



Analisis Spasial Kenaikan Tinggi Permukaan Air Batang Sumani Menggunakan Model Permukaan Digital

^{1,*} Era Alfansyuri, ² Indra Agus

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang, Padang, 21562, Indonesia

Corresponding author: * eraalfansyuri@gmail.com

Abstract

The occurrence of flooding in the Batang Sumani area of Solok Regency is caused by several things, including the low slope of the river, the river cross-section which is not wide enough, the topography of the plains, heavy bends along the river and silting due to sedimentation and the vulnerability to flood hazards which is quite high in the watershed area. The influence of the topography of the plains causes inundation on land managed and used by the community. In accordance with technological developments in digital mapping of the earth's surface, the earth's surface can be presented in the form of a three-dimensional map called a Digital Elevation Model (DEM). This DEM is used as a model, analysis and representation of conditions related to the earth's surface. The use of DEM in the process of analyzing inundation caused by surface runoff will help in identifying the coverage of inundation areas and water catchment areas. By using the Simulate water level rise / flooding analysis from the Global Mapper application it is possible to simulate water level rise / flooding which makes it possible to simulate the coverage or spread of water/flooding by increasing the water level to a certain depth and spatial analysis using the Geographic Information System can see the influence of the inundation area on land use managed by the community around the inundation area. So that the location and coverage of the inundation on land use can be obtained. Most of the inundation areas are in garden areas at 37.56%, rice fields at 23.83%, fields at 24.03% and residential areas at 13.67%. There was a significant increase in the water level rise of 2 meters.

Keywords: digital elevation model, water level rise analysis, geographic information system

Abstrak

Terjadinya banjir dikawasan Batang Sumani Kabupaten Solok disebabkan oleh adanya beberapa hal diantaranya kemiringan sungai yang rendah, penampang sungai yang kurang lebar, topografi dataran, belokan yang berat sepanjang sungai dan pendangkalan karena sedimentasi serta kerentanan bahaya banjir cukup tinggi pada kawasan DAS. Dengan adanya pengaruh topografi dataran tersebut menyebabkan terjadi genangan pada lahan-lahan yang dikelola dan dimanfaatkan oleh masyarakat. Sesuai dengan perkembangan teknologi dalam pemetaan permukaan bumi secara digital maka permukaan bumi dapat disajikan dalam bentuk peta tiga dimensi yang disebut sebagai *Digital Elevation Model (DEM)*. DEM ini dipakai sebagai model, analisa dan representasi keadaan yang berhubungan dengan permukaan bumi. Penggunaan DEM dalam proses analisis genangan yang diakibatkan oleh limpasan permukaan ini akan membantu dalam mengidentifikasi cakupan kawasan genangan dan daerah tangkapan airnya. Dengan menggunakan analisis *Simulate water level rise / flooding* dari aplikasi *Global Mapper* dapat untuk melakukan Simulasikan Kenaikan Ketinggian Air/Banjir yang memungkinkan untuk mensimulasikan cakupan atau penyebaran air/banjir dengan meningkatkan ketinggian air hingga kedalaman tertentu serta analisa spasial dengan Sistem Informasi Geografis dapat melihat pengaruh kawasan genangan terhadap penggunaan lahan yang dikelola oleh masyarakat sekitar kawasan genangan. Sehingga diperoleh lokasi dan cakupan genangan terhadap penggunaan lahan. Sebagian besar kawasan genangan berada pada daerah kebun sebesar 37,56%, lahan persawahan sebesar 23,83%, ladang sebesar 24,03% dan pemukiman sebesar 13,67%. Terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada kenaikan permukaan air setinggi 2 meter.

Kata kunci: model permukaan digital, analisis kenaikan permukaan air, sistem informasi geografis

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023

1. Pendahuluan

Batang Sumani merupakan sungai yang melewati sungai Kota Solok yang merupakan gabungan dari aliran sungai Batang Sumani Hulu dan Batang Lembang, dimana Batang Sumani ini mempunyai alur sungai yang berbelok-belok dan berada pada kemiringan sungai yang landai.

Seperti yang diberitakan oleh website Kantor Wilayah Kementerian Agama Provinsi Sumatera Barat tertanggal 8 Februari 2016 sumber.kemenag.go.id, yang memberitakan bahwa kejadian banjir yang terjadi yang melanda daerah Kabupaten dan Kota Solok membawa dampak bagi masyarakat dan aktifitas persekolahan serta pemerintahan, terutama yang berada sepanjang aliran Batang Lembang dan Batang Sumani. MTsM Sumani yang terletak di jalan Kasiak- Sumani digenangi air setinggi 50-70 cm yang menyebabkan air masuk ruang kelas dan kantor.

Ditinjau dari komposisi pemanfaatan lahan, pada tahun 2014 sebagian besar (38.88%) wilayah Kabupaten Solok masih berstatus hutan negara dan 16.30% berstatus hutan rakyat. Sedangkan lahan yang diolah rakyat untuk ladang/kebun sebesar 10.27% dan dikelola sebagai perkebunan sebesar 2.67%. Pemanfaatan lahan untuk sawah lebih kurang 6.27% dan merupakan areal sawah terbesar di Sumatera Barat.

Telah banyak dilakukan penelitian yang membahas terjadinya banjir di Kota Solok dan sekitarnya baik secara hidrologis maupun secara geometris, diantaranya dengan melakukan penghitungan debit banjir batang sumani dan kapasitas tampung batang sumani

serta pengaruh terhadap banjir yang terjadi di batang Sumani. [1] selain itu terdapat analisis secara struktur bangunan sebagai perlindungan tebing batang lembang dalam upaya pengendalian banjir kota Solok. Selanjutnya dapat terlihat bahwa penyebab banjir DAS Sumani ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: (1) kemiringan sungai yang landai (2) penampang kurang lebar (3) topografi dataran (4) meander (belokan) yang berat (5) pendangkalan karena sedimentasi dan (6) kerentanan bahaya banjir cukup tinggi pada kawasan DAS dan sekitarnya sehingga ketika curah hujan cukup tinggi banjir datang tiba tiba berupa luapan air sungai sehingga akibatnya terjadi berbagai kerusakan.

Pemetaan banjir berdasarkan Global Mapper dengan Earth Explorer dan situs permukaan Global Digital merupakan alat yang berharga untuk analisis risiko banjir. Alat ini dapat membantu pemerintah daerah dan perencana sumber daya air untuk fokus pada wilayah tertentu sehingga dapat melakukan penilaian risiko banjir secara rinci. Pendekatan ini memiliki beberapa keunggulan seperti kesederhanaan penggunaan, fleksibilitas, dan menghasilkan data baru dimana terdapat kekurangan informasi rinci. Selain itu, hal ini dapat mempermudah proses pembuatan peta banjir dalam skala besar atau ketika diperlukan penilaian risiko banjir secara cepa.

Dengan menggunakan aplikasi analisis Simulate water level rise / flooding dari aplikasi Global Mapper dapat untuk melakukan Simulasikan Kenaikan Ketinggian Air/Banjir yang memungkinkan untuk mensimulasikan cakupan atau penyebaran air/banjir dengan meningkatkan ketinggian air hingga kedalaman

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023

tertentu pada ketinggian tunggal yang tetap (seperti 0 untuk permukaan laut) atau dari fitur area yang dipilih, seperti area dataran banjir. Dengan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) sebagai metode berbasis komputer untuk memasukkan, mengolah, dan menganalisis data objek permukaan bumi dalam bentuk grafis, koordinat, dan data base, dimana hasilnya bisa menggambarkan sebuah fenomena spasial. Sesuai dengan fungsinya SIG dapat menggambarkan bentuk DAS sesuai dengan data yang di input [2].

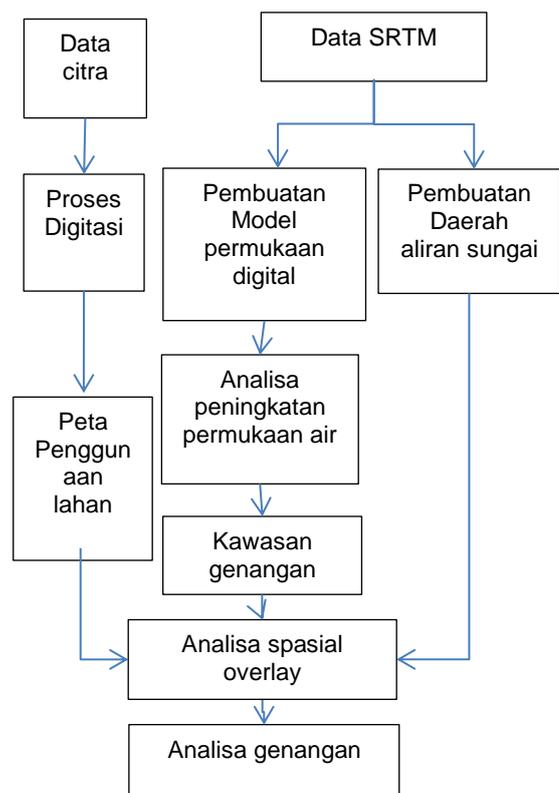
Maka untuk itu pada penelitian ini akan mensimulasikan dan menganalisa kenaikan tinggi permukaan sungai terhadap keadaan topografi permukaan dalam bentuk model permukaan digital (DEM) dan pengaruhnya terhadap penggunaan lahan kawasan genangan secara digital dengan menggunakan teknologi sistem informasi geografis.

2. Metode Penelitian

Analisis spasial adalah merupakan karakteristik utama dari sistem informasi geografis yang mampu menghasilkan informasi baru data ruang dari penggabungan data ruang dengan data atribut dengan melakukan proses overlay atau tumpang tindih. Pada penelitian ini akan melakukan analisis spasial terhadap kawasan genangan yang disebabkan oleh adanya peningkatan tinggi permukaan air sungai yang diperoleh dari simulasi kenaikan permukaan air (*simulate water level rise*) dengan memanfaatkan aplikasi Global Mapper, yang selanjutnya akan dikaitkan dengan keadaan permukaan topografi kawasan genangan dengan menggunakan model permukaan digital.

Selanjutnya dengan aplikasi Sistem Informasi Geografis akan di tumpang tindih dengan kondisi penggunaan lahan yang terdapat pada kawasan genangan sehingga diperoleh berapa besar dampak dari genangan terhadap penggunaan lahan tersebut

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Kawasan penelitian

Kawasan penelitian berada antara -0.692298° - -0.777234° LS dan 100.563853° - 100.637647° BT. Titik awal simulasi kenaikan permukaan air berada pada sungai Batang Sumani pada posisi titik yang mempunyai koordinat $0^{\circ} 46' 25.964''$ S dan $100^{\circ} 37' 45.9678''$ E yang berada pada ketinggian 380 m dpl, serta mempunyai panjang

Informasi Artikel

sejauh 12,694 km sampai ketitik akhir di tepi danau Singkarak yang merupakan akhir dari batang Sumani.



Gambar 2. Kawasan penelitian

Penyiapan dan pengolahan data

1. Imagery world (citra)

World Imagery merupakan citra satelit dan pemotretan udara dari permukaan bumi atau belahan dunia yang mempunyai resolusi citra satelit lebih teliti. Peta ini mencakup citra TerraColor 15 meter pada skala kecil dan menengah untuk dunia. Peta ini menampilkan citra Maxar dengan resolusi 0,3 meter untuk wilayah metropolitan tertentu di seluruh dunia, resolusi 0,5 meter di seluruh Amerika Serikat dan sebagian Eropa Barat, dan citra resolusi 0,6-1,2 meter di seluruh dunia. Selain sumber komersial, peta Citra Dunia menampilkan foto udara resolusi tinggi yang disumbangkan oleh Komunitas Pengguna GIS.

Dari citra ini dilakukan proses digitasi untuk mendapat informasi geografis dari bentuk permukaan dan penggunaan lahan dikawasan genangan tersebut.

2. Citra SRTM

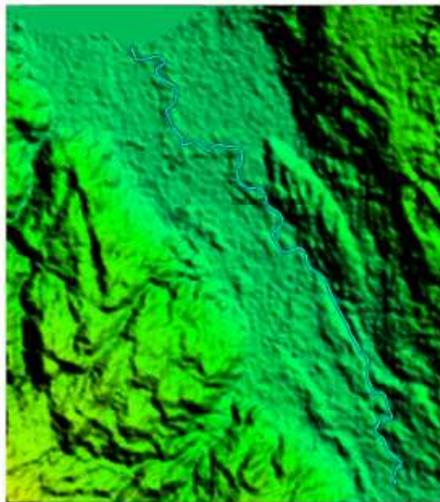
Dalam penelitian ini menggunakan citra SRTM sebagai sumber data, dimana bisa diperoleh gambaran bentuk dan ketinggian permukaan bumi dalam bentuk data digital dengan tingkat resolusi tinggi. Perolehan data SRTM ini didapatkan dengan menggunakan instrument radar dimana untuk memperoleh topografi (elevasi) data, SRTM memanfaatkan teknik yang disebut interferometri radar untuk memperoleh informasi topografi. Dalam radar interferometri, dua gambar radar yang diambil dari lokasi yang sedikit berbeda. Perbedaan antara gambar ini memungkinkan untuk perhitungan elevasi permukaan, atau perubahan.

Digital Elevation Model (DEM) adalah bentuk digital yang menggambarkan geometri permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan bumi dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat model. DEM adalah model digital yang memberikan informasi bentuk permukaan (topografi) dalam bentuk data raster, vektor atau bentuk data lainnya. DEM memuat data ketinggian yang dapat digunakan untuk membuat garis ketinggian permukaan (kontur) serta kemiringan permukaan yang mempermudah dalam melakukan analisa dan interpretasi permukaan terutama yang berhubungan dengan aspek kebencanaan seperti banjir atau longsor.

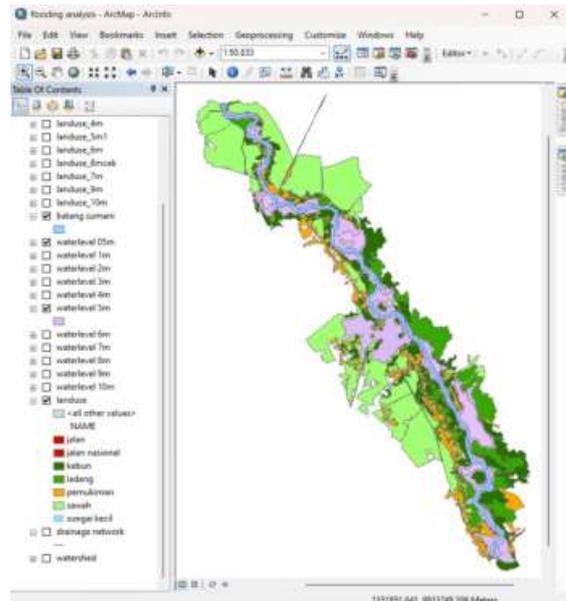
Dari data SRTM dilakukan pembuatan bentuk permukaan secara digital seperti gambar yang terlihat berikut.

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023



Gambar 3. model permukaan dari data SRTM



Gambar 4. Hasil digitasi interpretasi citra

3. Interpretasi citra

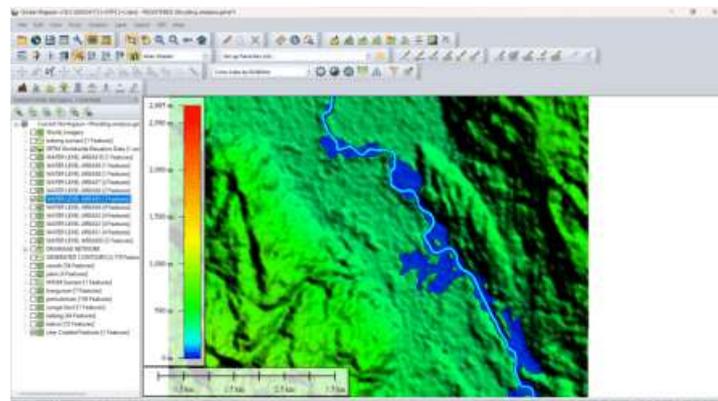
Salah satu kelebihan dari penggunaan sistem informasi geografis adalah adanya satu kesatuan sistem koordinat geografis secara global sehingga selanjutnya dilakukan pengaturan sistem proyeksi berupa WGS_1984_UTM_Zone_47S dan sistem koordinat yang digunakan GCS_WGS_1984

Interpretasi Citra merupakan kegiatan mengidentifikasi obyek pada citra. Untuk memudahkan kegiatan mengidentifikasi obyek yang ada pada citra, maka dibutuhkan pemahaman tentang karakteristik atau atribut obyek pada citra. Yang paling dasar dari prinsip-prinsip ini adalah unsur-unsur interpretasi citra di antaranya: lokasi, ukuran, bentuk, bayangan, nada / warna, tekstur, pola, tinggi/kedalaman dan situs/situasi/asosiasi

Dari hasil interpretasi citra diperoleh gambar dan informasi permukaan berbentuk vektor yang meliputi data jalan, sungai dan penggunaan lahan berupa lahan persawahan, pemukiman, ladang, kebun. Kemudian dari hasil penggunaan lahan akan digunakan untuk proses overlay dengan kawasan genangan.

4. Simulasi kenaikan permukaan air (*Simulate Water Level Rise*)

Dari data SRTM tersebut selanjutnya dilakukan analisa kenaikan permukaan air dari titik awal sungai untuk setiap kenaikan 0,5 meter, dan kelipatan 1 meter selanjutnya



Gambar 5. Simulasi kenaikan permukaan air

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023

Untuk tinggi peningkatan permukaan air sungai didasarkan kepada acuan tinggi permukaan genangan yang sudah pernah terjadi sebelumnya dimana terjadi genangan air di MTsM Sumani yang terletak $-0,7160^{\circ}$ LS dan 100.5924° BT, di jalan Kasiak- Sumani digenangi air setinggi 50-70 cm yang menyebabkan air masuk ruang kelas dan kantor.



Gambar 6. Acuan tinggi genangan

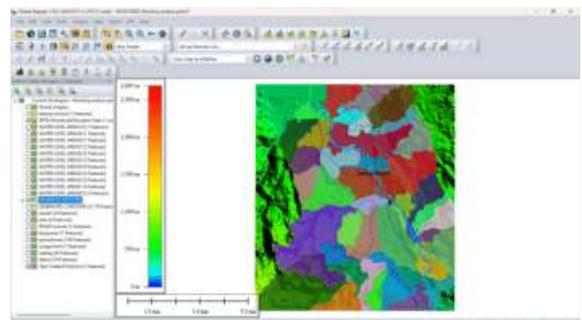
5. Pembuatan Daerah Tangkapan Air (*Watershed and stream*)

Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam bahasa Inggris disebut *Watershed* atau dalam skala luasan kecil disebut dengan *Catchment Area* adalah suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau batas-batas pemisah topografi, yang berfungsi menerima, menyimpan dan mengalirkan curah hujan yang jatuh di atasnya ke alur-alur sungai dan terus mengalir ke anak sungai dan kesungai utama, akhirnya bermuara ke danau/waduk atau ke laut.

Dari data SRTM dilakukan pembuatan daerah tangkapan air dan stream di daerah kawasan genangan pada skala besar untuk digunakan menganalisa keberadaan kawasan genangan

berdasarkan watershed dan streamnya masing-masing.

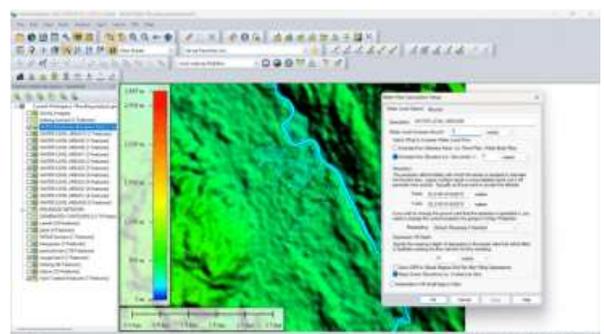
Penentuan watershed dan stream dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Global Mapper dimana algoritma yang umum digunakan adalah menggunakan metode D8 method (Tarboton, 1989 ; Traboton and Bras, 1991) dimana hasil analisis dengan membandingkan ketinggian relatif satu piksel terhadap 8 (delapan) piksel disekelilingnya. Selanjutnya arah aliran ditentukan dari kemiringan tercuram terhadap piksel sekelilingnya



Gambar 7. Hasil watershed dan stream kawasan

6. Simulasi kawasan genangan

Dilakukan simulasi terhadap kenaikan permukaan air sungai dengan menaikkan tinggi permukaan genangan sebanyak setiap kenaikan 1 meter



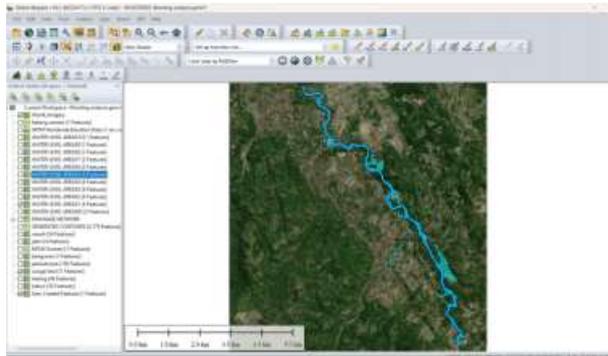
Gambar 8. Simulasi genangan

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023

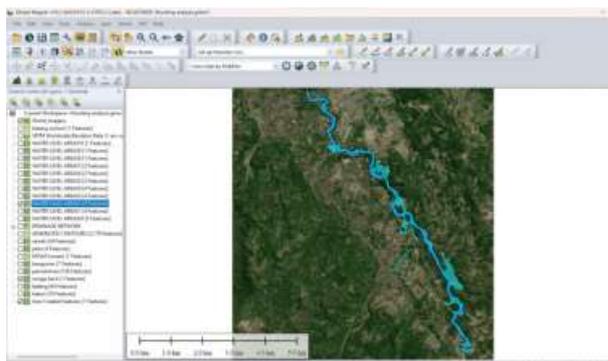
Sehingga diperoleh gambaran dan sebaran dari setiap kenaikan permukaan air sebagai berikut:

Untuk peningkatan tinggi permukaan sebesar 1 meter terdapat genangan disepanjang sungai dan beberapa kawasan genangan dibagian timur sungai didaerah Dekat Aripan, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok



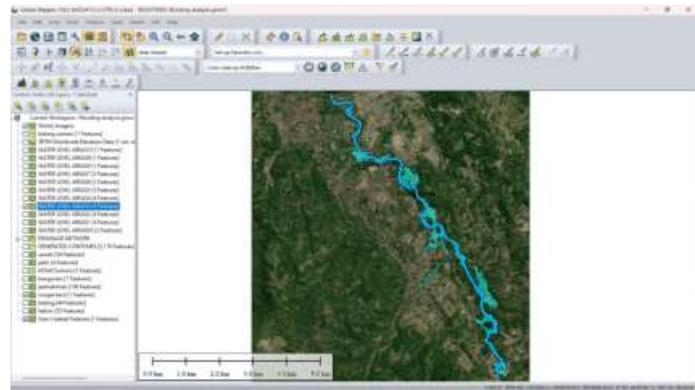
Gambar 9. Cakupan genangan untuk kenaikan 1 meter

Pada peningkatan ketinggian 2 meter diperoleh pertambahan penyebaran genangan pada Jorong Jl. Sumani Utama Aripan, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok



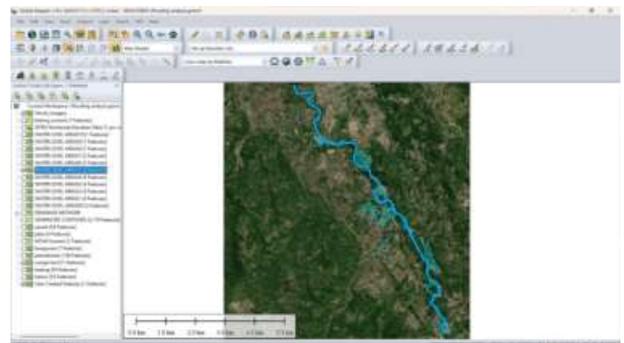
Gambar 10. Cakupan genangan untuk kenaikan 2 meter

Untuk pertambahan tinggi 3 meter menyebabkan pertambahan luas hampir merata digenangan yang terjadi sebelumnya



Gambar 11. Cakupan genangan untuk kenaikan 3 meter

Pada ketinggian 5 meter terjadi peningkatan yang cukup luas pada daerah Jorong Jl. Sumani Utama Aripan, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok (posisi 2)



Gambar 12. Cakupan genangan untuk kenaikan 5 meter

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Posisi genangan

Terjadi peningkatan genangan di beberapa lokasi diantaranya

Posisi 1: sekitaran koordinat $0^{\circ} 45' 6''$ LS $100^{\circ} 37' 33''$ E Dekat Aripan, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok,

posisi 2 yang cukup signifikan sekitaran koordinat $0^{\circ} 44' 15''$ LS $100^{\circ} 36' 42''$ E Jorong Jl. Sumani Utama Aripan, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok,

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023

posisi 3: sekitaran koordinat 0° 43' 14" LS 100° 36' 16"E Ranah, Sumani, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok,

posisi 4: sekitaran koordinat 0° 42' 55" LS 100° 35' 33"E Sekitar Pasar Akad Sumani, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok



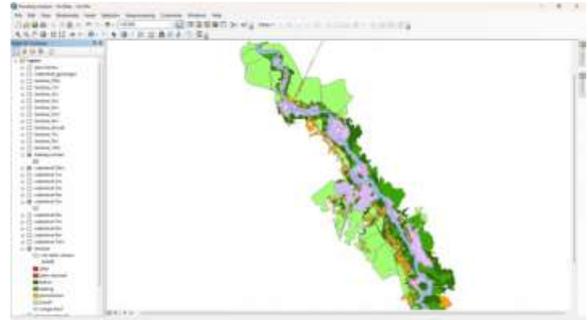
Gambar 13. Posisi kawasan genangan

3.2. Analisa luas genangan terhadap penggunaan lahan

Kemampuan SIG juga dikenali dari fungsi-fungsi analisis yang dapat dilakukannya. Secara umum, terdapat dua jenis fungsi analisis yaitu fungsi analisis spasial dan fungsi analisis atribut (basisdata atribut).

Salah satu Fungsi analisis spasial ini berupa *Digital Image Processing* (pengolahan citra digital), fungsi ini dimiliki oleh perangkat SIG yang berbasis raster. Karena data spasial permukaan bumi (citra digital) banyak didapat dari perekaman data satelit yang berformat raster, maka banyak SIG raster yang juga dilengkapi dengan fungsi analisis ini.

Untuk mendapatkan luas genangan terhadap penggunaan lahan maka selanjutnya dilakukan proses tumpang tindih antara kawasan genangan dengan data penggunaan lahan untuk masing-masing kenaikan permukaan air sungai.



Gambar 14. Overlay kawasan genangan dengan penggunaan lahan

Sebagian besar kawasan genangan berada pada daerah kebun sebesar 37,56% dan dilanjutkan dengan lahan persawahan sebesar 23,83%, ladang sebesar 24,03% dan pemukiman sebesar 13,67% secara berurutan. Dan terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada kenaikan permukaan air sebesar 2 meter



Gambar 15. Grafik peningkatan luas genangan setiap kenaikan tinggi permukaan

Selanjutnya secara detil luas genangan untuk masing-masing penggunaan lahan dapat dilihat pada tabel berikut:

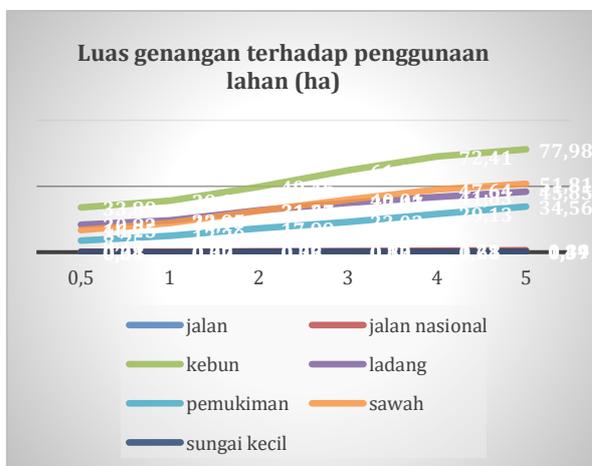
Informasi Artikel

Tabel 1. Luas genangan setiap kenaikan tinggi permukaan.

Pergunaan lahan	Luas genangan kenaikan tinggi permukaan air (m)					
	0.5	1	2	3	4	5
Jalan	0.28	0.30	0.36	0.60	0.67	0.89
Jalan nasional	0.34	0.37	0.77	0.82	1.28	1.44
Kebun	33.89	39.01	49.46	61.90	72.41	77.98
Ladang	20.82	23.95	31.64	37.47	41.83	45.85
Pemukiman	8.75	12.39	17.99	23.02	29.13	34.56
Sawah	16.75	22.17	31.37	40.01	47.64	51.81
Sungai kecil	0.04	0.07	0.08	0.15	0.21	0.37
Jumlah	80.86	98.27	131.67	163.96	193.18	212.90
Kenaikan luas		17.41	33.40	32.30	29.22	19.73
%		21.5	33.98	24.59	17.81	10.21

Diperoleh peningkatan luasan genangan yang cukup besar yaitu 21% dari luas kawasan pada kenaikan tinggi permukaan air 1 meter dan 33,98% pada kenaikan tinggi permukaan air 2 meter

Secara grafis dapat dilihat pada gambar berikut:

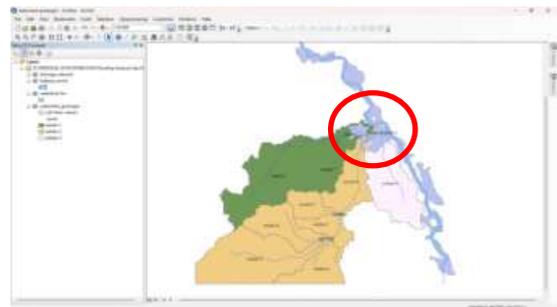


Gambar 16. Grafik luas genangan setiap penggunaan lahan

Penggunaan lahan yang mengalami dampak dari luas genangan yang terjadi terdapat pada penggunaan kebun seluas 33,89 ha, ladang seluas 20,82 ha dan sawah seluas 16,75 ha pada kenaikan air permukaan 1 meter, sedangkan penggunaan lahan yang terdampak dari ketinggian permukaan 2 meter adalah penggunaan lahan kebun seluas 39,01 ha, ladang seluas 23,95 ha, sawah 22,17 ha dan pemukiman seluas 12,39 ha.

3.3. Analisa genangan terhadap watershed dan stream kawasan

Secara model permukaan digital pada daerah genangan yang terjadi di daerah Jorong Jl. Sumani Utama Arian, kec. X Koto Singkarak Kabupaten Solok diperoleh bahwa kawasan genangan berada daerah pertemuan dua buah sungai yang mempunyai daerah aliran sungai yang berbeda.



Gambar 17. Posisi genangan terhadap watershed dan stream

Watershed tersebut berada di sekitar daerah padang belimbing Kabupaten Solok, yang terdiri dari 3 (tiga) subdas dengan total luas ± 52,259 Ha

Tabel 2. Luasan Watershed

no	Nama	luas (ha)
1	subdas 1	11.047
2	subdas 2	38.169

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023

3	subdas 3	3.043
Jumlah		52.259

Sehingga secara hidrologis akan terjadinya pertemuan dua buah daerah aliran sungai dan menyebabkan terjadinya perlambatan aliran sungai dan peningkatan ketinggian aliran dan genangan air.

4. Kesimpulan

Dengan pemanfaatan model permukaan digital dalam Sistem Informasi Geografis dari kawasan Batang Sumani Kabupaten Solok maka terdapat luas genangan yang diakibatkan oleh kenaikan tinggi permukaan sungai.

Untuk selanjutnya dapat dilakukan proses tumpang tindih terhadap penggunaan lahan dikawasan tersebut sehingga diketahui luas pengaruh genangannya.

Dengan adanya data dan informasi mengenai cakupan luas genangan pada kawasan penelitian maka dibutuhkan pengelolaan daerah aliran sungai lebih lanjut terutama pada daerah hilir sungai dan saluran pengalirannya.

Daftar Rujukan

- [1] Helga Oktaviana, Helfia Edial, Widya Prarikeslan. 2018. Pengaruh Kapasitas Tampung Sungai Terhadap Ketinggian Banjir Batang Sumani Solok. Jurnal Geografi Jurusan Geografi FIS UNP.
- [2] Mawardah Nur Hanifiyani, Dkk . 2013. Analisis Karakteristik DAS Menggunakan Perangkat Lunak Sistem Informasi Geografis. Laboratorium Hidrologi Hutan Dan Pengelolaan DAS. IPB
- [3] Abdi Hernanda, Azwar, Yuliantini Eka Putri. 2022. Analisis Digital Elevation Model (DEM) Menggunakan ArcGIS 10.4.1 Pada Kawasan Baturaja Permai. Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Unbara.
- [4] Mohammad Esam Shareef 1 Dheyaa Ghanim Abdulrazzaq. 2021. River Flood Modelling For Flooding Risk Mitigation in Iraq. Middle Technical University,

Anbar Technical Institute, Civil Engineering Department, Al-Anabr, Iraq.

- [5] Olga Suhana. 2021. Analisis Risiko dan Mitigasi Bencana Banjir untuk Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumani di Kota Solok dan Kabupaten Solok. Universitas Bung Hatta
- [6] Simon Høglund & Linus Rodin. 2019. Flood Simulation in Colombian Andean Region Using UAV-based LiDAR, KTH Institute of Technology.
- [7] Syofyan Z. 2019. Analisis Revetment Sebagai Perlindungan Tebing Sungai Batang Lembang Dalam Upaya Pengendalian Banjir Kota Solok. Jurnal Menara Ilmu Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- [8] Yuma Halmer and Lusi Utama and Khadavi. 2020. Normalisasi Sungai Di Batang Lembang Nagari Koto Baru Kabupaten Solok, Diploma thesis, Universitas Bung Hatta
- [9] MTsM Sumani direndam Banjir, <https://sumbar.kemenag.go.id/v2/post/11991/mtsm-sumani-direndam-banjir.html>
- [10] https://www.blumarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper24/Simulate_Water_Level_Rise_Flooding.htm

Informasi Artikel

Diterima Redaksi: 11-09-2023 | Selesai Revisi: 09-10-2023 | Diterbitkan Online: 30-10-2023