

Pemodelan Dan Visualisasi Tiga Dimensi Genangan Banjir Di Kali Winongo, Yogyakarta

Modeling And Three Dimensional Visualization Of Flood Inundation At Winongo River, Yogyakarta

Afrizal Irfani, Nursetiawan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Dataran banjir merupakan wilayah alami yang sewaktu-waktu dapat tergenang akibat meningkatnya muka air sungai. Dengan kondisi tersebut pemukiman yang terletak pada daerah ini memiliki tingkat kerentanan yang tinggi atas banjir, sebagaimana dijumpai pada daerah pemukiman di sekitar Kali Winongo. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat model genangan banjir di Kali Winongo serta mengetahui luas wilayah dan jumlah bangunan terdampak dengan berbagai skenario nilai debit. Pembuatan model prediksi genangan banjir dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Sistem Informasi Geografi (SIG). Dalam pemodelan ini digunakan beberapa perangkat lunak yaitu ArcMap untuk melakukan pengolahan data spasial, HEC-RAS untuk analisis hidraulika, dan ArcGIS Pro untuk visualisasi hasil analisis dan bangunan secara tiga dimensi. Skenario debit yang digunakan dalam analisis adalah aliran permanen kala ulang 2, 10, dan 25 tahun. Hasil analisis dengan Q_2 menunjukkan wilayah paling terdampak berada di Kabupaten Bantul seluas 118,97 ha sebanyak 561 bangunan, Q_{10} menunjukkan wilayah paling terdampak berada di Kabupaten Bantul seluas 180,5 ha sebanyak 885 bangunan, dan Q_{25} menunjukkan wilayah paling terdampak berada di Kabupaten Bantul seluas 206,6 ha sebanyak 1.048 bangunan.

Kata-kata kunci: Pemodelan banjir, Genangan banjir, HEC-GeoRAS, Visualisasi 3D, ArcGIS Pro

Abstract. Floodplain is natural area that sometimes can be flooded because the increase of river's water surface. This condition makes the residential areas of this place have a high vulnerable level to flooded, as found in residential areas around Winongo River. The purpose of this study is to create a model of the flood inundation in Winongo River and to determine the numbers of area and building that most impacted with various flow scenario. The modeling of the flood inundation used Geographic Information System (GIS) software. This study used several software, ArcMAP for processing of spasioal data, HEC-RAS for hydraulic analysis, and ArcGis Pro for visualization the result of analysis and buildings in three dimensions. The flow scenario is use in the analysis are 2, 10, and 25 years return period steady flow. The result analysis of Q_2 showed the area that most impacted is Bantul Regency, 118,97 ha, 561 buildings, Q_{10} showed the area that most impacted is Bantul Regency, 180,5 ha, 885 buildings, and Q_{25} showed the area that most impacted is Bantul Regency, 206,6 ha, 1.048 buildings.

Keywords : Flood modeling, Flood inundation, HEC-GeoRAS, 3D Visualization, ArcGis Pro

1. Pendahuluan

Terjadinya bencana merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan dalam pembangunan. Sebuah bencana dapat mengakibatkan kerusakan terhadap hasil pembangunan yang telah dilakukan sejak lama. Pembuatan model prediksi daerah genangan banjir penting dilakukan untuk mengetahui daerah mana saja yang sering mengalami banjir, sehingga dapat dijadikan pertimbangan pengambilan keputusan untuk mengatasi kerusakan yang diakibatkan oleh banjir di

daerah tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk melakukan pemodelan genangan banjir adalah dengan memanfaatkan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG).

Sunarko dkk., (2011) melakukan penelitian dan pemodelan banjir menggunakan data spasial dasar berupa peta TIN (Triangulated Irregular Network) yang diperoleh dari peta rupabumi Bakosurtanal skala 1:50.000 dengan masukan data debit limpasan berdasarkan hujan kala ulang 50, 100, 200, dan 500 tahun. Simulasi banjir yang dilakukan pada penelitian tersebut

menggunakan program HEC-RAS 4.0, sedangkan pemodelan genangan hasil genangan banjir menggunakan program ArcView 3.3 dengan bantuan ekstensi HEC-GeoRAS 3.1.

Sari dkk., (2013) melakukan pemodelan banjir dengan data debit kala ulang dan data pasang surut. Pemodelan geometri pada penelitian tersebut menggunakan program ArcGIS dan ekstensi HEC-GeoRAS dengan data dasar berupa TIN yang dibentuk dari peta kontur skala 1:25.000 dan peta morfologi skala 1:25.000. Pemodelan hidraulika menggunakan program HEC-RAS dengan input debit banjir rancangan kala ulang 5, 10, dan 25 tahun yang dianalisis menggunakan Hidrograf Satuan Sintetik Snyder dan data pasang surut. Nilai kekasaran saluran yang digunakan pada penelitian tersebut diperoleh berdasarkan hasil survei lapangan dan dianggap sama sepanjang sungai.

Cahyono dkk., (2015) membuat pemodelan untuk menyusun peta bahaya banjir dan peta tingkat risiko bahaya banjir akibat luapan sungai dengan data dasar spasial berupa DEM (Data Elevation Model). Pembuatan data DEM berdasarkan garis kontur peta topografi skala 1:10.000, interval kontur 2 meter dan ditambahkan dengan data titik tinggi. Nilai debit yang digunakan pada pemodelan yang dilakukan adalah data debit maksimum banjir yang terjadi dari tahun 1966 – 2009. Pada penelitian tersebut analisis geometri dan genangan banjir dilakukan menggunakan program ArcView dengan bantuan ekstensi HEC-GeoRAS, sedangkan pemodelan hidraulika menggunakan program HEC-RAS.

Indarto dan Prasetyo (2014) melakukan penelitian untuk membuat DEM dengan ketelitian spasial 10 m. Pembuatan DEM dilakukan dengan interpolasi ulang data ketinggian mencakup titik-titik ketinggian dari peta RBI, titik tinggi dari survei GPS, data kontur dari peta DEM SRTM dan Aster GDEM2, dan *layer* jaringan sungai. DEM hasil penelitian dapat menggambarkan karakteristik topografi DAS dengan lebih detail dibanding DEM SRTM dan Aster GDEM2.

Penelitian ini dilakukan untuk membuat model banjir pada Kali Winongo serta dapat memperoleh luas wilayah dan jumlah bangunan

terdampak pada masing-masing desa yang dilewati sungai dengan berbagai skenario debit.

Sungai

Sungai merupakan air yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan bermuaran di laut, danau atau sungai yang lebih besar (Pangestu dan Hakki, 2013). Pada dasarnya sungai berfungsi sebagai tempat mengalirnya air sehingga tidak boleh ada hambatan pada sungai tersebut yang dapat menyebabkan aliran air menjadi tidak lancar sehingga terjadi banjir. Sungai merupakan salah satu sumber air untuk kehidupan dan keperluan makhluk hidup.

Sempadan Sungai

Berdasarkan Permen PUPR No. 28/PRT/M/2015, garis sempadan sungai adalah garis maya di kiri dan kanan palung sungai yang ditetapkan sebagai batas perlindungan sungai. Sempadan sungai merupakan area yang sangat rentan terhadap aktivitas manusia, berkenaan dengan pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung dan peruntukannya (Wardhani dkk., 2010). Penetapan garis sempadan sungai dimaksudkan agar fungsi sungai tidak terganggu oleh aktifitas manusia di sekitarnya, serta dapat mengurangi kerugian yang terjadi akibat daya rusak air sungai ketika terjadi banjir.

Banjir

Banjir dapat diartikan meluapnya air yang mengalir pada sungai atau saluran drainase akibat debit air yang melebihi kapasitas pengaliran dari sungai atau saluran tersebut (Rosyidie, 2013).

Banjir dapat disebabkan oleh berbagai faktor, namun secara hakiki penyebab utama banjir adalah curah hujan karena tidak akan terjadi banjir jika tidak pernah terjadi hujan (Prabawadhani dkk., 2016). Faktor penyebab banjir yang lain seperti berkurangnya area resapan air akibat perubahan tata guna lahan, sampah yang menyumbat saluran, dan pendangkalan sungai akibat sedimentasi.

Sistem Informasi Geografis (SIG)

Menurut Wibowo dkk., (2015) SIG adalah suatu sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, menganalisis, dan memanggil data

spasial yang memiliki referensi geografis. Secara umum SIG dapat memberikan informasi yang menggambarkan keadaan nyata, memperkirakan suatu hasil dan untuk perencanaan.

Digital Elevation Model

Digital Elevation Model (DEM) merupakan representasi digital dari ketinggian permukaan bumi dimana setiap pikselnya memiliki informasi koordinat dan ketinggian (Anggraini dkk., 2012). Informasi mengenai ketinggian suatu tempat merupakan suatu elemen yang sangat penting dalam pengolahan data spasial menggunakan teknik SIG.

Triangulated Irregular Network

Triangulated Irregular Network (TIN) merupakan model data topologi berbasis vektor yang digunakan untuk mempresentasikan permukaan bumi dalam bentuk hubungan antara segitiga-segitiga tidak beraturan yang saling berhubungan (Wardana, 2018). Masing-masing segitiga memiliki nilai koordinat x, y, dan elevasi (z).

ArcMap

ArcGIS adalah sistem yang lengkap dan terintegrasi untuk pembuatan, pengelolaan, integrasi, dan analisis data geografis (Sharholy dkk., 2007). ArcGIS merupakan perangkat lunak pengolah SIG yang dikembangkan oleh ESRI (Environmental Systems Research Institute). ArcGIS desktop mencakup ArcMap, ArcCatalog, dan ArcToolbox yang saling terintegrasi. ArcMap adalah aplikasi utama dari ArcGIS yang berguna untuk menampilkan, mengolah, membuat, dan menganalisis data SIG.

Pemodelan

Model adalah suatu bentuk tiruan dari permasalahan di lapangan dengan skala yang lebih kecil dan dilakukan percobaan di laboratorium. Pemodelan dapat dibedakan menjadi pemodelan satu dimensi dan dua dimensi. Menurut Siregar dan Indrawan (2017) pemodelan 1 dimensi adalah pemodelan dengan satu arah yaitu arah aliran sepanjang jalur utama, sedangkan pemodelan 2 dimensi adalah pemodelan dengan dua arah yaitu arah aliran sepanjang jalur utama dan area di sekitar aliran.

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kali Winongo bagian tengah yang berada di Desa Sendangadi Kabupaten Sleman, melewati Kota Yogyakarta hingga ke bagian hulu yang berada di Desa Donotirto Kabupaten Bantul. Panjang sungai yang ditinjau adalah $\pm 35,6$ km. Lokasi Sub-DAS Winongo ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Sub-DAS Winongo

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi data untuk mengolah DEM, data untuk analisis hidraulika, dan data untuk visualisasi tiga dimensi. Data untuk mengolah DEM antara lain kontur sungai interval 1 meter hasil pengukuran lapangan oleh PT. Sarana Bagja Bumi, kontur peta RBI skala 1:25.000, titik tinggi survei GPS yang diperoleh dari BAPPEDA Daerah Istimewa Yogyakarta, dan titik tinggi digitasi. Data untuk analisis hidraulika antara lain geometri sungai, foto citra untuk penentuan nilai kekasaran permukaan, dan data debit kala ulang 2, 5, dan 25 tahun. Data untuk visualisasi tiga dimensi antara lain digitasi bangunan, poligon banjir, foto citra, dan *terrain* atau medan permukaan bumi.

Software

Pada penelitian ini digunakan beberapa *software* yaitu ArcMap 10.6.1, HEC-RAS, ArcGIS Pro, dan *tool* HEC-GeoRAS. ArcMap 10.6.1 digunakan untuk mengolah data spasial dan analisis genangan banjir dengan bantuan *tool* HEC-GeoRAS. HEC-RAS digunakan untuk analisis hidraulika. *Tool* HEC-GeoRAS digunakan untuk pembuatan geometri sungai sebagai *input* HEC-RAS, dan digunakan untuk analisis genangan banjir menggunakan

ArcMap. ArcGis Pro digunakan untuk melakukan visualisasi bangunan dan wilayah banjir secara tiga dimensi.

Pembuatan Digital Elevation Model

Pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM) terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.

1) Pembuatan DEM Awal

DEM awal dibentuk berdasarkan data kontur detail Kali Winongo dengan interval 1 meter menggunakan *toolbox Topo to Raster* pada program ArcMap. DEM awal ini nantinya akan digunakan sebagai data dasar titik tinggi digitasi badan sungai.

2) Digitasi Titik Tinggi

Data titik tinggi hasil digitasi badan sungai diperlukan guna memperoleh DEM dengan hasil yang baik dan ukuran *pixel* yang detail. Proses digitasi dilakukan menggunakan *tool Extract Values to Point* pada program ArcMap 10.6.1. Proses ini dilakukan karena tidak tersedia data titik tinggi badan sungai hasil survei GPS.

3) Pembuatan DEM Baru dengan Resolusi Spasial 10 Meter

DEM baru dengan resolusi dibuat menggunakan *toolbox Topo to Raster* pada program ArcMap dan pada bagian *Output cell size* diisi angka 10 agar DEM yang terbentuk memiliki resolusi spasial 10 meter. Data yang digunakan sebagai *input* antara lain data kontur sungai, data kontur peta RBI, titik tinggi survei GPS, dan titik tinggi digitasi.

Pemodelan Genangan Banjir

Pemodelan genangan banjir terbagi menjadi beberapa tahapan antara lain sebagai berikut.

1) *Pre-Processing*

Pre-Processing yaitu proses digitasi atau pendefinisian geometri sungai berupa penampang melintang dan memanjang sungai serta dataran banjir sepanjang sungai sebelum dilakukan pemodelan hidraulika. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcMap. Bagian yang perlu didefinisikan yaitu garis tengah sungai (*Stream Centreline*), garis tebing (*Bank Lines*), garis aliran (*Flow Path Centerlines*), dan garis potongan melintang (*XS Cut*

Lines). Pembuatan garis potongan menggunakan *tool Construct XS Cut Lines* pada HEC-GeoRAS. Data spasial dasar yang digunakan adalah DEM resolusi 10 meter yang telah dibuat sebelumnya.

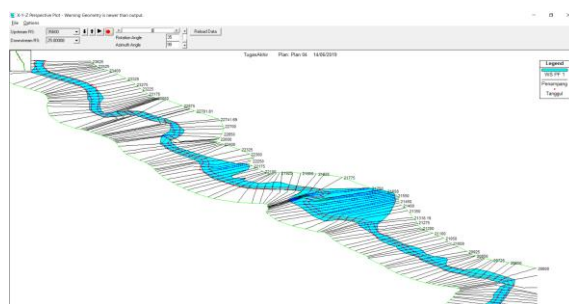
2) Pemodelan Hidraulika

Pemodelan hidraulika dimaksudkan untuk memperoleh hasil profil muka air dan karakteristik banjir seperti area genangan, kedalaman, kecepatan aliran, area aliran, dan sebagainya. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 4.1.0. Data *input* yang diperlukan adalah data geometri sungai hasil *export* HEC-GeoRAS, debit aliran permanen (*steady flow*), dan koefisien kekasaran Manning. Nilai koefisien Manning didasarkan pada kondisi saluran dan penggunaan lahan di dataran banjir dengan interpretasi berdasarkan citra Pleiades tahun 2017. Interpretasi visual terhadap penggunaan lahan di dataran banjir dilakukan sepanjang sungai. Ketetapan nilai koefisien Manning berdasarkan data yang digunakan oleh Marfai (dalam Saputro dan Purwanto, 2013) dalam penelitiannya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai koefisien Manning (Marfai, dalam Saputro dan Purwanto, 2013)

No.	Penggunaan Lahan	n
1	Pemukiman	0.16
2	Sawah	0.04
3	Saluran Sungai	0.03 – 0.045
4	Pepohonan	0.11
5	Kebun	0.1 – 0.15
6	Semak Belukar	0.06 – 0.07
7	Tegalan	0.03 – 0.1
8	Rumput/tanah kosong	0.03

Hasil pemodelan hidraulika di salah satu pias Kali Winongo ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Tampilan perspektif hasil analisis hidraulika

3) *Post-Processing*

Post-Processing yaitu proses analisis genangan banjir berdasarkan hasil analisis hidraulika yang sebelumnya telah dilakukan. Pada proses ini data topografi dasar yang digunakan adalah data TIN yang dibentuk berdasarkan DEM. Hasil analisis hidraulika menggunakan HEC-RAS 4.1.0 berupa profil tinggi muka air dan genangan banjir akan diproses menggunakan tool HEC-GeoRAS pada perangkat lunak ArcMap 10.6.1 untuk menghasilkan model genangan banjir. Genangan banjir hasil post-processing di salah satu pias ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil analisis genangan banjir menggunakan HEC-GeoRAS

4) Analisis Wilayah Terdampak

Analisis wilayah terdampak banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.6.1 dengan memanfaatkan fitur *Clip. Shapefile* wilayah administrasi sebagai *input features* dan poligon banjir sebagai *clip features*. Hasil analisis berupa *layer* poligon banjir yang memiliki atribut wilayah administrasi, sehingga dapat dilakukan perhitungan luas wilayah masing-masing.

5) Analisis Bangunan Terdampak

Analisis bangunan terdampak banjir dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.6.1 dengan memanfaatkan fitur *Selection by Location*. Bangunan yang bersinggungan dengan *layer* poligon banjir akan dipilih dan dijadikan sebagai *layer* bangunan terdampak.

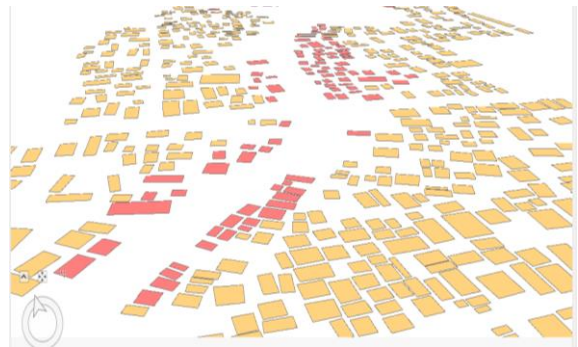
Visualisasi Tiga Dimensi

Proses visualisasi tiga dimensi terbagi menjadi dua tahapan antara lain sebagai berikut.

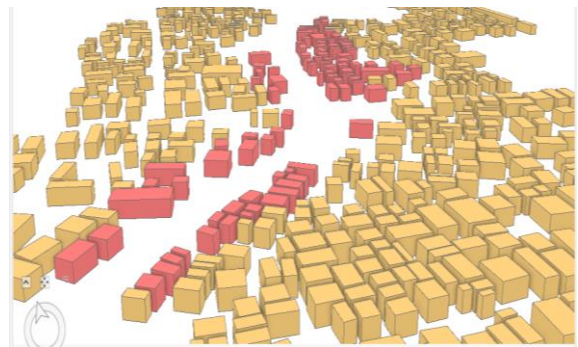
1) Pembuatan Visual Bangunan Tiga Dimensi

Model tiga dimensi bangunan pada sempadan sungai dibuat berdasarkan

footprint/tapak bangunan dengan menerapkan nilai ketinggian tertentu. Tapak bangunan dibuat berdasarkan peta dasar yang tersedia pada program ArcGIS Pro yang kemudian poligon dari bangunan-bangunan tersebut di-*extrude* berdasarkan nilai ketinggian yang diberikan secara manual. Gambar 3 menunjukkan tampilan *footprint* bangunan. Gambar 4 menunjukkan tampilan tiga dimensi bangunan.



Gambar 3 Tampilan *footprint* bangunan pada ArcGIS Pro



Gambar 4 Tampilan tiga dimensi bangunan pada ArcGIS Pro

2) Pembuatan Animasi Tiga Dimensi

Hasil akhir dari pemodelan pada penelitian ini yaitu menampilkan wilayah dan bangunan terdampak banjir dalam bentuk video atau animasi tiga dimensi. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk membuat tampilan pemodelan yang lebih menarik, interaktif, dan lebih mudah dipahami.

Pembuatan animasi ini dilakukan menggunakan program ArcGIS Pro dengan memanfaatkan fitur *Animation*. Animasi dibuat dengan terlebih dahulu menambahkan objek-objek yang ingin ditampilkan, kemudian menggabungkan *keyframe* yang banyak sehingga menghasilkan sebuah animasi dalam bentuk video.

3. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan Genangan Banjir

Data spasial dasar berupa DEM yang diolah berdasarkan data titik tinggi survei GPS, kontur peta RBI skala 25.000, kontur detail badan sungai, dan digitasi titik tinggi badan sungai memiliki hasil yang baik karena geometri dan penampang sungai terbentuk dengan jelas dan dapat digunakan sebagai data dasar untuk pemodelan genangan banjir pada penelitian ini.

Beberapa contoh tampilan wilayah dan bangunan terdampak banjir di Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, dan Kabupaten Bantul akibat Q₂, Q₁₀, dan Q₂₅ secara berurutan ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13. Bangunan terdampak adalah poligon yang berwarna merah, sementara bangunan yang tidak terdampak adalah poligon yang berwarna kuning.



Gambar 5 Model prediksi genangan di Kabupaten Sleman akibat Q₂



Gambar 6 Model prediksi genangan di Kabupaten Sleman akibat Q₁₀



Gambar 7 Model prediksi genangan di Kabupaten Sleman akibat Q₂₅



Gambar 8 Model prediksi genangan di Kota Yogyakarta akibat Q₂



Gambar 9 Model prediksi genangan di Kota Yogyakarta akibat Q₁₀



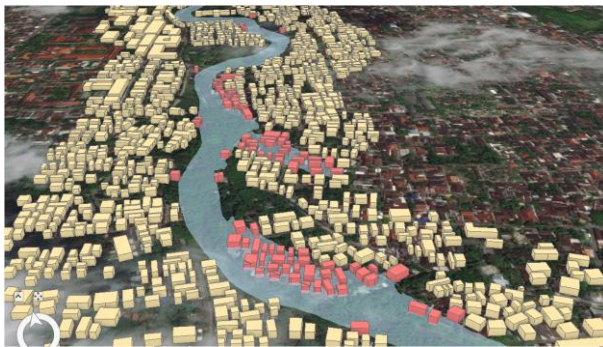
Gambar 10 Model prediksi genangan di Kota Yogyakarta akibat Q₂₅



Gambar 11 Model prediksi genangan di Kabupaten Bantul akibat Q_2



Gambar 12 Model prediksi genangan di Kabupaten Bantul akibat Q_{10}



Gambar 13 Model prediksi genangan di Kabupaten Bantul akibat Q_{25}

Dalam pemodelan yang dilakukan terdapat beberapa kesalahan seperti yang terlihat pada Gambar 14 yaitu adanya banjir yang terjadi di wilayah yang seharusnya tidak banjir.



Gambar 14 Wilayah yang seharusnya tidak banjir

Kesalahan lain seperti yang terlihat pada Gambar 15 yaitu hasil pemodelan banjir yang terlihat tidak natural, hal ini terjadi akibat banjir yang terjadi sama dengan atau melebihi batas wilayah analisis yang telah diatur pada saat digitasi lebar potongan melintang atau akibat DEM dan TIN yang kurang baik.



Gambar 15 Banjir yang tidak natural

Luas Wilayah Terdampak

Berdasarkan hasil pemodelan diperoleh hasil luas wilayah terdampak banjir luapan Kali Winongo dengan skenario debit *steady* kala ulang 2 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Luas wilayah terdampak dengan berbagai skenario debit

Kab	Kelurahan/Desa	Luas Wilayah Terdampak (ha)		
		Q_2	Q_{10}	Q_{25}
Sleman	Sendangadi	3,26	5,27	6
	Sariharjo	0,03	0,07	0,09
	Sinduadi	2,12	3,13	3,62
	Trihanggo	0,43	0,6	0,72
Kota Yogyakarta	Kricak	1,77	2,58	2,94
	Bener	1,96	3,06	3,65
	Bumijo	0,7	1,04	1,11
	Tegalrejo	0,66	0,96	1,11
	Pringgokusuman	0,4	0,57	0,65
	Pakuncen	0,43	0,59	0,66
	Ngampilan	0,28	0,4	0,46
	Notoprajan	1,01	1,88	2,44
	Wirobrajan	0,32	0,45	0,51
	Patangpuluhan	0,18	0,33	0,41
Bantul	Gedongkiwo	3,86	6,27	7,56
	Ngestiharjo	0,26	0,43	0,51
	Tirtonirmolo	3,84	8,08	10,9
	Panggungharjo	2,99	7,6	10,09
	Pendowoharjo	2,01	3,11	3,69
	Timbulharjo	8,15	15,53	19,04
	Sabdodadi	2,8	4,64	5,78
	Trirenggo	6,42	9,77	11,16
	Patalan	8,4	11,72	13,17
	Sumbermulyo	13,41	19,65	23,4
	Sihardono	6,95	8,9	9,31
	Mulyodadi	16,12	26,61	29,67
	Panjangrejo	9,74	13,42	14,15
	Sidomulyo	13,88	19,54	21,24
	Donotirto	24	31,5	34,49

Jumlah Bangunan Terdampak

Berdasarkan hasil pemodelan diperoleh hasil jumlah bangunan terdampak banjir luapan Kali Winongo dengan skenario debit *steady* kala ulang 2 tahun, 10 tahun, dan 25 tahun seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Jumlah bangunan terdampak dengan berbagai skenario debit

Kab	Kelurahan/Desa	Luas Wilayah Terdampak (ha)		
		Q ₂	Q ₁₀	Q ₂₅
Sleman	Sendangadi	88	109	117
	Sariharjo	0	0	0
	Sinduadi	56	72	74
	Trihanggo	1	1	1
Kota Yogyakarta	Kricak	54	86	94
	Bener	100	151	176
	Bumijo	20	36	40
	Tegalrejo	22	27	32
	Pringgokusuman	20	26	29
	Pakuncen	51	57	60
	Ngampilan	18	21	26
	Notoprajan	45	83	103
	Wirobrajan	6	8	10
	Patangpuluhan	7	12	14
Gedongkiwo	150	248	296	
Bantul	Ngestiharjo	2	2	3
	Tirtonirmolo	79	169	221
	Panggunharjo	31	75	100
	Pendowoharjo	0	1	1
	Timbulharjo	0	0	0
	Sabdodadi	24	50	67
	Trirenggo	44	56	62
	Patalan	30	51	58
	Sumbermulyo	5	27	39
	Sihardono	42	50	55
	Mulyodadi	24	34	39
	Panjangrejo	26	33	36
	Sidomulyo	57	75	80
Donotirto	197	262	287	

4. Kesimpulan

- Model prediksi genangan banjir Kali Winongo berbasis GIS telah berhasil dibuat dalam tampilan tiga dimensi yang terlihat lebih menarik dan interaktif, walaupun pada pelaksanaannya masih terdapat beberapa kesalahan yang terjadi dalam pemodelan akibat kesalahan analisis dan ketersediaan data yang kurang memadai.
- Luas wilayah terdampak akibat Q2 (33,42 m³/detik) pada Kabupaten Sleman seluas 5,84 ha, Kota Yogyakarta seluas 11,57 ha, dan Kabupaten Bantul seluas 118,97 ha. Luas wilayah terdampak akibat Q10

(61,21 m³/detik) pada Kabupaten Sleman seluas 9,07 ha, Kota Yogyakarta seluas 18,13 ha, Kabupaten Bantul seluas 180,5 ha. Luas wilayah terdampak akibat Q25 (75,5 m³/detik) pada Kabupaten Sleman seluas 10,43 ha, Kota Yogyakarta seluas 21,5 ha, dan Kabupaten Bantul seluas 206,6 ha.

- Jumlah bangunan terdampak akibat Q2 (33,42 m³/detik) pada Kabupaten Sleman sebanyak 145 bangunan, Kota Yogyakarta sebanyak 493 bangunan, dan Kabupaten Bantul sebanyak 561 bangunan. Jumlah bangunan terdampak akibat Q10 (61,21 m³/detik) pada Kabupaten Sleman sebanyak 182 bangunan, Kota Yogyakarta sebanyak 755 bangunan, dan Kabupaten Bantul sebanyak 885 bangunan. Jumlah bangunan terdampak akibat Q25 (75,5 m³/detik) pada Kabupaten Sleman sebanyak 192 bangunan, Kota Yogyakarta sebanyak 880 bangunan, dan Kabupaten Bantul sebanyak 1.048 bangunan.

5. Saran

- Diperlukan data spasial yang lebih detail untuk membuat data spasial dasar yang akurat agar dapat meminimalisir kesalahan yang terjadi.
- Disarankan melakukan koreksi terhadap data spasial untuk menghasilkan data spasial dasar yang baik dan meminimalisir kesalahan pemodelan.
- Disarankan melakukan validasi terkait hasil penelitian dengan peta banjir yang diterbitkan oleh instansi terkait atau sesuai kejadian banjir yang pernah terjadi.
- Melakukan pendataan lebih detail terhadap wilayah terdampak, seperti penutup lahan, bangunan penting, dan sebagainya.

6. Daftar Pustaka

Anggraini, N., Trisakti, B., & Soesilo, T. E. B. (2012). Pemanfaatan Data Satelit Untuk Analisis Potensi Genangan Dan Dampak Kerusakan Akibat Kenaikan

- Muka Air Laut. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 9(2), 140–151.
- Cahyono, T., Hadi, M. P., & Mardiatno, D. (2015). Pemodelan Spasial Untuk Pembuatan Peta Rawan Banjir dan Peta Tingkat Risiko Banjir Bengawan Solo di Kota Surakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 29(1), 60–72.
- Indarto, & Prasetyo, D. R. (2014). Pembuatan Digital Elevation Model Resolusi 10m dari Peta RBI dan Survei GPS dengan Algoritma ANUDEM. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 2(1), 55–63.
- Pangestu, H., & Hakki, H. (2013). Analisis Angkutan Sedimen Total pada sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1(1), 103–109.
- Peraturan Menteri PUPR No.28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau.
- Prabawadhani, D. R., Harsoyo, B., Seto, T. H., & Prayoga, B. R. (2016). Karakteristik Temporal Dan Spasial Curah Hujan Penyebab Banjir Di Wilayah DKI Jakarta dan Sekitarnya. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(1), 21–25.
- Rosyidie, A. (2013). Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. *Journal of Regional and City Planning*, 24(3), 241–249.
- Saputro, N., & Purwanto, T. H. (2013). Pemodelan Spasial Banjir Luapan Sungai Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh di DAS Bodri Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(4), 1–9.
- Sari, A. I., Sudarsono, B., Sasmito, B., & Harianto, H. (2013). Penentuan Area Luapan Kali Babon Akibat Kenaikan Debit Air Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 57–71.
- Sharholly, M., Ahmad, K., Vaishya, R. C., & Gupta, R. D. (2007). Municipal Solid Waste Characteristics and Management in Allahabad, India. *Waste management*, 27(4), 490–496.
- Siregar, R. I., & Indrawan, I. (2017). Studi Komparasi Pemodelan 1-D (Satu Dimensi) Dan 2-D (Dua Dimensi) Dalam Memodelkan Banjir Das Citarum Hulu. *Jurnal Education Building*, 3(2), 31–37.
- Sunarko, S., Susiati, H., & Suntoko, H. (2011). Pemodelan Banjir Sungai di Daerah Aliran Sungai Balong, Jepara, Jawa Tengah. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 13(2), 81–91.
- Wardana, W. K. (2018). *Pemodelan Banjir di Wilayah Yogyakarta Pada Sungai Kali Opak Pleret, Bantul*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Wardhani, D. K., Yudono, A., & Priambada, C. K. (2010). Spatial Urban Design pada Area Sempadan Sungai (Penerapan GIS dalam Urban Design). *Local Wisdom: Jurnal Ilmiah Kajian Kearifan Lokal*, 2(4), 36–46.
- Wibowo, K. M. W. M., Kanedi, I., & Jumadi, J. (2015). Sistem Informasi Geografis (SIG) Menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara Di Provinsi Bengkulu Berbasis Website. *Jurnal Media Infotama*, 11(1), 51–60.