

PEMANFAATAN FOTO UDARA FORMAT KECIL (FUFK) UNTUK ANALISIS RISIKO BANJIR DI DESA SIRNOBOYO KABUPATEN PACITAN

Surya Waradi Muwahid

Staff GIS/ Badan Pertahanan Nasional Kabupaten Purbalingga

E-mail: suryawaradimuwahid@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemodelan banjir di Desa Sirnobojo guna mengetahui manfaat foto udara format kecil sebagai data masukan analisis banjir, menyusun peta bahaya banjir, peta kerentanan banjir dan peta risiko banjir akibat luapan sungai Jelok di Kota Pacitan. Metode Penelitian yang dilakukan yaitu dengan mozaik foto udara, analisis filtering untuk ekstraksi Digital Terrain Model (DTM), analisis debit rencana, analisis geometrik sungai, pemodelan banjir, analisis potensi bahaya banjir, analisis kerentanan banjir, dan analisis risiko banjir. Pemodelan banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS 5.0.3. Analisis bahaya dihasilkan dari pemodelan kedalaman banjir dan kecepatan aliran banjir periode ulang 50 tahun. Analisis kerentanan dihasilkan dari struktur bangunan, isi bangunan dan kondisi sosial-ekonomi masyarakat. Analisis risiko banjir dilakukan dengan overlay peta bahaya dan peta kerentanan mengacu pada indeks risiko. Foto udara format kecil mampu menyediakan data masukan untuk pemodelan banjir dengan resolusi spasial tinggi yaitu mencapai 0,5 x 0,5 m. Perangkat lunak HEC-RAS 5.0.3 mampu untuk melakukan pemodelan kedalaman banjir dan kecepatan aliran. Validasi tingkat kedalaman banjir menunjukkan nilai akurasi hasil pemodelan sebesar 83,94% dengan membandingkan antara hasil pemodelan dengan kedalaman banjir yang terjadi di lapangan melalui survei dan wawancara langsung. Kerentanan struktur bangunan tertinggi pada wilayah penelitian terjadi pada tipe struktur bangunan 6 (kayu, lepuhan dan asbes) dengan ketinggian pondasi <30 cm. Tingkat risiko bangunan terhadap banjir pada wilayah penelitian menunjukkan sebagian besar bangunan pada wilayah penelitian tidak memiliki risiko bangunan sebesar 29,57%. Bangunan dengan risiko rendah dan sedang sebesar 12,17% dan 39,13%. Sedangkan risiko tinggi dan sangat tinggi sebesar 13,04% dan 6,09%. Wilayah prioritas untuk penanganan banjir pada wilayah penelitian yaitu pada Dusun Krajan, Suruhan, dan Mendole.

Kata Kunci : Foto udara format kecil (FUFK), digital terrain model (DTM), pemodelan banjir, bahaya banjir, kerentanan banjir, risiko banjir.

Abstract

This study aims to flood modelling in Sirnobojo village to find out the benefits of small format aerial photographs as flood analysis input data, compiling flood hazard maps, flood vulnerability maps and flood risk maps due to overflowing rivers in Pacitan City. The research method is used air photo mosaic, filtering analysis for digital terrain model (DTM) extraction, plan discharge analysis, river geometric analysis, flood modeling, flood hazard potential analysis, flood vulnerability analysis, and flood risk analysis. Flood modeling uses HEC-RAS 5.0.3 software. Hazard analysis resulted from flood depth modeling and flood flow velocity of 50 year return period. Vulnerability analysis is derived from the structure of buildings, building contents and socio-economic conditions of the community. Flood risk analysis is conducted with overlay of hazard maps and vulnerability maps referring to the risk indexes. Small format aerial photography

capable of providing input data for flood modeling with high spatial resolution reaching 0.5 x 0.5 m. The HEC-RAS 5.0.3 are capable of modeling the depth of flood and flow speed. Validation of the depth of flood shows the accuracy of the modeling results of 83.94% by comparing the results of modeling with the depth of flooding that occurred in the field through surveys and direct interviews. The highest structural vulnerability in the research area occurred in the type of building structure 6 (wood, lepaan and asbestos) with foundation height <30 cm. The level of building risk to flood in the research area shows most of the buildings in the study area do not have a building risk of 29.57%. Buildings with low and medium risk of 12.17% and 39.13%. While the risk is high and very high by 13.04% and 6.09%. Priority areas for flood handlers in the research areas are Krajan, Suruhan, and Mendole hamlets.

Keywords : Small format aerial photography (FUFK), digital terrain model (DTM), flood modelling, flood hazard, flood vulnerability, flood risk.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kejadian banjir menjadi bencana yang sangat mengancam karena terjadi secara temporal dan terus menerus. Menurut Lina Marlina dan Riyanto Mahendra (2009), banjir adalah peristiwa dimana terbenamnya daratan oleh air. Hal ini dikarenakan adanya volume air yang meningkat. Banjir dapat terjadi karena adanya luapan air yang berlebihan pada suatu tempat akibat adanya hujan lebat, adanya luapan air sungai, atau pecahnya bendungan sungai dan pasang naik di wilayah pantai.

Secara hidrologis wilayah Kabupaten Pacitan terdiri dari 5 daerah aliran sungai (DAS) yaitu DAS Grindulu, DAS Baksoko, DAS Lorog, DAS Pagotan, dan DAS Bawur. DAS Grindulu memiliki beberapa Sub DAS salah satunya yang sering terjadi banjir adalah Sub DAS Jelok yang berada di DAS bagian bawah tepatnya di Desa Sirnobojo, kecamatan Pacitan.

Banjir pada umumnya berhubungan dengan air sebagai bencana alam di Desa Sirnobojo. Titik-titik rawan kejadian banjir di wilayah desa sangat erat kaitannya dengan keberadaan sungai yang ada yaitu Sungai Jelok. Daerah yang masuk kedalam kawasan rawan banjir di Desa Sirnobojo adalah sebagian wilayah dusun ngemplak, seluruh Dusun Mendole, Dusun Krajan dan Dusun Suruhan. Banjir yang terjadi di Sungai Jelok

mengganggu kegiatan sosial dan ekonomi masyarakat (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Kejadian Banjir di Desa Sirnobojo.

No	Waktu	Deskripsi
1	1960' an	Banjir besar melanda desa Sirnobojo dengan ketinggian banjir lebih dari 1,5 meter yang menggenangi rumah dan lahan pertanian, durasi 2 minggu
2	1992	Banjir besar dengan ketinggian kurang dari 1 m, durasi 1 minggu
3	2006	Banjir di Sungai Jelok mengakibatkan lahan pertanian terendam dan beberapa rumah tergenang dan kerusakan perahu nelayan
4	2013	Banjir di Sungai Jelok mengakibatkan beberapa rumah tergenang dan kerusakan perahu nelayan
5	2015	Banjir menggenangi 108 ha lahan pertanian dan permukiman warga

Sumber: Data Kejadian Banjir Desa Sirnobojo dan Survei, 2017

Pengkajian banjir dengan permodelan spasial berbasis Sistem Informasi Geografi (SIG) dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan genangan dan untuk mengkaji kerentanan dan risiko banjir akibat luapan sungai Jelok di Pacitan. Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan model banjir salah satunya adalah HEC-RAS. HEC-RAS

merupakan program yang dikembangkan untuk analisis hidrolika sungai, analisis manajemen daerah dataran banjir, evaluasi genangan banjir dan untuk menilai profil perubahan aliran sungai (Bruner, 2014). Penelitian ini menggunakan pemodelan spasial untuk membuat sebaran daerah genangan banjir berdasarkan data debit puncak tahunan untuk periode ulang tertentu dan mengukur kerentanan dan risiko terhadap bahaya banjir.

Pengkajian risiko terhadap banjir dapat digunakan dalam perencanaan pemulihan perekonomian dan program desain rekonstruksi pada bangunan. Estimasi Pengkajian risiko banjir secara cepat sudah dilakukan dengan metode *Analytic hierarchy process* (AHP) (Xiao-sheng. L., et al. 2013). Integrasi dari sistem geo-informasi dengan pemanfaatan Foto Udara Format Kecil (FUFK) untuk permodelan bahaya, kerentanan dan risiko bencana banjir masih belum dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Pada umumnya peneliti terdahulu dalam mengkaji analisis risiko banjir pada skala komunitas berdasarkan analisis data hidrometeorologi, Partisipatori GIS dan data DEM (*Digital Elevation Model*). Pentingnya data secara detail sangat dibutuhkan dalam pengkajian risiko banjir pada skala komunitas (Chingombe, W., et al. (2015).

1.2. Tujuan

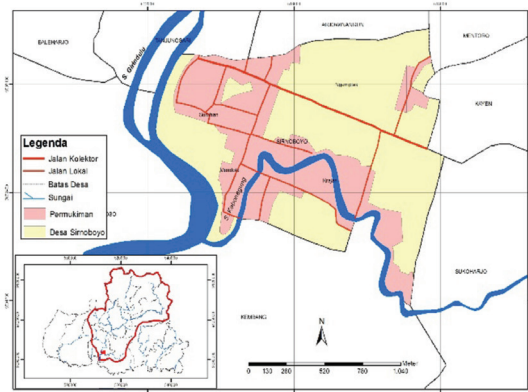
Penelitian ini bertujuan (1) mengetahui manfaat Foto Udara Format Kecil (FUFK) sebagai data masukan pengolahan pemodelan banjir dan kerentanan; (2) menyusun peta

bahaya banjir menggunakan pemodelan banjir; (3) menganalisis kerentanan berkaitan dengan elemen berisiko pada wilayah penelitian mencakup kerentanan fisik dan kerentanan sosial; (4) menganalisis tingkat risiko banjir pada wilayah penelitian.

2. METODOLOGI

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini terletak di Desa Sironoboyo Kecamatan Pacitan yang berada pada bagian Hilir Sungai Girindulu Kabupaten Pacitan. Desa ini sudah ditetapkan sebagai Kawasan Rawan Bencana Banjir Badan Penanggulangan Bencana Kabupaten Pacitan (BPBD). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

Penelitian ini berlangsung pada bulan Januari 2017 sampai Maret 2017 untuk pengambilan data yang dibutuhkan.

Tabel 2. Variabel Penelitian.

Faktor Utama	Variabel	Indikator
Bahaya		
	(H1) Kedalaman banjir	Ketinggian banjir dalam cm
	(H2) Kecepatan aliran Banjir	Kecepatan aliran saat banjir dalam m/dt
Kerentanan		
Fisik	(V1) Struktur Bangunan	Material dinding, Material lantai, Material atap, Jumlah lantai dan Tinggi pondasi
	(V2) Isi bangunan	Perabotan dan Furniture
Sosial-ekonomi	(V3) Karakter Masyarakat berisiko	Umur, Jenis kelamin, Tingkat pendidikan, Pekerjaan, Pendapatan, Lamanya tinggal

2.2. Sampling dan Analisis Sampel

Variabel dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 2. Bahan, data dan alat penelitian dalam penelitian disajikan pada Tabel 3.

2.2.2. Analisis Bahaya

Analisis bahaya pada penelitian ini menggunakan model HEC-RAS untuk pendugaan karakteristik banjir. Kajian

Tabel 3. Variabel Penelitian.

No	Data yang dibutuhkan	Sumber	Kegunaan
1	Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000	Badan Informasi Geospasial	Membuat Peta Administrasi
2	Ground Control Point (GCP)	Pengukuran Lapangan dengan GPS Geodetik	Untuk Validasi DEM hasil pengolahan data lapangan
3	Foto Udara Format Kecil (FUFK)	Pemotretan Drone	Untuk pembuatan data ketinggian detail dan interpretasi penggunaan lahan
4	Data hidrologi tahunan Kecamatan Pacitan	Dinas Binamarga dan pengairan Kab. Pacitan	Untuk menghitung debit maksimum rancangan
5	Karakteristik banjir dan luasan banjir wilayah penelitian	Kantor Kelurahan, Kantor Kecamatan, Dinas Perairan dan Surat Kabar	Untuk validasi permodelan banjir
6	Monografi Desa	Kantor Desa	Untuk menganalisis kerentanan
7	Data Geometrik Sungai	Hasil interpretasi foto udara format kecil dan pengukuran lapangan	Bahan masukan/input dalam pemodelan banjir

2.2.1. Analisis Data Ketinggian

Digital Elevation Model (DEM) suatu model data raster yang terdiri atas himpunan piksel yang memiliki nilai ketinggian dan memiliki koordinat X dan Y. DEM diwujudkan dalam gambaran digital dari suatu variabel yang kontinu diatas permukaan dua dimensi (2D) dengan susunan harga Z yang teratur dan mengacu pada suatu datum umum. Penyusunan data ketinggian menggunakan data dasar dari pengolahan Foto Udara Format Kecil (FUFK). Pengolahan FUFK menjadi data ketinggian menggunakan bantuan *software Agisoft Photoscan Pro*. Metode yang digunakan yaitu metode filtering. Hasil dari proses ini akan menghasilkan data dalam ketinggian berdasarkan ketinggian tanah atau *Digital Terrain Model* (DTM). Selanjutnya data ini dapat digunakan sebagai data masukan untuk membuat geometri sungai pada wilayah penelitian.

bahaya banjir sudah dilakukan sebelumnya dengan pemodelan pada periode ulang tahun (Cahyono, T. 2010; Bruner, 2014; Thanh, T., et al., 2014). Penentuan bahaya banjir didasarkan pada kedalaman banjir dan kecepatan aliran banjir hasil pemodelan pada periode ulang 5, 10, 25 dan 50 tahun dengan perangkat lunak HEC-RAS. Data kedalaman dan kecepatan aliran hasil pemodelan akan di klasifikasikan kembali untuk mengetahui tingkatan bahaya banjir. Tingkatan bahaya banjir mengacu pada penilaian bahaya banjir yang dilakukan oleh Munawar, 2008 dengan modifikasi.

2.2.3. Analisis Kerentanan

Metode penilaian kerentanan didasarkan pada penilaian kerentanan fisik bangunan dan penilaian kerentanan sosial-ekonomi yang dikembangkan oleh (Wigati, 2008 dan Marchiavelli, 2008). Kerentanan setiap bangunan dihitung berdasarkan kombinasi dari kerentanan

struktur bangunan, kerentanan isi bangunan dan kondisi sosial-ekonomi masyarakat.

2.2.4. Analisis Risiko

Menurut Van Westen (2009), secara konseptual penilaian risiko dilakukan dengan mengikuti persamaan sebagai berikut:

$Risk = Bahaya \times Kerentanan \times Elemen\ berisiko$ (1)

Pada komponen bahaya dalam persamaan tersebut sebenarnya mengacu pada peluang kejadian pada peristiwa alam yang membahayakan pada periode ulang tahunan. Menurut ISDR (2004), secara ringkas persamaan sebagai berikut:

$Risk = Bahaya \times Kerentanan$(2)

Analisis risiko pada penelitian ini hanya sebatas pada mengetahui tingkatan risiko banjir tidak sampai pada perhitungan kerugian banjir.

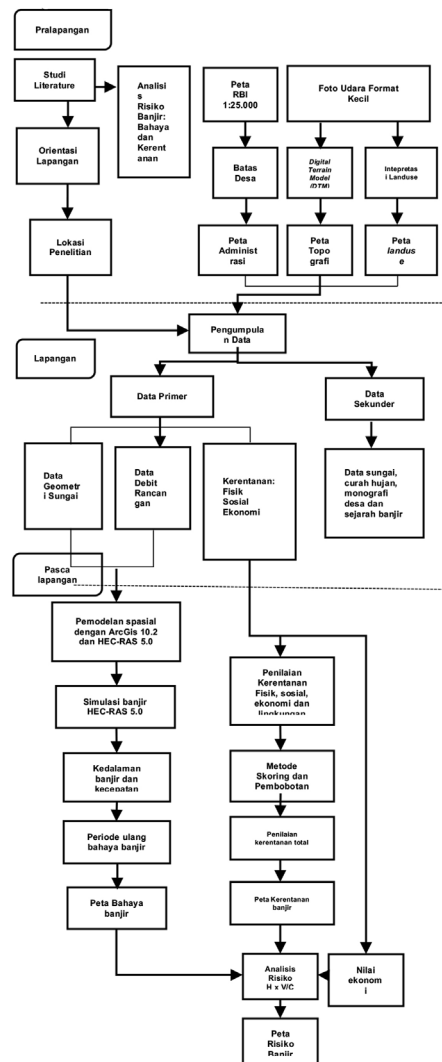
Proses penelitian dibagi menjadi 3 tahap untuk dapat mencapai tujuan penelitian yaitu tahap pra lapangan, tahap pengambilan data lapangan, dan tahap analisis data lapangan. Selanjutnya seluruh proses penelitian akan disajikan dalam diagram alur penelitian pada Gambar 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Mozaik Foto Udara dan Pengukuran GCP

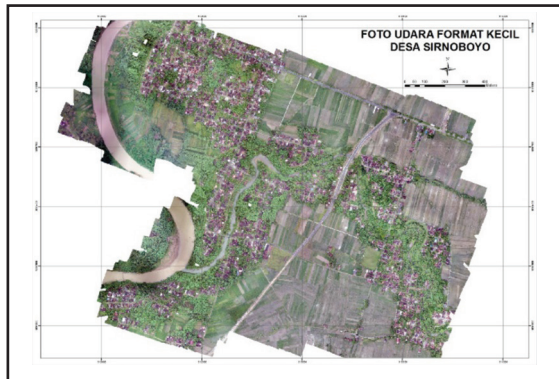
Manfaat dari penggunaan foto udara format kecil dalam penelitian ini yaitu menghasilkan data ketinggian detail sehingga dapat dijadikan sebagai dasar pembuatan data geometri sungai dan data tapak bangunan. Proses awal yang dapat dilakukan adalah melakukan mosaik foto udara. Proses mosaik foto udara menggunakan *software Photo Modeller* yang dapat secara otomatis mendeteksi *point clouds* pada foto udara dan menggabungkannya dalam satu kesatuan foto. Hasil dari proses ini adalah sebuah *orthophoto* yang sudah memiliki ketinggian objek secara tiga dimensi 3D tetapi belum terkoreksi. Setelah proses ini selesai lakukan proses

selanjutnya yaitu menentukan titik premark untuk menentukan titik kontrol tanah atau *Ground Control Point (GCP)*.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian.

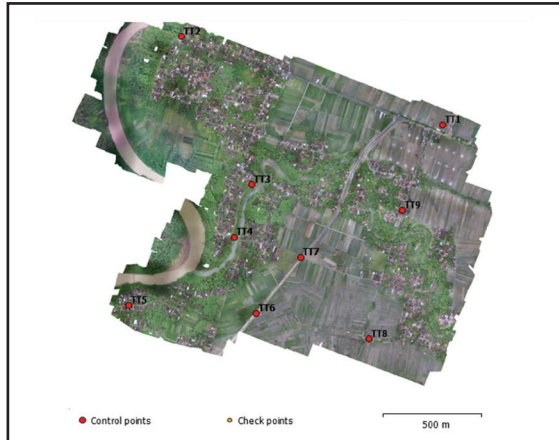
Hasil dari mosaik foto udara dapat dilihat pada Gambar 3.1. Pengukuran GCP di lapangan perlu memperhatikan aspek distribusi titik, sifat objek di lapangan dan keterlibatan objek pada citra foto. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran GCP sebanyak 9 titik dengan persebaran merata. Persebaran GCP merata bertujuan untuk mempermudah dalam proses koreksi foto udara. Persebaran GCP pada foto udara dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Mozaik Foto Udara Format Kecil.

Hasil foto udara dengan koreksi menggunakan GCP memiliki akurasi yang baik yaitu milimeter (mm). Semakin baik akurasi foto udara maka data yang dihasilkan akan semakin baik. Koreksi foto udara disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. menunjukkan koordinat foto udara tingkat RMSE error pada koordinat X menjadi 1,34272 mm dan koordinat Y menjadi 1,2564 mm. Tingkat akurasi ini sangat teliti karena sudah dalam milimeter dan sudah dapat diterima menurut standar akurasi ASPRS



Gambar 4. Pengukuran Ground Control Point (GCP).

Tabel 4. Control Point RMSE Foto Udara dengan GCP.

Label	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)
TT8	3,24	0,05	-0,28
TT3	-1,44	-1,36	0,44
TT4	-1,71	1,21	-0,65

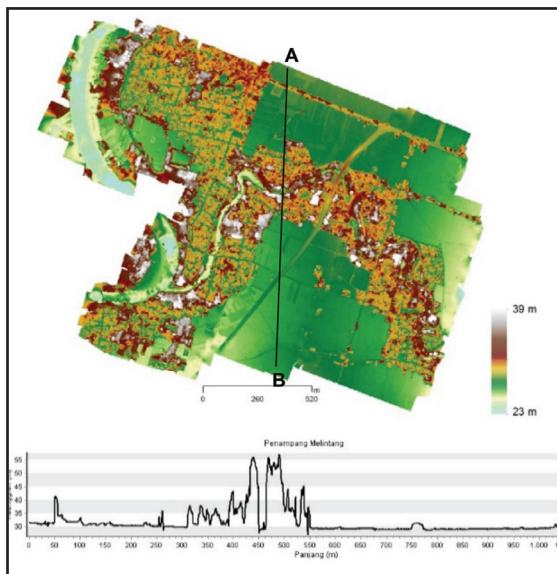
Label	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)
TT5	-0,0025	0,21	-0,08
TT7	-0,62	-0,53	-0,70
TT6	0,51	2,64	1,13
TT1	0,10	-0,42	0,27
TT9	-0,23	-1,85	0,23
TT2	0,19	0,11	-0,18
Total	1,34	1,26	0,54

3.2. Ekstraksi Digital Terrain Model (DTM) dari Foto Udara

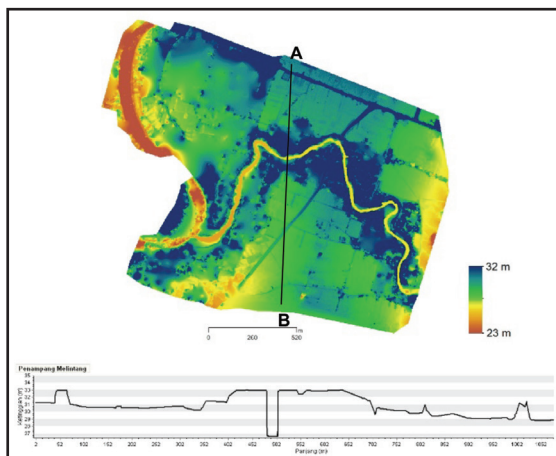
Hasil Digital Elevation Model dari pengolahan Foto Udara Format Kecil (FUFK) merupakan data ketinggian berdasarkan kenampakkan objek yang berada di atas bumi atau disebut *Digital Surface Model* (DSM). Objek ini berupa pohon, bangunan, alang-alang dan objek lainnya yang memiliki ketinggian. Dalam pemrosesan pemodelan banjir dibutuhkan data ketinggian objek tanah saja, sehingga data ketinggian selain tanah harus disesuaikan dengan ketinggian tanah.

Pengolahan FUFK menjadi DSM dilakukan menggunakan perangkat lunak pengolah foto udara yaitu *Agisoft Photo Modeller*. DSM yang dihasilkan memiliki resolusi spasial 0,1 – 1 m yang menunjukkan kedetailan data yang dihasilkan dari FUFK. Kenampakkan permukiman dan sungai terlihat jelas pada DSM (lihat Gambar 5). Dengan kedetailan ini dapat digunakan dalam mengukur penampang sungai dari anak sungai sehingga dapat dijadikan data masukan dalam pemodelan banjir.

Proses filtering dibutuhkan untuk mendapatkan nilai ketinggian berdasarkan tanah atau *Digital Terrain Model* (DTM). Pemrosesan dilakukan melalui 2 tahap yaitu filtering penutup lahan dan reinterpolasi. Reinterpolasi berfungsi untuk melakukan klasifikasi pada ketinggian selain tanah (*ground*) seperti bangunan, pohon, jembatan dan tubuh air. Hasil dari digital terrain model disajikan pada Gambar 6.



Gambar 5. Digital Surface Model (DSM) Wilayah Penelitian.



Gambar 6. Hasil DTM Wilayah Penelitian.

3.3. Analisis Debit Rencana

Penelitian ini membutuhkan data debit sebagai data masukan dalam pemodelan banjir. Belum tersedianya alat pengukur debit otomatis di Sungai Jelok, sehingga data debit diturunkan dari data curah hujan yang tersedia di Dinas Bina Marga dan Pengairan Pacitan. Metode pengukuran debit rencana berdasarkan data curah hujan harian yaitu menggunakan metode rasional. Perhitungan

debit puncak dalam berbagai periode ulang menggunakan persamaan Metode Rasional $Q = 0,2778.C.I.A$. Hasil dari perhitungan debit puncak pada periode ulang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Debit Puncak Sub DAS Jelok.

No	Periode Ulang	Intensitas Hujan (I)	Debit (Q)
1	5	35,79	99,94
2	10	38,95	108,77
3	25	41,46	115,76
4	50	44,12	123,20
5	100	45,79	127,87

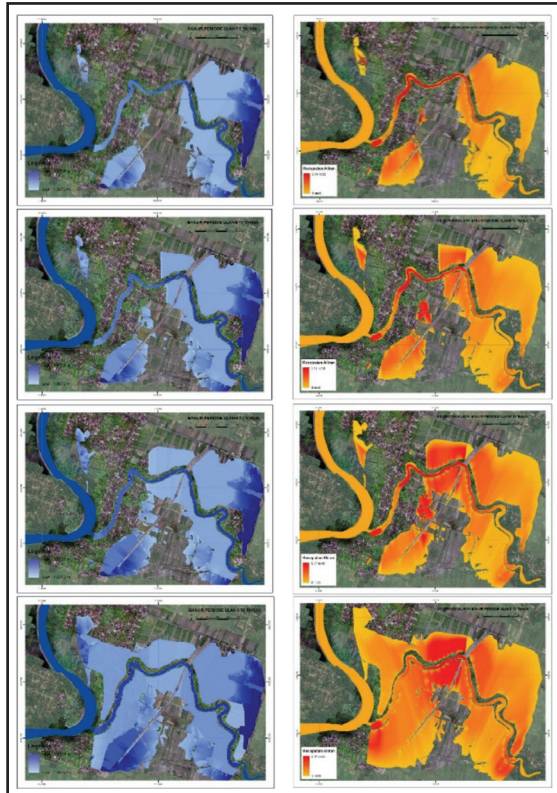
3.4. Pemodelan Banjir

Pemodelan banjir menggunakan analisis hidraulika dengan HEC-RAS sudah dilakukan sebelumnya dalam skala regional (Titi Pramestri, M. 2016; Moya, et al., 2015; dan Afriyanto, et al., 2014). Pemodelan dengan menggunakan data resolusi tinggi dalam skala besar dengan menggunakan HEC-RAS belum dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Beberapa data yang disiapkan untuk pemodelan antara lain: (1) Data Ketinggian Detail (2) Geometri Sungai (3) Debit Rencana dalam periode ulang. Pemodelan banjir didasarkan pada periode ulang banjir 5, 10, 25 dan 50 tahun. Data ini mengacu pada hasil debit rencana yang telah dibuat sebelumnya pada Sungai Jelok (lihat Tabel 5). Hasil pemodelan kedalaman banjir dan kecepatan aliran berdasarkan periode ulang dapat dilihat pada Gambar 8.

Hasil pemodelan banjir pada gambar 5 menunjukkan data mengenai kedalaman banjir dan kecepatan aliran periode ulang 5, 10, 25 dan 50. Hasil dari pemodelan menunjukan persebaran dari kedalaman banjir dan kecepatan aliran. Kedalaman banjir hasil pemodelan menunjukan kedalaman banjir berkisar antara 0,1 m-5,6 m. Sedangkan hasil dari pemodelan kecepatan aliran menunjukan kecepatan antara 0,1 m/dt – 5 m/dt. Besaran luasan banjir pada beberapa periode ulang disajikan pada Tabel 6.

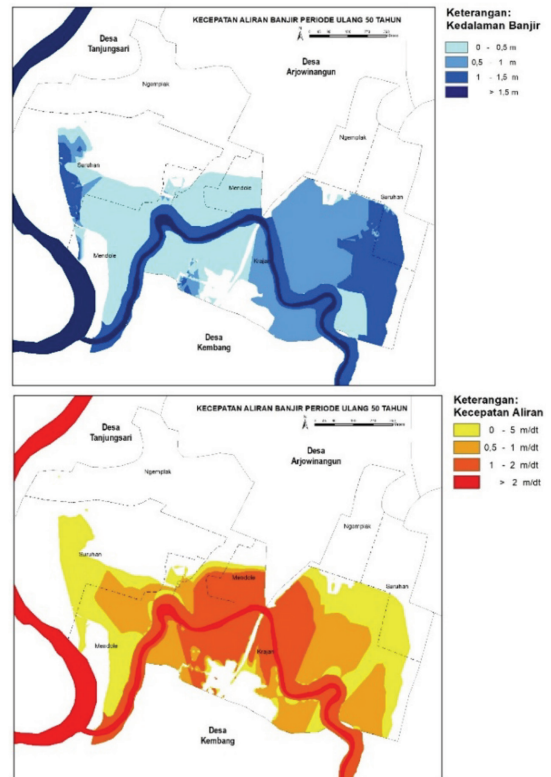
Tabel 6. Luas Pemodelan Banjir .

Periode Ulang (Tahun)	Luas Hasil Pemodelan (Ha)	Wilayah Penelitian Tergenang (%)
5	66,81	34,26
10	78,46	40,23
25	86,41	44,31
50	127,77	65,12



Gambar 7. Hasil Pemodelan Kedalaman Banjir (A) dan Hasil Pemodelan Kecepatan Aliran (B).

Berdasarkan Tabel 6 Luas hasil pemodelan yang terbesar yaitu pada periode ulang 50 tahun dengan luas genangan mencapai 127,77 Ha. Banjir pada periode ulang ini menggenangi 65,12 % dari wilayah penelitian. Sedangkan banjir pada periode ulang 5 tahun memiliki luas genangan terkecil 66,81 Ha atau menggenangi 34,26% wilayah penelitian.



Gambar 8. Hasil Reclassify Kedalaman dan Kecepatan Aliran Banjir.

3.5. Pemetaan Bahaya

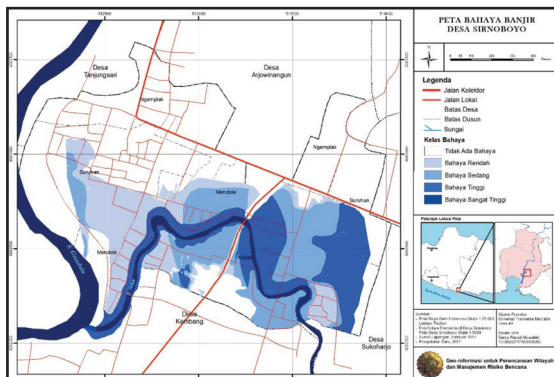
Pembuatan peta bahaya mengacu pada pemodelan banjir pada periode ulang 50 tahun. Hal ini dilakukan untuk menghitung risiko terburuk kejadian banjir yang dapat terjadi pada wilayah penelitian. Sebaiknya dalam penentuan bahaya banjir analisis menggunakan periode ulang 50 – 100 tahun untuk mengantisipasi bahaya yang akan datang (Asdak, 2010). Sebelum melakukan penilaian bahaya dilakukan klasifikasi terlebih dahulu pada pemodelan kedalaman banjir dan kecepatan aliran banjir yang disajikan dalam Gambar 9.

Selanjutnya dilakukan proses *overlay* untuk menghitung nilai bahaya. Pembobotan dilakukan berdasarkan Tabel 7.

Tabel 7. Penilaian Bahaya Banjir.

Kecepatan Aliran	Kedalaman banjir			
	<0,5 m	0,5 – 1 m	1 – 1,5 m	>1,5 m
<0,5 m/dt	0,2	0,5	0,8	0,8
0,5 – 1 m/dt	0,2	0,5	0,8	1
1 – 2 m/dt	0,5	0,8	1	1
>2 m/dt	0,5	0,8	1	1

Gambar 9 menunjukkan bahwa analisis bahaya banjir pada wilayah penelitian menunjukkan hasil tidak ada bahaya sampai dengan bahaya sangat tinggi. Persebaran bahaya banjir di Desa Sironoboyo terjadi pada 4 dusun yaitu dusun krajan, dusun mendole, dusun ngemplak dan dusun suruhan.



Gambar 9. Peta Bahaya Banjir Desa Sironoboyo.

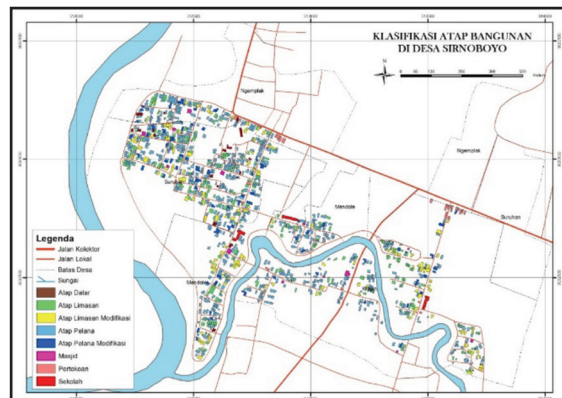
3.6. Pengolahan Data Geoinformasi

Data informasi mengenai bangunan dibutuhkan dalam pengkajian kerentanan secara detail dan dibutuhkan sensus per bangunan. Mengingat adanya keterbatasan waktu, tenaga dan biaya pengambilan informasi maka dilakukan dengan cara pengambilan sampel berdasarkan kelompok dan proporsi dan dipilih secara terpilih. Atap bangunan dapat dikenali dengan baik pada foto udara format kecil dan digunakan sebagai dasar pengelompokan bangunan. Penentuan kelompok atap bangunan didasarkan pada jenis atap yang terdapat pada lokasi penelitian

berdasarkan pada karakteristik atap. Hasil dari klasifikasi menunjukkan ada 8 jenis atap bangunan yang diidentifikasi di daerah penelitian yaitu atap pelana, atap limasan, atap datar, atap pelana modifikasi, atap limasan modifikasi, atap masjid, atap pertokoan dan atap sekolah (Gambar 10 dan Gambar 11).



Gambar 10. Jenis Atap Bangunan.



Gambar 11. Klasifikasi Atap Bangunan.

Hasil dari klasifikasi menuntukan total jumlah atap bangunan yang teridentifikasi adalah sebesar 1196 bangunan. Kemudian dilakukan perhitungan pada masing-masing atap bangunan untuk menentukan jumlah sampel. Pengambilan sampel disesuaikan dengan kemampuan peneliti baik dari segi waktu dan biaya (lihat Tabel 8).

Tabel 8. Presentase dan Jumlah Sampel pada Tiap Kelompok Bangunan.

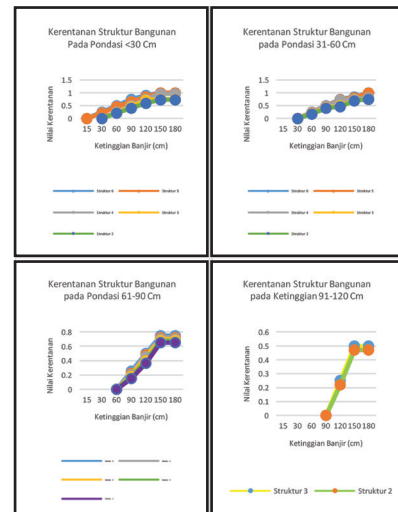
Bentuk Atap	Kode	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah Sampel
Atap Pelana	AP	705	58,95	35
Atap Limasan	AL	216	18,06	28
Atap Datar	AD	21	1,76	3
Atap Pelana Modifikasi	APM	74	6,19	12
Atap Limasan Modifikasi	ALM	131	10,95	18
Bentuk Atap	Kode	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah Sampel
Atap Masjid	AM	14	1,17	4
Atap Sekolah	AS	3	0,25	2
Atap Pertokoan	APK	32	2,68	3
Total		1196	100	105

3.7. Analisis Kerentanan Banjir

3.7.1. Kerentanan Struktur Bangunan

Kerentanan struktur bangunan mengacu pada kerusakan material bangunan (dinding, lantai dan atap) dengan mempertimbangkan faktor pondasi pada masing-masing bangunan. Ketinggian pondasi bangunan mempengaruhi kerusakan stuktur bangunan (dinding, lantai dan atap) pada wilayah penelitian. Pada lokasi penelitian terdapat 6 jenis struktur bangunan yaitu batako, keramik, genteng (1); batu bata, keramik, genteng (2); batu bata, keramik, atap kombinasi (3); batu bata, lepanan, atap kombinasi (4); dinding campuran, lantai kombinasi, atap kombinasi (5); kayu, lepanan, asbes (6). Kerentanan bangunan berdasarkan tinggi pondasi pada wilayah penelitian di gambarkan dengan grafik yang dapat dilihat pada Gambar 12.

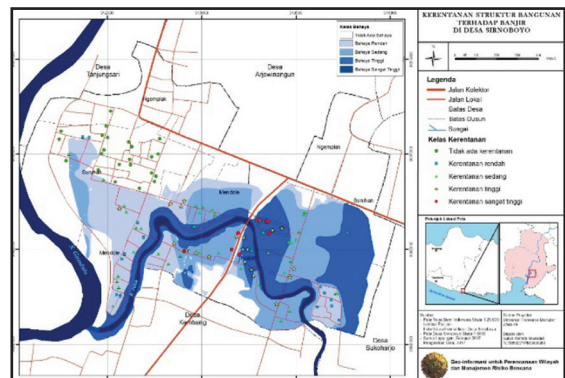
Hasil dari peta kerentanan untuk tipe struktur bangunan (Gambar 13) diperoleh setelah mengklasifikasikan nilai kerentanan dengan metode skoring dibagi dalam 5 kelas (lihat Tabel 9).



Gambar 12. Kerentanan Struktur Bangunan Berdasarkan Tinggi Pondasi.

Tabel 9. Kelas Kerentanan Struktur Bangunan.

Kelas Kerentanan Struktur Bangunan	Nilai Kerentanan
Tidak Ada Kerentanan	0
Kerentanan Rendah	≤ 0.2
Kerentanan Sedang	≤ 0.5
Kerentanan Tinggi	≤ 0.8
Kerentanan Sangat Tinggi	≤ 1



Gambar 13. Kerentanan Struktur Bangunan.

3.7.2. Kerentanan Isi Bangunan

Metode yang digunakan untuk estimasi isi bangunan pada penelitian berdasarkan pada situasi dan kondisi kehidupan masyarakat yang ada pada wilayah penelitian. Asumsi sebelum

menentukan kerentanan isi bangunan yaitu:

1. Daftar isi bangunan hanya berlokasi pada kamar, ruang tamu, ruang makan dan dapur.
2. Level sosial-ekonomi terutama pendapatan memiliki pengaruh yang kuat pada isi bangunan dalam rumah. Pengaruh perbedaan pendapatan akan mempengaruhi perbedaan isi bangunan yang diasumsikan dalam 3 tingkatan yaitu rendah, sedang dan tinggi (lihat Tabel 10).

Tabel 10. Daftar Asset untuk Estimasi Isi Bangunan.

Item	Daftar		
	Pendapat-an rendah	Pendapat-an Sedang	Pendapat-an Tinggi
Televisi	400	1.300	2.500
Tape/ Radio	300	900	2000
Sofa		1.500	4.000
Kasur	100	500	1.000
Meja dan kursi makan		800	2.000
Peralatan makan	50	100	200
Lemari	200	400	1.000
Tirai	30	100	250
Karpet		250	800
Kulkas		1.200	2.500
Komputer		4.000	6.000
AC		2.000	3.000
Mesin Cuci		1.000	2.500
DVD		800	2.000
Telepon		400	1.000
Vacum cleaner			1.500
Kompas	150	300	1.000
Rice cooker		250	400
Setrika	100	200	400
Kipas Angin	80	150	300
Total	1.410	16.150	32.351

Keterangan: Harga dalam Ribuan (x 000).

Proses pembobotan digunakan untuk membuat peta kerentanan isi bangunan. Kerentanan untuk isi bangunan pada wilayah penelitian diklasifikasikan ke dalam lima kelas yaitu kerentanan sangat tinggi, kerentanan tinggi, kerentanan sedang, kerentanan rendah, dan tidak ada kerentanan (lihat Tabel 11).

Tabel 11. Kelas Kerentanan Isi Bangunan.

Kelas Kerentanan Struktur Bangunan	Nilai Kerentanan
Tidak Ada Kerentanan	0
Kerentanan Rendah	≤ 0.2
Kerentanan Sedang	≤ 0.5
Kerentanan Tinggi	≤ 0.8
Kerentanan Sangat Tinggi	≤ 1

Setelah parameter kerentanan telah diketahui langkah selanjutnya ialah menghitung kerentanan total dengan menggabungkan antara kerentanan struktur bangunan, kerentanan isi bangunan dan kerentanan sosial masyarakat. Melalui metode skoring pada masing-masing parameter. Perhitungan skor kerentanan dilakukan secara perkalian dan hasil dari perhitungan akan diklasifikasikan ulang untuk menghasilkan kerentanan total. Hasil dari kerentanan total berupa Peta kerentanan pada wilayah penelitian. Pembagian kelas kerentanan dibagi dalam 5 kelas yaitu tidak ada kerentanan, kerentanan rendah, kerentanan sedang, kerentanan tinggi dan kerentanan sangat tinggi (lihat Gambar 14).

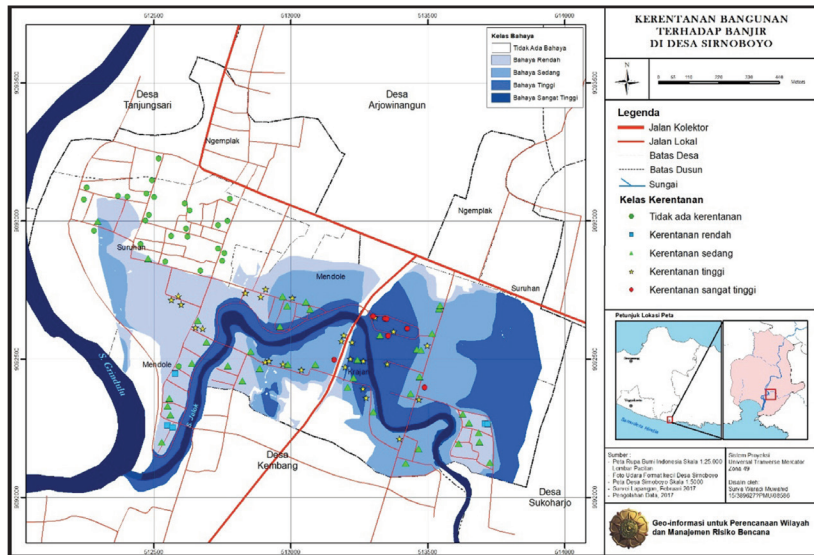
Tabel 12. Kerentanan Bangunan Total terhadap Banjir.

Tingkat Kerentanan	Jumlah Bangunan	Persentase (%)
Tidak ada kerentanan	26	24,76
Kerentanan rendah	5	4,76
Kerentanan sedang	40	38,10
Kerentanan tinggi	27	25,71
Kerentanan sangat tinggi	7	6,67

Hasil perhitungan kerentanan menunjukan sebagian besar bangunan memiliki kerentanan sedang sebesar 38,10 %

atau sejumlah 40 bangunan. Bangunan dengan kerentanan rendah sebanyak 5 bangunan atau 4,76 % dan yang tidak memiliki kerentanan sebanyak 26 bangunan atau 24,76%.

hasil proses *overlay* antara peta bahaya dan peta kerentanan (lihat Gambar 14). Penentuan kelas risiko didasarkan pada Indeks penentuan tingkat risiko dapat dilihat pada tabel13.



Gambar 14. Peta Kerentanan.

Sedangkan kerentanan tinggi sebanyak 27 bangunan dan kerentanan sangat tinggi sebanyak 7 bangunan (lihat Tabel 12).

3.8 Analisis Risiko Banjir

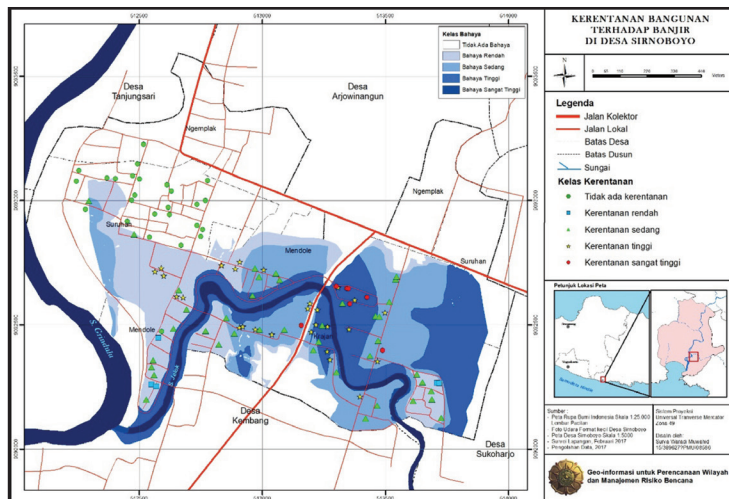
Hasil akhir pada penelitian ini adalah peta tingkat risiko banjir di daerah penelitian. Penentuan tingkat risiko berdasarkan pada peta bahaya dan kerentanan yang telah disajikan sebelumnya. Peta tingkat risiko ini merupakan

Analisis risiko pada setiap jenis bangunan ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko pada keseluruhan bangunan sebagai upaya untuk membangun manajemen risiko banjir. Bangunan dengan risiko yang sangat rendah dapat digunakan sebagai tempat evakuasi sementara. Hasil dari pemetaan risiko bangunan berdasarkan administrasi dapat dilihat pada Gambar 15.

Hasil analisis tingkat risiko bangunan terhadap banjir pada wilayah penelitian

Tabel 13. Tingkat Risiko Bangunan pada Wilayah Penelitian.

Wilayah Dusun	Tingkat Risiko Bangunan				
	Tidak Ada Risiko	Risiko Rendah	Risiko Sedang	Risiko Tinggi	Risiko Sangat Tinggi
Mendole	9	4	12	1	-
Suruhan	24	2	2	-	-
Ngemplak	1	-	6	-	1
Krajan	-	8	25	14	6
Jumlah	34	14	45	15	7
Prosentase (%)	29.57	12.17	39.13	13.04	6.09



Gambar 15. Peta Risiko Banjir di Desa Sirnobojo.

menunjukkan sebagian besar bangunan pada wilayah penelitian tidak memiliki risiko bangunan sebesar 29,57%. Hal ini menunjukkan sebagian masyarakat sudah memiliki kesiapsiagaan yang baik untuk menghadapi banjir yang terjadi. Sedangkan risiko tinggi dan sangat tinggi sebesar 13,04% dan 6,09% menunjukkan pada wilayah penelitian masih banyak bangunan yang memiliki kecenderungan kerugian yang tinggi dan sangat tinggi pada saat terkena banjir dan bangunan dengan risiko sedang sebesar 39,13%. Wilayah prioritas untuk penanganan banjir pada wilayah penelitian yaitu pada Dusun Krajan, Suruhan, dan Mendole. Sedangkan wilayah Dusun Ngemplak dapat dijadikan sebagai tempat untuk menjadikan pengungsian sementara apabila banjir besar terjadi kembali.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

1. Foto Udara Format Kecil (FUFK) menghasilkan data ketinggian detail berupa *digital surface model* (DSM) dan *digital terrain model* (DTM), data geometri sungai dan data tapak bangunan yang dapat digunakan untuk pemodelan bahaya dan kerentanan banjir.
2. Analisis bahaya banjir di Desa Sirnobojo menunjukkan bahwa wilayah dusun yang

memiliki bahaya terluas dan tertinggi terjadi pada dusun Krajan yaitu sebesar 43,43 Ha, sedangkan yang terendah terjadi pada dusun Ngemplak yaitu sebesar 3,81 Ha. Dusun Mendole memiliki bahaya banjir dengan luas 14,46 Ha dan dusun Suruhan memiliki luas babahaya banjir sebesar 10,58 Ha. Perbandingan ke empat dusun yang memiliki bahaya banjir hanya satu dusun yang memiliki bahaya terendah baik dari luasan banjir dan tingkatan bahaya yaitu dusun Ngemplak.

3. Analisis kerentanan banjir difokuskan pada kerentanan bangunan di Desa Sirnobojo yaitu struktur bangunan dan isi bangunan. Hasil dari analisis kerentanan struktur bangunan menunjukkan bahwa kerentanan struktur bangunan sangat dipengaruhi oleh tinggi pondasi pada wilayah penelitian. Kerentanan struktur bangunan tertinggi terjadi pada tipe struktur bangunan 6 (kayu, lepahan dan asbes) dengan ketinggian pondasi <30 cm. Kerentanan isi bangunan dihitung berdasarkan dengan bahaya banjir hasil pemodelan banjir. Kerentanan isi bangunan tertinggi terjadi pada kedalaman banjir 1-1.5 m pada bangunan di lokasi penelitian. Hasil dari analisis kerentanan bangunan menunjukkan Dusun Kranjan dan Dusun Mendole memiliki kerentanan

bangunan yang rendah hingga sangat tinggi sedangkan dusun ngemplak dan suruhan cenderung tidak memiliki kerentanan hingga kerentanan rendah.

4. Hasil analisis tingkat risiko bangunan terhadap banjir pada wilayah penelitian menunjukkan sebagian besar bangunan pada wilayah penelitian tidak memiliki risiko bangunan sebesar 29,57%. Hal ini menunjukkan sebagian masyarakat sudah memiliki kesiapsiagaan yang baik untuk menghadapi banjir yang terjadi. Sedangkan risiko tinggi dan sangat tinggi sebesar 13,04% dan 6,09% menunjukkan pada wilayah penelitian masih banyak bangunan yang memiliki kecenderungan kerugian yang tinggi dan sangat tinggi pada saat terkena banjir dan bangunan dengan risiko sedang sebesar 39,13%. Wilayah prioritas untuk penanganan banjir pada wilayah penelitian yaitu pada Dusun Krajan, Suruhan, dan Mendole. Sedangkan wilayah Dusun Ngemplak dapat dijadikan sebagai tempat untuk menjadikan pengungsian sementara apabila banjir besar terjadi kembali.

4.2. Saran

1. Pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM) untuk pemodelan banjir hanya membutuhkan ketinggian tanah untuk melakukan pemodelan. Lebih baik dalam pemotretan foto udara menggunakan drone yang sudah memiliki sensor inframerah sehingga hasil pemotretan langsung dapat diolah menjadi *Digital Terrain Model* (DTM). Penelitian ini membutuhkan konversi dari DEM menjadi DTM yang memakan waktu cukup lama dalam pemrosesannya.
2. Upaya pengendalian pada daerah terdampak banjir sudah dilakukan pemerintah secara struktural dengan pembangunan tanggul pada kanan dan kiri. Pembangunan ini harus dibarengi dengan normalisasi sungai secara berkala untuk mengurangi bahaya meluapnya sungai. Kemudian sosialisasi permasalahan

sampah kepada masyarakat untuk tidak membuang sampah di Sungai Jelok harus lebih baik lagi terutama pada masyarakat yang tinggal di hulu sungai jelok.

3. Analisis kerentanan pada penelitian ini fokus terhadap bangunan sehingga penelitian selanjutnya dapat melengkapi analisis kerentanan yang lainnya.
4. Penilaian risiko banjir pada penelitian ini sebatas untuk mengetahui tingkatan risiko belum sampai pada penilaian kerugian. Penelitian selanjutnya dapat melakukan estimasi kerugian terhadap bangunan berdasarkan kerusakan yang dapat terjadi dari bahaya banjir dan kerentanan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanto, Y., Marfai, M. A., dan Hadi, M. A. (2015). Pemodelan Bahaya Banjir dan Analisis Risiko Banjir Studi Kasus: Kerusakan Tanggul Kanal Banjir Barat Jakarta Tahun 2013. *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 8, 95-110.
- Asdak, C. (2010). Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bruner, G. W. (2014). Combine 1D and 2D Modelling with HEC-RAS. Davis (California): US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC).
- Cutter, L. Susan, B. J. Boruff, and W. Liynn Shirley. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazard. *Social Science Quartely*, Volume 84, Number 2.
- Chingombe, W., E. Pedzisai, D. Manatsa, G. Mukwada, P. Taru. (2015). A participatory approach in GIS data collection for flood risk management, Muzarabani District, Zimbabwe. *Arab J Geosci*, 8, 1029-1040.
- Dang, N.M., Babel, M.S., and Luong, H.T. 2010. Evaluation of Flood Risk Parameters in The Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam. *Journal of Natural Hazard*, 56: 169-194.
- Ferrier, N. Dan Haque, E. (2003). Hazard Risk Assessment Methodology for Emergency

- Managers: A Standarized Framework for Application, Natural Disasters in Canada As a Guide for Disaster Preparedness, An Assessment of Natural Hazards. Kluwer Academic Publisher, 28: 271-290.
- ISDR. (2004). Living with Risk - A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. United Nation. [www.unisdr.org].
- Kamiana, I. M. (2011). Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air, Yogyakarta: Graha Ilmu. Hal: 14-15.
- Kodotie, R. dan Sugiyanto. (2002). Banjir Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Li, Guo-Fang., Xiang, Xin-yi, Tong, Yi-Yi, dan Wang, Huimin. (2013). Impact Assessment of Urbanization on Flood Risk in The Yangtze River Delta. Journal of Stoch Environment Resources Risk Assessment , 27:1683-1693.
- Lina Marlina & Riyanto Mahendra. 2009. Buku Pintar Bencana Alam. Yogyakarta:Harmoni.
- Marschiavelli, M. I. C. (2008). Vulnerability Assessment and Coping Mechanism related to Flood in Urban Areas: A community-based Case Study in Kampung Melayu, Indonesia. M.Sc thesis. The International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Enschede - The Netherland.
- Moya Quiroga, V., Kure, S., and Mano, N. (2015). Application of 2D numerical simulation for the analysis of the february 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. Journal of RIBAGUA, 3, 25-33.
- Munawar. (2008). Penggunaan Citra Satelit Quickbird untuk Pengembangan Metode Penentuan Risiko Banjir di Daerah Perkotaan. Kasus di Kelurahan Kampung Melayu dan Bukit Duri, Pov. DKI Jakarta. Tesis: Universitas Gadjah Mada.
- Peters-Guarin, G., van Westen, C., and Montoya, L. (2005). Community-Based Flood Risk Assessment Using GIS for the Town of San Sebastian, Guatemala. Journal of Human Security and Development, 1(1): 29-49.
- Ramlal, B., & S. M. J. Baban. (2008). Developing a GIS based integrated approach to flood management in Trinidad , West Indies. Journal of Enviromental Management, 88, 1131–1140.
- Sudarmadji, S. and Takeda Kansaku. (2006). Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Thanh, T. V., and Ranzi, R. (2014). Food Risk Assessment and Coping Capacity of Flood in Central Vietnam
- Titi Pawestri, M. (2016). Flood Hazard Mapping of Bogowonto River in Purworejo Regency, Central Java. Msc Thesis. Faculty of Engineering Gadjah Mada of University. Yogyakarta
- USACE. (2016). River Analysis System HEC-RAS, User's Manual Version 5.02. California, USA.
- Van Westen, C.J., Alkema, D., Damen, MCJ., Kerle, N., and Kingma, NC. (2011). Multi Hazard Risk Assessment. United Nations University – ITC School on Disaster Geoinformation Management.
- Villagran D. L. J. C. (2006). Vulnerability A Conceptual and Methodological Review-Studies of The University: Research Counsel Education UNU-EHS Institute for Environment and Human Security No. 4/2006.
- Wigati, M. (2008). Improving Flood Hazard and Vulnerability Assessment on Sosial Assessment in Bogowonto River. Msc Thesis. International Institute for Geo-Information and Earth Observation. Enschede-The Netherland.
- Wolf, P., R. (1993). Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh, Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T., Zuhernen, Edisi kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Xiao-sheng, L., Xiao, H., & Ting-li, W. (2014) Rapid Assessmenr of Flood Loss Based on Neural Network Ensemble. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 24, 2636-2641.