare some spatial data used for flood modeling, such as river geometry data, watershed delineation, as well as for other spatial analysis purposes. Hydrological data obtained from daily rainfall processing at the Kali Kasin rain station. The analysis was carried out using the SCS CN model on the HEC-HMS software to estimate the peak discharge in the river. Meanwhile, the geometric data source is obtained from the Digital Elevation Model from the ALOS PALSAR image. The results showed that flood modeling can be done to visualize the flood inundation area in the Bareng Village area. The area affected by the flood is 24,225.63 m². The results of the analysis show that there are around 173 houses affected by the flood.

Keywords: Flood, Malang City, HEC-RAS, GIS, HEC-HMS

1. Pendahuluan

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang kerap kali terjadi di Indonesia, salah satunya adalah bencana banjir yang terjadi di beberapa wilayah setiap musim penghujan. Kali Kasin yang terletak di Kota Malang merupakan salah satu sungai yang mengalami banjir hamper setiap musim penghujan. Banjir yang terjadi khususnya di sepanjang penggal Kali Kasin di wilayah Kelurahan Berang merendam permukiman warga yang terletak di sepanjang sungai tersebut.

Bencana didefinisikan sebagai gangguan serius pada fungsi suatu komunitas atau masyarakat dan menyebabkan hilangnya nyawa, material, ekonomi atau kerusakan lingkungan dan melebihi kemampuan dari komunitas atau masyarakat terdampak untuk menanggulangnya (ISDR, 2003). Bencana dapat dikelompokkan berdasarkan penyebab dan secara umum dikategorikan menjadi bencana alam, bencana teknologi dan bencana buatan manusia.

Sejalan dengan perkembangan wilayah perkotaan, terjadi perubahan penggunaan lahan terutama di kota-kota besar. Perubahan yang paling nyata adalah terjadinya alih fungsi dari lahan terbuka menjadi menjadi kawasan terbangun. Adanya perubahan fungsi lahan Kota Malang memberikan dampak pada perubahan tata air wilayah. Perubahan tata air adalah salah satu sebab yang berkaitan erat terhadap peristiwa banjir perkotaan (Suripin, 2004). Dari tahun ke tahun, kawasan Kali Kasin Kota Malang, mengalami banjir yang berdampak pada kerusakan lingkungan dan infrastruktur. Pemetaan kawasan terdampak banjir dan pemodelan banjir dapat menjadi acuan dalam penataan ruang di kawasan sempadan sungai (Yuniartanti, 2018).

Bencana banjir disebabkan oleh beberapa faktor, baik faktor alam maupun manusia (Arief et al., 2012; Nugraha et al., 2015). Banjir yang disebabkan oleh faktor alam antara lain karena curah hujan, pengaruh fisiografis, erosi, sedimentasi, kapasistas sungai, kapasitas drainase yang tidak memadai dan pengaruh air pasang. Sedangkan faktor-faktor yang disebabkan oleh manusia adalah perubahan kondisi DAS, kawasan kumuh, sampah, drainase lahan, bendung dan bangunan air, kerusakan bangunan pengendali banjir dan perencanaan sistem pengendalian banjir yang tidak tepat (Kodoatie & Sugiyanto, 2002).

UNISDR (*United Nations Secretariat for International Strategy for Disaster Reduction*) menyatakan dalam laporan akhir tahun 2014 mengenai kebijaksanaan pencegahan dan perlindungan bencana alam di Indonesia sangat lemah dalam konsep penurunan risiko bencana. Oleh karena itu perlu ada upaya pengurangan risiko bencana. Salah satu upaya untuk menanggulangi hal tersebut adalah melalui manajemen bencana yang baik, termasuk di dalamnya adalah penyajian peta maupun pemodelan yang memuat wilayah terdampak banjir (Santosa, 2006b). Seiring dengan ini, penataan ruang semakin dianggap sebagai mekanisme

penting dalam menghadapi risiko banjir (Ogato et al., 2020).

Kajian yang berbasis keruangan tidak terlepas dari peranan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai alat pendukung. SIG merupakan suatu prosedur terkomputerisasi yang digunakan untuk menampilkan, menerima, menyimpan, menganalisa, dan memproses data spasial dan data non-spasial (data atribut) (Melesse et al., 2003). Metode-metode dalam SIG dapat dimanfaatkan dengan baik dalam pemodelan banjir, yang memungkinkan pemrosesan, manajemen, dan interpretasi untuk berbagai data, salah satunya adalah menggunakan metode *Multicriteria Analysis* (Ogato et al., 2020). Pendekatan *GIS-multi-criteria decision analysis* (MCDA) menggunakan kemampuan SIG dalam pengelolaan data geospasial dan fleksibilitas MCDA untuk menggabungkan informasi faktual (misalnya, penggunaan lahan, kemiringan, sistem drainase, dll.) dengan informasi berbasis nilai tertentu (misalnya, pendapat ahli, standar, survei, dll.) (Seejata et al., 2018; Rimba et al., 2017). Penggunaan SIG, penginderaan jauh, dan integrasi dengan perangkat lunak analisis hidrologi seperti HEC RAS dan HEC-GeoRAS memberikan kemudahan dalam pemodelan banjir (Samarasinghe et al., 2010; Ullah et al., 2016).

Untuk dapat memetakan dataran banjir diperlukan data yang memadai seperti debit sungai dan DEM wilayah tersebut (Santosa, 2006a). Ketidacukupan data sering menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi peneliti dalam pemodelan banjir. DEM merupakan bentuk penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. DEM merupakan salah satu sumber data untuk mendapatkan data geometri sungai serta karakteristik terrain wilayah yang dimodelkan (Samarasinghe et al., 2010; Santosa, 2006a). Data DEM berperan penting untuk pengembangan model komponen basin pada model HEC HMS dan data geometrik dalam model HEC-RAS. Data DEM berperan penting dalam model hidrologi, model hidraulik dan peta persebaran bahaya banjir (Martin et al., 2012; Santosa, 2006a). Ullah et al., (2016) memprediksi banjir dengan memanfaatkan penginderaan jauh, SIG, dan perangkat lunak analisis hidrologi (HEC RAS dan HEC-GeoRAS) di Sungai Kalpani. Data geometri sungai diekstrak dari data DEM 30-meter ASTER. Ekstraksi data DEM ASTER ini menghasilkan penampang melintang dan memanjang sungai. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk pemodelan banjir dengan kala ulang 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun.

Data geometri sungai dapat diperoleh dari berbagai macam sumber. Pada resolusi yang rendah, data geometri sungai dan karakteristik terrain dapat peroleh menggunakan SRTM (Tambunan & Santosa, 2018). Namun demikian, untuk mendapatkan data geometri sungai dengan kualitas baik, maka alternatifnya adalah dengan melakukan pengukuran terestris.

Selain data DEM sebagai sumber data geometris, pemodelan dibentuk dari parameter-parameter hidrologis untuk memprediksi daerah-daerah terdampak banjir

dengan besaran dan volume tertentu, seperti debit sungai dan curah hujan (Samarasinghe et al., 2010). Mengacu pada data yang tersedia, pemodelan banjir bisa dilakukan dengan berbagai macam metode (Santosa, 2006b). Hasil simulasi banjir selanjutnya dapat divisualisasikan menggunakan perangkat SIG dalam bentuk peta persebaran genangan banjir secara spasial yang dapat dimanfaatkan untuk pengambilan kebijakan maupun mitigasi bencana.

Merujuk pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Pratiwi (2018), penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan banjir di sepanjang ruas Kali Kasin yang melintasi Kelurahan Bareng, Kota Malang, serta melakukan visualisasi genangan banjir dan dampaknya terhadap lingkungan di sekitar bantaran Kali Kasin dalam bentuk peta untuk mendukung mitigasi bencana.

2. Data dan Metodologi

2.1. Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sub-DAS Kali Kasin yang berada di Kelurahan Bareng, Kecamatan Klojen, Kota Malang. Secara geografis Kali Kasin terletak pada koordinat 112°38'29" BT dan 7°54'37" LS. Lokasi ini dipilih karena setiap tahun selalu terjadi banjir yang menyebabkan kerugian lingkungan dan infrastruktur. Kali Kasin memiliki dua hulu aliran yang berada di Kelurahan Bareng. Aliran pertama berasal dari sekitar Pasar Bareng yang mengalir di pemukiman padat penduduk. Aliran kedua berasal dari Masjid Al-Ikhlash yang berada di Jalan Langsep yang kemudian mengalir melalui Perumahan Ijen Nirwana. Aliran pertama dan kedua tersebut bertemu yang kemudian mengalir di daerah pemukiman padat penduduk dengan kondisi bangunan terletak di sekitar bantaran sungai.

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data geometrik Kali Kasin yang diekstraksi dari Model Elevasi Digital citra ALOS PALSAR dengan resolusi 7 meter di Provinsi Jawa Timur. Data spot height dari pengukuran yang dilakukan USAID APIK dan BPBD tahun 2017, data curah hujan tahun 1996-2016 yang diperoleh dari stasiun hujan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), peta RBI skala 1:25000 Provinsi Jawa Timur, data jenis tanah Pulau Jawa, klasifikasi tutupan lahan yang diperoleh dari interpretasi visual citra Digital Globe ESRI 2017, data koefisien kekasaran Manning (*Manning's roughness coefficient*) menurut (Cowan, 1956) serta Data *basemap* Open Street Map 2018.

2.2. Metodologi

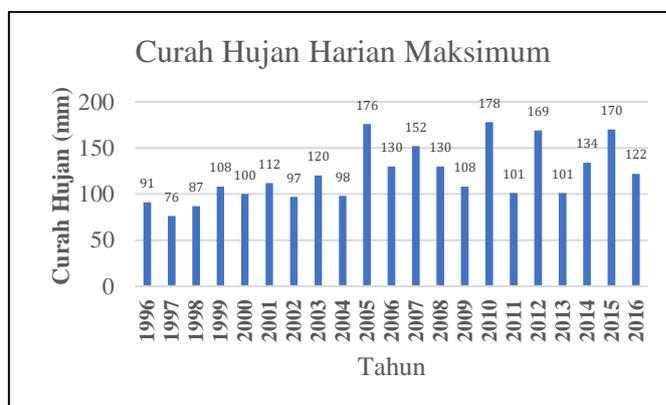
Ada serangkaian tahapan yang dilakukan di dalam pemodelan banjir sungai, yang terdiri dari tiga kelompok, yaitu persiapan data, pemodelan banjir, dan analisis dampak serta visualisasi. Pada tahapan persiapan data, beberapa data yang harus disiapkan adalah data profil geometri sungai, baik profil memanjang maupun melintang. Kemudian mendefinisikan aliran Kali Kasin (stream

centerline), daerah tepian sungai (overbanks lines), arah aliran sungai (flowpath), serta melakukan digitasi penampang melintang (cross-section) sepanjang aliran sungai. Untuk profil melintang, cakupan datanya tidak hanya di tubuh sungai, tapi juga mencakup daerah genangan sungai (*floodplain*). Profil sungai dibuat berdasarkan data Model Elevasi Digital citra ALOS PALSAR.

Debit aliran sungai dihitung menggunakan metode metode SCS-CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*). Pada metode ini, digunakan data jenis tanah, kemiringan lereng (slope), tutupan lahan serta curah hujan, sebagaimana yang telah dilakukan pada penelitian terdahulu (Nurrizqi, 2016). Data hidrologis curah hujan untuk penelitian ini diperoleh dari stasiun hujan Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Data kemiringan lereng didapatkan dari Model Elevasi Digital. Sementara data tutupan lahan diklasifikasi dari citra satelit.

Pengolahan data untuk mendapatkan debit sungai dilakukan dengan menggunakan ekstensi ArcHydroTools dan HEC-GeoHMS. Data yang digunakan sebagai data masukan adalah data DEM Alos Palsar, data debit yang telah dihitung sebelumnya serta beberapa parameter yang mempengaruhi debit sungai. Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan drainase sungai serta *catchmen area*. Pembuatan daerah aliran sungai dilakukan pada *software* ArcMap dengan ekstensi ArcHydroTools. *DEM-Reconditioning* pada daerah aliran sungai kemudian dilakukan dengan mengacu pada data titik tinggi (*spot height*) Kali Kasin.

Pada analisis hidrologi langkah awal yang dilakukan yaitu mengolah data curah hujan. Hitungan model curah hujan dilakukan untuk mendapatkan pola sebaran curah hujan yang terjadi di DAS Kali Kasin. Model curah hujan ini digunakan sebagai data *input* dalam penghitungan debit sungai dengan metode SCS-CN (*Soil Conservation Service – Curve Number*). Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan pada tahun 1996 - 2016 (Gambar 1). Curah hujan maksimum tertinggi pada tahun 2010 dengan nilai curah hujan maksimum sebesar 178 mm. Hujan maksimum tertinggi tersebut terjadi pada tanggal 8 November 2010.



Gambar 1. Grafik curah hujan maksimum dalam kurun waktu 20 tahun (Sumber: BMKG)

Penentuan stasiun curah hujan yang digunakan dalam pembuatan model hujan yaitu dengan memperhatikan nilai kontribusi tiap stasiun pengamatan berdasarkan poligon thiesen terhadap *catchment area*. Sehubungan dengan data hujan tiap jam pada wilayah studi tidak tersedia untuk menggambarkan kejadian banjir dengan analisis unit hydrograph, kajian awal ini dilakukan dengan menggunakan data hujan yang ada yaitu hujan maksimum bulanan sebagai pendekatan. Debit puncak pada masing-masing sub-DAS diestimasi berdasarkan persamaan empiris sebagai berikut (Suripin, 2004) :

$$Q_p = 0,0278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (1)$$

Dalam hal ini :

- Q_p = Laju aliran permukaan (debit) puncak ($m^3/detik$)
- C = Koefisien aliran permukaan ($0 \leq C \leq 1$)
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas DAS (km^2)

Intensitas hujan merupakan besarnya jumlah hujan yang turun yang dinyatakan dalam tinggi curah hujan atau volume hujan tiap satuan waktu. Intensitas hujan dihitung dengan rumus Mononobe (Nurrizqi, 2016) :

$$I = \frac{R_{24}}{t_c} \cdot \left(\frac{t_c}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (2)$$

Dalam hal ini :

- I = intensitas hujan (mm/jam)
- R_{24} = curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)
- t_c = lama hujan / waktu konsentrasi (jam)
- t = durasi hujan (jam)

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh di titik terjauh dari suatu daerah aliran untuk mencapai titik tinjau (*outlet*). Lama waktu konsentrasi bisa didapatkan melalui hasil pengamatan ataupun dengan suatu pendekatan rumus. Pendekatan rumus ini membutuhkan beberapa parameter, yaitu Panjang saluran utama dari hulu sampai hilir (L) dan kemiringan rata-rata saluran utama (S). Waktu konsentrasi t_c dihitung dengan metode Kirpich (1940) dalam Metode SCS-CN (Mishra & Singh, 2013):

$$t_c = 0.06628 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (3)$$

Dalam hal ini :

- t_c = waktu konsentrasi (jam)
- L = panjang saluran utama dari hulu sampai penguras (km)
- S = kemiringan rata-rata saluran utama

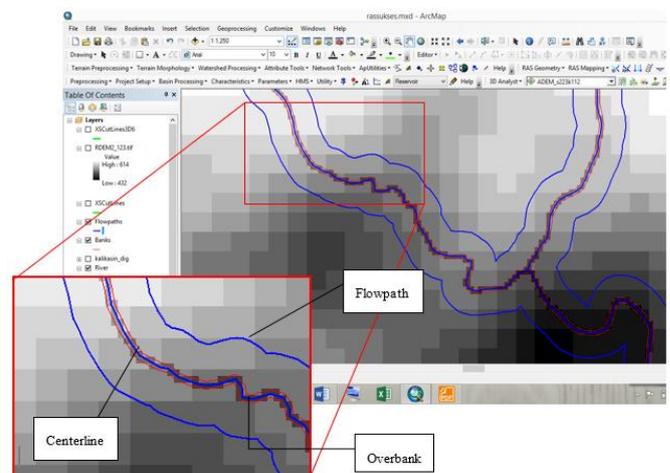
Penghitungan debit banjir dilakukan dengan membangun dan mensimulasikan proses hujan aliran/limpasan (*rainfall-runoff*) pada suatu sistem tangkapan hujan atau Daerah Aliran Sungai (DAS). Berdasarkan hasil pengolahan data, DAS Kali Kasin terbagi menjadi 3 Sub DAS dengan kode W550, W430, dan W540. Dari pengolahan

dengan HEC-HMS ini dihasilkan debit puncak aliran sungai pada hulu dan hilir sungai, seperti terlihat di Tabel 1.

Tabel 1. Debit Kali Kasin

Elemen DAS	Debit (m^3/s)
W550	22.6
W430	4.1
W540	10.2
Outlet	25.1

Berdasarkan Tabel 1 diatas dapat diketahui bahwa debit puncak terbesar terjadi di wilayah hulu dengan kode W550 yang merupakan daerah sekitar Masjid Al-Ikhlas yang berada di Jalan Langsep yang kemudian mengalir melewati Perumahan Ijen Nirwana dengan debit sebesar 22.6 m^3/s . Hasil dari debit puncak ini kemudian digunakan untuk membuat pemodelan simulasi banjir di Hec-RAS.

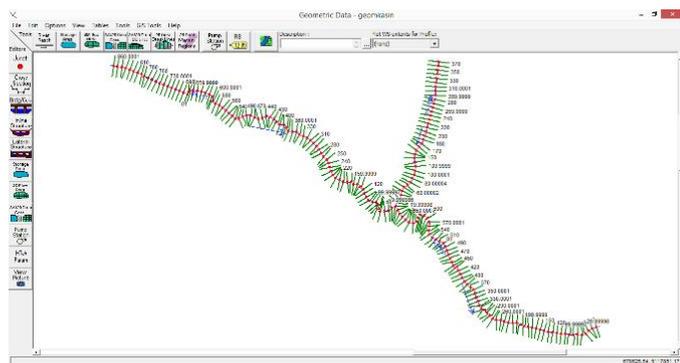


Gambar 2. Flowpath, Centerline dan Overbank

Tahap selanjutnya adalah membuat model banjir dengan menggunakan perangkat lunak GIS. Untuk melakukan pemodelan banjir, terlebih dahulu data geometris sungai berupa penampang melintang dan memanjang serta *floodplain* sepanjang sungai didefinisikan terlebih dahulu. Kemudian mendefinisikan aliran Kali Kasin (*stream centerline*), daerah tepian sungai (*overbanks lines*), arah aliran sungai (*flowpath*) (Gambar 2), serta melakukan digitasi penampang memanjang dan melintang (*cross-section*) sepanjang aliran sungai (Gambar 3).

Selain itu, dari data citra Digital Globe dari ESRI dilakukan klasifikasi visual tutupan lahan untuk menentukan nilai koefisien Manning di daerah sekitar Kali Kasin sehingga diperoleh nilai koefisien Manning daerah dataran banjir di sekitar Kali Kasin melalui hasil identifikasi terhadap penutup lahan yang ada. Penutup lahan diklasifikasikan dalam 5 jenis penutup lahan, yaitu jalan, sungai, pemukiman, vegetasi, dan lahan kosong. Hasil klasifikasi penggunaan lahan ditunjukkan pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa pada area sekitar DAS Kasin

penggunaan lahan yang paling besar yaitu permukiman dengan luas 63.29% dari luas total.



Gambar 3. Data geometri sungai Kali Kasin

Tabel 2. Jenis Penggunaan Lahan

No	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (km ²)	% dari total
1	Pemukiman	0.53	63.3%
2	Lahan Kosong	0.10	11.8%
3	Vegetasi	0.11	12.7%
4	Jalan	0.10	11.6%
5	Sungai	0.01	0.7%
Jumlah Total		0.84	100%

Selain data geometrik sungai, dibutuhkan pula data koefisien Manning di sekitar bantaran Kali Kasin. Data Koefisien Manning ini didasarkan pada kekasaran sungai di lapangan. Nilai dari koefisien kekasaran Manning disesuaikan mengacu pada (Cowan, 1956). Nilai koefisien Manning di saluran tengah sungai sebesar 0.037375 dengan keadaan saluran yaitu material dasar berupa batu, tingkat ketidakteraturan saluran halus, variasi penampang melintang saluran lambat laun, pengaruh adanya halangan pada penampang melintang diabaikan, tanaman rendah, dan tingkat dari pada meander menengah ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Manning Saluran Tengah Sungai

Kode	Keadaan Saluran	Keterangan	Nilai Manning
n0	Material dasar	Batu	0.0250
n1	Tingkat ketidakteraturan saluran	Halus	0.0000
n2	Variasi penampang melintang saluran	Lambat laun	0.0000
n3	Pengaruh adanya halangan pada penampang melintang	Diabaikan	0.0000
n4	Tanaman	Rendah	0.0075
n5	Tingkat dari pada meander	Menengah	1.1500
n total			0.0374

Sedangkan kekasaran permukaan pada kanan dan kiri kali sebesar 0.0325 dengan keadaan saluran yaitu material dasar tanah, tingkat keseragaman saluran halus, variasi penampang melintang saluran lambat laun, pengaruh

adanya halangan pada penampang melintang diabaikan, tanaman rendah, dan tingkat dari pada meander rendah ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Koefisien Manning Saluran Tepi Sungai

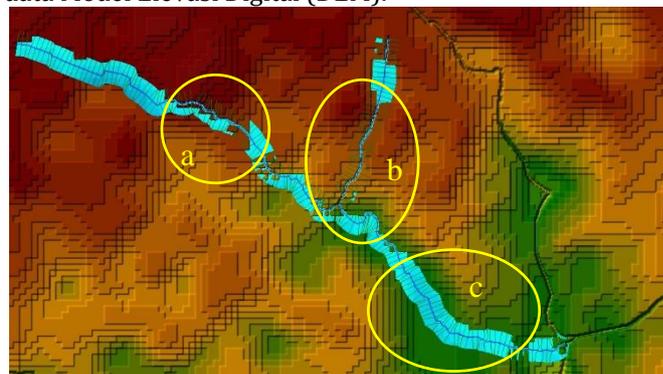
Kode	Keadaan Saluran	Keterangan	Nilai Manning
n0	Material dasar	Batu	0.0250
n1	Tingkat ketidakteraturan saluran	Halus	0.0000
n2	Variasi penampang melintang saluran	Lambat laun	0.0000
n3	Pengaruh adanya halangan pada penampang melintang	Diabaikan	0.0000
n4	Tanaman	Rendah	0.0075
n5	Tingkat dari pada meander	Rendah	1.0000
n total			0.0325

Pembuatan simulasi banjir dilakukan dengan menggunakan HEC-RAS berdasarkan parameter-parameter hidrologis dari hasil hitungan yang telah dilakukan sebelumnya, data geometrik sungai, serta nilai koefisien Manning yang merepresentasikan kekasaran permukaan. Hasil dari simulasi banjir adalah model banjir Kali Kasin, yang dapat divisualisasikan ke dalam peta menggunakan *tool* HEC-GeoRAS. Selanjutnya, analisis dampak banjir dilakukan menggunakan metode analisis spasial di GIS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Simulasi Banjir

Sebagaimana disampaikan di awal bahwa debit sungai terbesar dalam 20 tahun terakhir adalah 22.6 m³/s meliputi wilayah hulu dengan kode W550. Hasil simulasi genangan banjir dengan debit sebesar itu terlihat pada Gambar 4. Wilayah genangan banjir divisualisasikan dengan luasan berwarna biru muda, dengan latar belakang data Model Elevasi Digital (DEM).

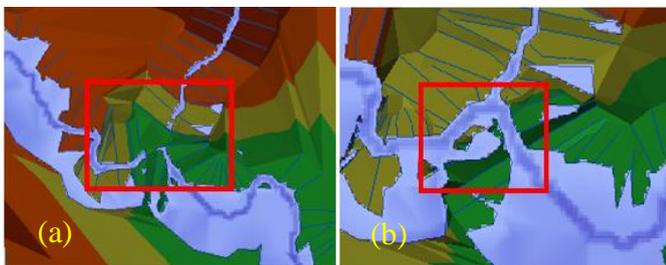


Gambar 4. Hasil Simulasi Banjir Kali Kasin

Genangan banjir pada wilayah di sekitar Kali Kasin yang merupakan hasil pada tahap awal simulasi menunjukkan beberapa visualisasi yang perlu ditelaah lebih jauh. Kalau dilihat dari Gambar 4 tersebut, genangan banjir cukup luas terjadi di bagian bawah (dataran yang lebih rendah, ditunjukkan oleh warna hijau pada data DEM), seperti terlihat pada area yang ditandai dengan lingkaran c. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi aliran banjir terjadi di wilayah ini yang merupakan daerah lebih rendah. Di sisi

lain, pada area genangan yang ditandai dengan lingkaran a dan b menunjukkan minim terjadi genangan, sebagaimana ditandai oleh area genangan warna biru yang menyempit.

Pengamatan lebih detil dijumpai bahwa ada beberapa aliran sungai yang pada simulasi ini ternyata tidak mengalir. Hal ini ditandai dengan pola aliran sungai/banjir warna biru yang terputus di beberapa penggal sungai, seperti terlihat pada Gambar 5 (a). Setelah melalui verifikasi di lapangan, hal ini diketahui karena data *cross section* yang diekstraksi dari DEM tidak mampu merepresentasikan kondisi di lapangan. Data DEM yang digunakan tidak dapat menggambarkan dengan tepat aliran sungai yang berada di bawah tanah. Kondisi Kali Kasin yang mengalir melalui tengah kota padat penduduk, maka ada beberapa penggal aliran sungai yang tertutup oleh jalan atau ditutup beton. Ketika dilakukan survei lapangan pada beberapa daerah yang pada pemodelan terlihat aliran yang terputus, ditemukan beberapa tempat yang merupakan aliran air bawah tanah, sehingga keberadaannya sulit dideteksi oleh data DEM.



Gambar 5. Gambar genangan banjir sebelum penambahan *cross-section* (a) dan setelah penambahan *cross-section* (b).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka solusi yang dilakukan adalah dengan memberikan tambahan *cross-section* pada penggal-penggal sungai yang data *cross section*nya tidak akurat. Pemberian data *cross section* yang lebih detil dan akurat diyakini dapat memberikan model simulasi banjir yang lebih baik. Hal ini mengacu pada prinsip pemodelan banjir sungai yang diterapkan pada HEC-RAS, di mana pemodelan banjir dilakukan pada setiap profil geometri sungai yang direpresentasikan oleh *cross section*, baik penampang memanjang maupun melintang. Semakin rapat dan akurat data geometri sungai, maka simulasi aliran air sungai yang dihasilkan dapat lebih merepresentasikan kondisi sebenarnya.

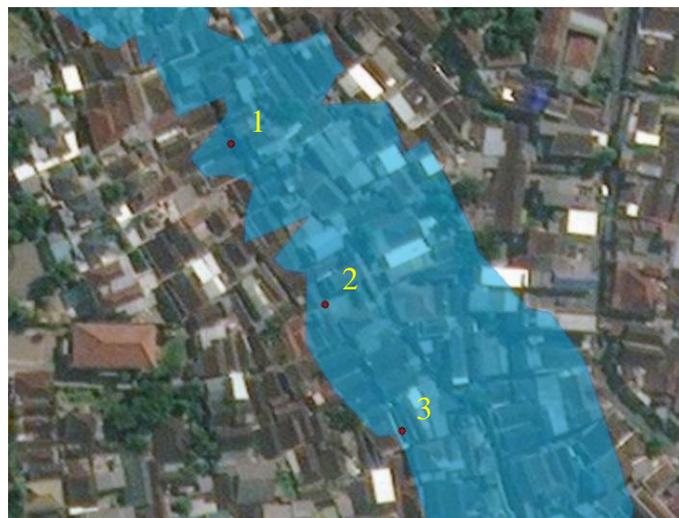
Pada simulasi banjir di Kali Kasin ini, penambahan data *cross section* di beberapa penggal sungai terbukti menghasilkan model yang lebih baik, dan aliran sungai bisa tersambung, seperti terlihat pada Gambar 5 (b).

3.2. Verifikasi daerah genangan dan analisis dampak banjir

Peta genangan banjir yang dihasilkan dari pemodelan banjir diverifikasi menggunakan data historis kejadian banjir di tahun sebelumnya. Data historis kejadian banjir ini dikumpulkan melalui tahapan wawancara terhadap warga masyarakat di wilayah Kelurahan Bareng, khususnya di wilayah sekitar Kali Kasin. Beberapa pertanyaan yang

disampaikan kepada masyarakat adalah: seberapa sering wilayahnya dilanda banjir, wilayah mana saja yang terdampak, seberapa tinggi air menggenangi wilayah permukiman, dan kerugian apa saja yang dirasakan warga masyarakat.

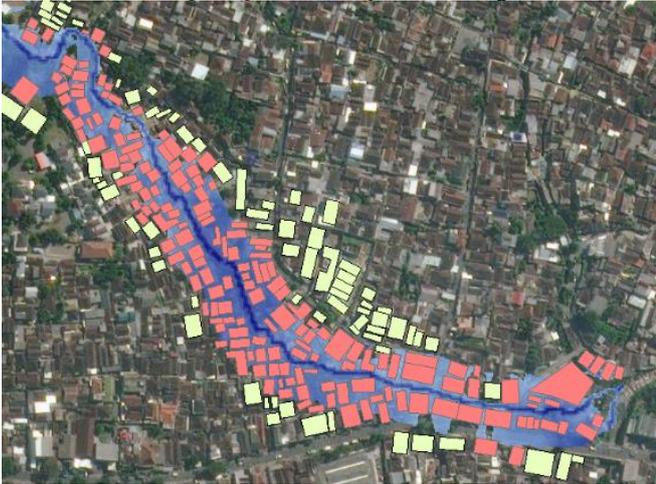
Dari wawancara tersebut diperoleh data bahwa kejadian banjir di sebagian wilayah Kelurahan Bareng hampir terjadi setiap tahun ketika musim hujan. Dari keterangan warga juga diperoleh informasi bahwa banjir menyebabkan kerusakan infrastruktur dan kerugian harta benda. Beberapa wilayah terdampak hasil pemodelan banjir dalam penelitian ini juga dapat diverifikasi, seperti tersaji pada Gambar 6. Titik-titik merah nomor 1, 2, dan 3 adalah wilayah yang terdampak banjir pada kejadian banjir tahun sebelumnya. Dari gambar tersebut terlihat bahwa lokasi tersebut masuk dalam wilayah genangan banjir hasil pemodelan banjir (area berwarna biru) pada penelitian ini.



Gambar 6. Verifikasi persebaran banjir (Sumber: Google maps dan hasil pengolahan data)

Selain dapat dilihat dari Gambar 6, dampak banjir terhadap rumah atau permukiman juga terlihat jelas pada Gambar 7. Identifikasi daerah pemukiman yang dilakukan dengan melakukan proses tumpang susun antara peta hasil simulasi banjir dan citra satelit resolusi tinggi pada daerah yang sama. Tumpang susun peta hasil simulasi banjir juga dilakukan dengan mendigitasi bangunan yang terdampak banjir, untuk mengetahui secara detil sebaran dan jumlah rumah yang terdampak banjir. Pada Gambar 7 terlihat bahwa area berwarna merah diindikasikan sebagai rumah yang terdampak banjir karena berada atau bertampalan dengan wilayah genangan banjir (ditandai dengan warna biru). Terlihat bahwa genangan banjir mencakup wilayah pada penduduk dengan perumahan yang sangat rapat. Hasil analisa secara visual menunjukkan daerah pemukiman di Kelurahan Bareng berpotensi mengalami dampak paling besar, terutama di daerah hilir Kali Kasin. Hal tersebut disebabkan karena padatnya pemukiman di sekitar hilir Kali Kasin. Pada Kelurahan Bareng bagian hulu (hulu di Timur maupun Barat), menunjukkan beberapa

wilayah pemukiman juga terdampak, meskipun secara visual terlihat dampaknya tidak separah di bagian hilir.

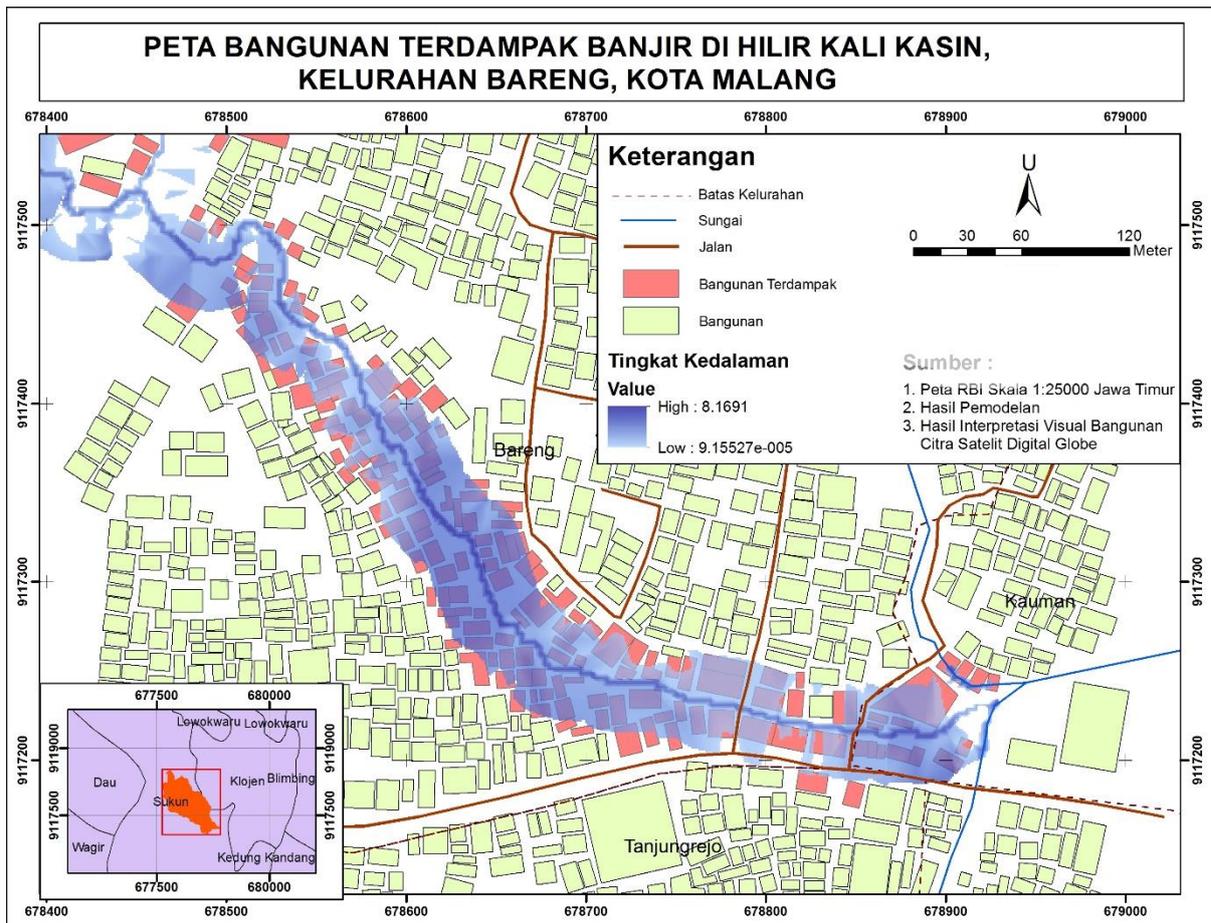


Gambar 7. Visualisasi pemodelan banjir dengan bangunan terdampak di atas citra satelit (Sumber: Google maps dan hasil pengolahan data).

Dengan melakukan digitasi rumah yang terdampak banjir, serta melakukan tahapan query spasial maka jumlah

rumah yang terdampak banjir dapat diketahui sejumlah 173 rumah. Rumah sejumlah 173 ini merupakan perkiraan jumlah rumah yang akan terdampak genangan banjir ketika terjadi banjir akibat hujan dengan intensitas atau curah hujan maksimum yang menyebabkan terjadinya banjir maksimum di Kali Kasin. Dari simulasi banjir ini juga dapat diprediksikan perkiraan luas wilayah di Kelurahan Bareng yang terdampak genangan banjir seluas lebih kurang 24.225,63 m².

Untuk keperluan sosialisasi kepada warga dan pihak-pihak yang berkepentingan mengenai hasil pemodelan banjir dan dampak terhadap permukiman warga, maka disusun peta dampak banjir (Gambar 8). Beberapa informasi yang dapat dilihat dari peta tersebut adalah: cakupan genangan banjir, rumah warga yang terdampak, estimasi kedalaman genangan banjir, serta wilayah administrasi. Dari informasi kedalaman banjir, seperti ditampilkan dengan gradasi warna biru, terlihat bahwa kedalaman genangan berkisar antara beberapa centimeter sampai sekitar 8,169 meter. Daerah genangan tertinggi ini terletak pada badan sungai (bukan di wilayah permukiman yang tergenang).



Gambar 8. Peta bangunan terdampak banjir di hilir Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang

3.3. Evaluasi dan rekomendasi

Sebagaimana di sampaikan di depan, bahwa pemodelan banjir ini menggunakan skenario debit sungai terbesar dalam yang terjadi dalam kurun waktu 20 tahun terakhir yaitu sebesar 22.6 m³/s yang terjadi karena curah hujan tinggi. Oleh karena itu, peta visualisasi genangan banjir yang dihasilkan di dalam penelitian ini belum tentu akan sesuai dengan kejadian banjir di tahun-tahun yang akan datang, karena belum tentu debit air sungainya mencapai 22.6 m³/s.

Kualitas hasil pemodelan banjir ini sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, baik kualitas data yang digunakan maupun model yang diterapkan dalam mensimulasikan banjir. Dalam konteks data, data geometri sungai memiliki peran yang besar dalam menentukan akurasi pemodelan. Dalam penelitian ini, geometri sungai diekstraksi dari data DEM dari citra ALOS PALSAR yang memiliki resolusi spasial sekitar 7 meter. Dengan resolusi spasial sebesar ini maka sulit untuk mendapatkan data geometri sungai yang baik yang mampu merepresentasikan profile geometri sungai secara akurat. Untuk itu, untuk mendapatkan hasil pemodelan banjir yang lebih baik, maka perlu dicarikan alternatif sumber data geometri sungai yang akurat tapi murah.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan peta genangan banjir di wilayah sekitar Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Makang, menggunakan pendekatan hidrolika dan GIS. Hasil pemodelan banjir ditampilkan dalam bentuk peta sebaran banjir yang menampilkan informasi mengenai cakupan genangan banjir, rumah atau bangunan warga yang terdampak, estimasi kedalaman genangan banjir, serta wilayah administrasi. Selanjutnya, dari analisis spasial diperoleh informasi bahwa luas area yang terdampak banjir adalah seluas 24225.63 m². Selain itu, diperoleh juga informasi bahwa ada sekitar 173 rumah atau bangunan yang terdampak banjir.

Mengingat bahwa simulasi pemodelan banjir ini menggunakan masukan data debit aliran puncak yang diperoleh dari data curah hujan selama 20 tahun, serta data geometri sungai yang memiliki resolusi kurang tinggi, maka peta hasil pemodelan ini bisa jadi tidak selalu merepresentasikan kejadian rutin tahunan di wilayah tersebut.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

- Arief, L. N., Santosa, P. B., & Aditya, T. (2012). Pemetaan Risiko Bencana Banjir Rob. *The 1st Conference on Geospatial Information Science and Engineering*, 1–12. <http://ugm.id/BanjirRobSemarang>
- Cowan, W. L. (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering*, 37(7), 473–475.
- ISDR. (2003). *Basic Term of Disaster Risk Reduction, International Strategy for Disaster Reduction, United Nations*.
- Kodoatie, R. J., & Sugiyanto. (2002). *Banjir Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan*. Pustaka Pelajar.
- Martin, O., Rugumayo, A., & Ovcharovichova, J. (2012). Application of HEC-HMS / RAS and GIS Tools in Flood Modeling : A Case Study for River Sironko – Uganda. *Global Journal of Engineering, Design & Technology*, 1(2), 19–31.
- Melesse, A. M., Graham, W. D., & Jordan, J. D. (2003). Spatially distributed watershed mapping and modeling: GIS-based storm runoff response and hydrograph analysis: part 2. *Journal of Spatial Hydrology*, 3(2), 1–28.
- Mishra, S. K., & Singh, V. P. (2013). *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology* (Vol. 42). Springer Science & Business Media.
- Nugraha, A. L., Santosa, P. B., & Aditya, T. (2015). Dissemination of Tidal Flood Risk Map Using Online Map in Semarang. *Procedia Environmental Sciences*, 64–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.010>
- Nurriszqi, E. H. (2016). *Model Pemanenan Air Hujan (Rainwater Harvesting) untuk Mengurangi Dampak Bencana Banjir di DAS Penguluran, Kecamatan Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang*. Universitas Gadjah Mada.
- Ogato, G. S., Bantider, A., Abebe, K., & Geneletti, D. (2020). Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, Ethiopia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27, 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100659>
- Pratiwi, Z. N. (2018). *Pemodelan Banjir dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kota Malang*. Universitas Gadjah Mada.
- Rimba, A. B., Setiawati, M. D., Sambah, A. B., & Miura, F. (2017). Physical Flood Vulnerability Mapping Applying Geospatial Techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. *Urban Sci*, 1(7), 1–22.
- Samarasinghe, S. M. J. ., Nandalal, H. K., Weliwitiya, D. P., Fowze, J. S. M., Hazarika, M. K., & Samarakoon, L. (2010). Application of Remote Sensing and GIS for Flood Risk Analysis: A Case Study at Kalu-Ganga River, Sri Lanka. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan, 2010*, 110–115.

<https://www.researchgate.net/publication/289840047>

- Santosa, P. B. (2006a). River flow prediction and floodplain mapping using Artificial Neural Networks and GIS. *International Symposium & Exhibition on Geoinformation 2006, Malaysia*, 1–7.
<https://repository.ugm.ac.id/276104/>
- Santosa, P. B. (2006b). The role of GIS for flood disaster management. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Ke-3 Teknik Geomatika ITS*, 51–56.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.557.8626&rep=rep1&type=pdf>
- Seejata, K., Yodyinga, A., Wongthadam, T., Mahavika, N., & Tantanee, S. (2018). Assessment of flood hazard areas using analytical hierarchy process over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. *Procedia Eng.* 212, 340–347.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data* (Jilid 1). Penerbit Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi.
- Tambunan, S. B. R., & Santosa, P. B. (2018). Progo Watershed Deliniation and River Network Analysis Using SRTM DEM and Contour DEM Hypsography of RBI 1: 25000. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Science and Technology, ICST 2018*.
<https://doi.org/10.1109/ICSTC.2018.8528287>
- Ullah, S., Farooq, M., Sarwar, T., & Tareen, M. J. (2016). Flood modeling and simulations using hydrodynamic model and ASTER DEM — A case study of Kalpani River. *Arabian Journal of Geosciences*.
<https://doi.org/10.1007/s12517-016-2457-z>
- Yuniartanti, R. K. (2018). Mitigasi Banjir Struktural dan Non-Struktural untuk Daerah Aliran Sungai Rontu di Kota Bima. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 2(2), 137–150.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jppdas.2018.2.2.137-150>