

Analisis Banjir Subdas Cimanuk Untuk Menentukan Status Peringatan Dini Banjir Kota Garut**Jennifer Gerina Putri¹, Suharyanto², Pranoto Samto Atmojo³**Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Universitas Diponegoro Semarang¹, Dosen Magister Teknik Sipil,
Universitas Diponegoro Semarang^{2,3}Email: jennifergerinaputri@gmail.com¹DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v4i2.2369>

Abstrak: Kabupaten Garut khususnya Kawasan Kota Garut merupakan daerah dengan potensi bencana banjir yang tinggi. Kawasan Garut masih dinyatakan sebagai daerah rawan bencana. Hal tersebut berdasarkan hasil laporan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Garut. Kawasan Kota Garut dilalui oleh Sungai Cimanuk yang berhulu di Pegunungan Mandalagiri di Kabupaten Garut mengalir ke dan bermuara di Laut Jawa di Kabupaten Indramayu.

Pada tanggal 21 September 2016, Garut mengalami banjir bandang yang banyak menyebabkan korban jiwa. Banjir yang menimpa Kota Garut disebabkan oleh buruknya kondisi DAS Cimanuk, dikarenakan alih fungsi tata guna lahan. Selain upaya struktural, kerusakan dan kerugian dapat diminimalisir dengan upaya nonstruktural yaitu peringatan dini banjir.

Peringatan dini banjir pada penelitian ini melakukan analisis banjir menggunakan pemodelan hidrologi dan hidrolika, dimana analisis hidrologi dilakukan di DAS Cimanuk Hulu mulai dari Kecamatan Cikajang Kabupaten Garut, hingga batas daerah genangan Waduk Jatigede di Kecamatan Wado Kabupaten Sumedang. Analisis hidrolika dilakukan mulai Bendung Cimanuk di Kecamatan Bayongbong hingga Bendung Copong di Kecamatan Garut Kota.

Hasil analisis berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun menunjukkan bahwa debit banjir Q_5 , Q_{10} , Q_{25} , Q_{50} dan Q_{100} berpotensi menimbulkan bencana banjir di 9 desa atau 6 kecamatan yaitu Kecamatan Bayongbong, Cisurupan, Cilawu, Garut Kota, Tarogong dan Banyuresmi. Waktu tempuh desa yang berada di luar Kawasan Kota Garut adalah Desa Bayongbong dan Desa Cilea di Kecamatan Bayongbong yaitu 0.1 jam (6 menit) jika banjir terjadi dengan $Q \geq Q_{50}$ tahun. Untuk desa yang berada di dalam Kawasan Kota Garut adalah Desa Sukakarya dan Desa Cisurupan di Kecamatan Bayongbong, yaitu 1.5 jam (90 menit) jika banjir terjadi dengan $Q \geq Q_{50}$ dan Q_{100} tahun. Warga mulai evakuasi saat status level peringatan dini menunjukkan peralihan dari level Siaga ke level Awas.

Kata kunci: banjir, peringatan dini banjir, waktu tempuh, Kota Garut, DAS Cimanuk Hulu

PENDAHULUAN

Sistem peringatan dini dan evakuasi merupakan salah satu bentuk manajemen penanganan bencana. Sistem peringatan dini dilakukan untuk pengambilan tindakan cepat dan tepat dalam rangka mengurangi resiko terkena bencana, serta mempersiapkan tindakan tanggap darurat. Sedangkan tindakan evakuasi merupakan suatu bentuk perlindungan terhadap kelompok yang rentan terhadap bencana, yang secara efektif dan efisien memerlukan kerjasama lintas sektoral dan diterapkan sesuai peraturan pemerintah Republik Indonesia yang berlaku, yaitu Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 (PSN Kementerian PU, 2012).

Kabupaten Garut merupakan daerah dengan potensi bencana banjir yang tinggi. Kawasan Kabupaten Garut masih dinyatakan sebagai daerah rawan bencana. Hal tersebut berdasarkan hasil laporan dari Badan

Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Garut. Rekap laporan yang dilakukan BPBD Kabupaten Garut hingga semester pertama 2014 (Bencana-kesehatan.net).

Penelitian ini mengambil pembahasan dari kejadian bencana banjir yang terjadi di Kabupaten Garut, khususnya di Kawasan Kota Garut, yang banyak menyebabkan korban jiwa yaitu kejadian banjir pada tanggal 21 September 2016. Volume air yang begitu banyak masuk ke badan sungai, menyebabkan longoran di dinding sungai yang kemudian membendung dan menahan air, hingga akhirnya jebol dan menyebabkan banjir bandang di Sungai Cimanuk. Banjir yang meluap terutama di Kecamatan Tarogong Kidul di DAS Cimanuk dengan ketinggian mencapai 1,5 - 2 meter dan banyak yang sampai melewati atap rumah penduduk (BBC News, 2016).

Pada sepanjang Sungai Cimanuk belum ada

peringatan dini yang terintegrasi dengan baik. Maka dari itu perlu dan sangat dibutuhkan analisis banjir dimana adalah maksud dari penelitian ini yaitu untuk menentukan status level peringatan dini banjir di Kota Garut, untuk memberikan informasi dan peramalan kejadian banjir kepada masyarakat.

Ruang lingkup lokasi penelitian yaitu di Kawasan Kota Garut yang rawan banjir untuk rencana peringatan dini, yang dilalui oleh Sungai Cimanuk Hulu sepanjang 70 km.

Analisis pemodelan hidrologi dengan menggunakan program HEC-HMS v.4.2.1 dimodelkan pada DAS Cimanuk Hulu, yaitu dari Sungai Cimanuk di Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut sampai dengan Desa Cikarao, Kecamatan Wado, yang terletak di batas daerah genangan Waduk Jatigede Kabupaten Sumedang. Analisis pemodelan hidrolika dengan menggunakan program HEC-RAS v.5.0.3 dimodelkan mulai dari Bendung Cimanuk di Desa Mulyasari Kecamatan Bayongbong, hingga Bendung Copong di Desa Mekarsari Kecamatan Banyuresmi.

Analisis peringatan dini banjir di Sungai Cimanuk merupakan peringatan dini dengan indikator tinggi muka air berdasarkan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

METODOLOGI PENELITIAN

Pemahaman terhadap wilayah studi merupakan salah satu tahap penting dalam penelitian. Penelitian dimulai dari pengumpulan data berupa data sekunder dan data pendukung. Secara umum, prosedur penelitian ini dilakukan secara bertahap yaitu pengumpulan data, analisis hidrologi menggunakan program HEC-HMS v.4.2.1, analisis hidrolika menggunakan program HEC-RAS v.5.0.7 dan analisis peringatan dini banjir Kota Garut yang dilalui Sungai Cimanuk. Tahapan penelitian untuk selengkapnya pada **Gambar 1** berikut.

Jenis data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder dan data pendukung lainnya. Data sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi secara ilmiah pada instansi ataupun lembaga-lembaga yang terkait dalam perencanaan normalisasi sungai ini. Data sekunder biasanya merupakan arsip lama maupun data kondisi terbaru. Data sekunder pada penelitian ini yaitu:

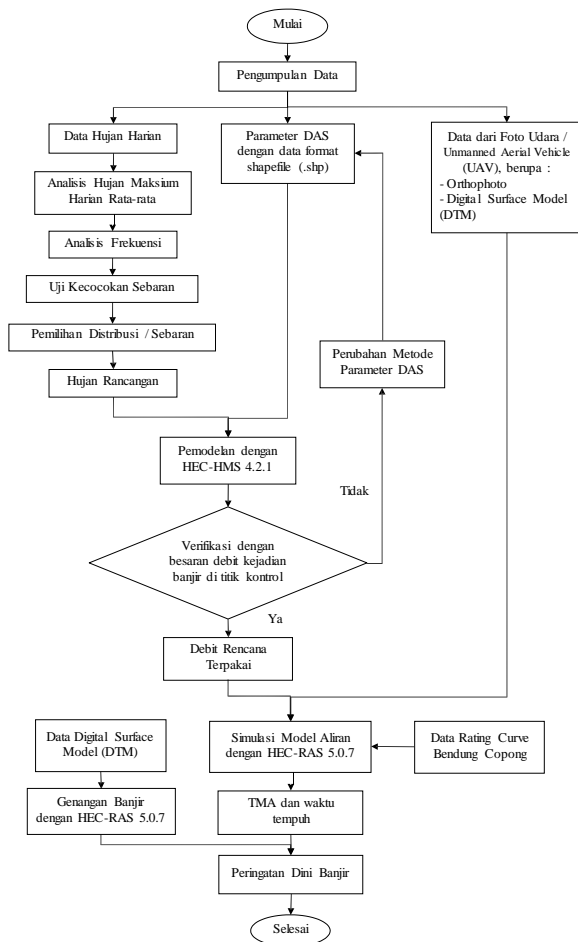
1. Data Hidrologi

Stasiun yang digunakan adalah sebanyak 11 stasiun hujan yang terletak di DAS Cimanuk Hulu, ditampilkan pada **Tabel 1**

berikut.

2. Data Hasil Foto Udara UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)

Data hasil foto udara menggunakan pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle*) mencakup data orthophoto dan DSM (*Digital Surface Model*) atau DTM (*Digital Terrain Model*). DSM merupakan model elevasi yang menampilkan ketinggian permukaan.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

Jika DTM hanya menampilkan *ground* (permukaan tanah tanpa apapun yang diatasnya) maka DSM menampilkan bentuk permukaan apapun yang ada seperti ketinggian pohon, bangunan dan objek apapun yang ada diatas tanah. Data hasil foto udara mencakup geometri sungai sepanjang 70 km dengan skala 1 : 5000.

Tabel 1. Stasiun Hujan yang Dipakai

Nama Sta.	Lokasi (Desa / Kelurahan,	DAS
Papandayan	Pakenjeng, Pamulihan	Luar DAS Cimanuk
Cikajang	Cikajang, Cikajang	Cimanuk Hulu
Bayongbong	Ciburuy, Bayongbong	Cimanuk Hulu
Samarang	Padasuka, Samarang	Cimanuk Hulu
Garut Kota	Ngamplangsari, Cilawu	Cimanuk Hulu
Limbangan	Majasari, Limbangan	Cimanuk Hulu
wWanaraja	Sadang, Wanaraja	Cimanuk Hulu

Nama Sta.	Lokasi (Desa / Kelurahan,	DAS
Sukawening	Caringin, Sukawening	Cimanuk Hulu
Leuweungtiis	Haruman, Leles	Cimanuk Hulu
Malangbong	Cibatu, Cibatu	Cimanuk Hulu
Cibatu	Wanakerta, Cibatu	Cimanuk Hulu

3. Data Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Garut 2014, diperoleh dari instansi Bappeda Kabupaten Garut
4. Data Peta Potensi Banjir Cimanuk-Cisanggarung, diperoleh dari instansi BBWS Cimanuk-Cisanggarung 2016
5. Data Peta RBI (Rupa Bumi Digital Indonesia) Lembar Darmaraja, Lembar Leles, Lembar Malangbong, Lembar Garut, Lembar Samarang dan Lembar Cikajang
6. Peta sungai dan anak-anak Sungai Cimanuk dalam format .shp
7. Data studi terdahulu
8. Data sekunder tambahan lainnya

Selain data sekunder, digunakan data pendukung yang merupakan data tambahan (tidak terhubung langsung dengan teknis perencanaan), sebagai bahan pertimbangan secara menyeluruh terhadap perencanaan, misalnya data hasil pengamatan dan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak yang terkait sehingga dapat diketahui kondisi nyatanya, kependudukan, data administrasi pemerintahan dan data tata guna lahan.

C. Analisis dan Pembahasan

Analisis penelitian ini secara garis besar dibagi menjadi 5 (lima) tahapan, yaitu pengolahan data hidrologi, simulasi model hidrologi dengan HEC-HMS, simulasi model hidrolika dengan HEC-RAS, analisis genangan banjir, simulasi untuk status peringatan dini banjir dan operasional sistem peringatan dini banjir.

1. Penentuan SubDAS Cimanuk Hulu

Analisis ini dimulai dengan penentuan SubDAS di DAS Cimanuk Hulu. Dalam penelitian ini dibagi menjadi 57 SubDAS. Pembagian SubDAS Cimanuk Hulu menggunakan program HEC-HMS ditampilkan pada Gambar 2. Total luas SubDAS Cimanuk Hulu adalah sebesar 1247 km². Titik kontrol untuk pemodelan hidrologi menggunakan program HEC-

HMS adalah di Bendung Cimanuk di Kecamatan Bayongbong.

Daerah yang akan diberikan peringatan dini adalah daerah yang tergenang akibat limpasan air Sungai Cimanuk di Kawasan Kota Garut, terutama di Kecamatan Tarogong dan Kecamatan Garut Kota.



Gambar 2. Pembagian SubDAS Cimanuk Hulu

2. Analisis Hujan DAS

Stasiun hujan yang digunakan untuk analisis hujan DAS adalah stasiun yang memiliki data hujan tahun 1998 sampai dengan tahun 2019 (22 tahun), kemudian dilakukan analisa hujan rata-rata metode poligon Thiessen. Rekapitulasi hujan maksimum harian rata-rata ditampilkan pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Hujan Maksimum Harian Rata-rata

Tahun	Hujan Max Harian Rata-rata DAS (mm)
1998	43
1999	33
2000	37
2001	40
2002	44
2003	49
2004	50
2005	59
2006	37
2007	36
2008	47
2009	78
2010	56
2011	51
2012	52
2013	54
2014	66
2015	38
2016	84
2017	28
2018	47
2019	60

Tahun	Hujan Max Harian Rata-rata DAS (mm)
2019	60

3. Penentuan Curve Number

Curve Number (CN) dan impervious pada Subdas Cimanuk ditentukan dengan menggunakan peta jenis tanah dan peta tata guna lahan Jawa Barat tahun 2012, yang kemudian di overlay menggunakan program ArcGIS 10.2.

Untuk melakukan overlay peta dengan ArcGIS, jenis tanah dan guna lahan harus dilakukan reklasifikasi. Reklasifikasi terhadap jenis tanah secara hidrologis berdasarkan laju infiltrasi, dimana jenis tanah dan guna lahan harus diklasifikasikan berdasarkan kategori A, B, C dan D. Selain jenis tanah, guna lahan atau tutupan lahan juga perlu dilakukan reklasifikasi berdasarkan USCS (Unified Soil Classification System).

4. Simulasi Model Hidrologi dengan HEC-HMS

Model HEC-HMS v.4.2.1 dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu DAS (Daerah Aliran Sungai). Pada basin model tersusun atas gambaran fisik daerah tangkapan air dan sungai. Elemen-elemen hidrologi berhubungan dengan jaringan yang mensimulasikan proses limpasan permukaan (*run off*).

Pada basin model ini dibutuhkan peta background yang dapat diimport dari CAD (Computer Aided Design) maupun GIS (Geografic Information System). Elemen - elemen yang digunakan untuk mensimulasikan limpasan adalah subbasin, reach, dan junction. Model hidrologi DAS Cimanuk Hulu dengan HEC-HMS ditampilkan pada **Gambar 3**

5. Verifikasi Hujan Kejadian Banjir

Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software HEC-HMS 4.2.1 pada DAS Cimanuk Hulu memberikan hasil yang hampir sesuai dengan kondisi atau parameter DAS Cimanuk Hulu yang sebenarnya. Titik kontrol yang digunakan untuk verifikasi hujan kejadian banjir adalah Bendung Cimanuk, AWLR Bojongloa dan Bendung Copong.



Gambar 3. Model Hidrologi DAS Cimanuk Hulu dengan HEC-HMS 4.2.1

Saat terjadi banjir di DAS Cimanuk Hulu yang mencapai puncak pada tanggal 21 September 2016, diketahui dari pencatatan data debit dan tinggi muka air pada titik kontrol yang ditampilkan pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Besaran Debit Puncak Tercatat pada Titik Kontrol

Titik Kontrol	Q saat banjir 2016 (m ³ /dt)	TMA saat banjir 2016 (m)
Bendung Cimanuk	628	3.95
AWLR Bojongloa	752.3	5.80
Bendung Copong	1006	6.62

Pada Bendung Cimanuk dengan tinggi mercu +1004 m, tinggi muka air tercatat diatas mercu saat kejadian banjir adalah 3.95 meter. Pada Stasiun Duga Air (AWLR) Bojongloa, tinggi muka air tercatat saat kejadian banjir adalah 5,80 meter dihitung dari pelampung terendah (1.5 meter) dari dasar sungai. Sedangkan pada Bendung Copong adalah bendung gerak, maka tinggi muka air saat kejadian banjir adalah 6.62 meter dari as bendung gerak.

Berdasarkan hasil simulasi awal yang telah dilakukan pada **Tabel 4**, maka dilakukan analisis perbandingan model hidrologi agar besaran debit hasil simulasi pada titik kontrol mendekati nilai yang tercatatat. Pada saat besaran nilai hasil simulasi sama dengan atau mendekati nilai debit puncak banjir tercatatat, maka parameter

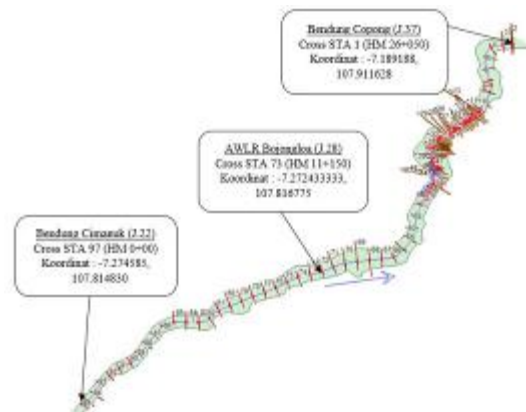
DAS dapat dinyatakan mewakili kondisi DAS yang sebenarnya.

Tabel 4. Hasil Simulasi Perbandingan Hujan Kejadian dan HEC-HMS

Titik Kontrol	Q saat banjir 2016 (m ³ /dt)	Q perhitungan HEC-HMS (Q100) (m ³ /dt)
Bendung Cimanuk	628	678.5 (J.22)
AWLR Bojongloa	752.3	740.1 (J.28)
Bendung Copong	1060	995.3 (J.37)

6. Simulasi Model Hidrolika dengan HEC-RAS

Untuk memodelkan hidrolika dengan HEC-RAS, yang dilakukan pertama kali adalah pemodelan geometri sungai yaitu peniruan alur sungai dan input data cross section penampang sungai. Alur Sungai Cimanuk yang akan di input adalah Sungai Cimanuk bagian hulu, yaitu dari STA 0 hingga STA 97. Cross STA 97 adalah Bendung Cimanuk dan STA 0 adalah Bendung Copong yang terletak di kawasan Perkotaan Garut. Jarak antara cross section di setiap STA berbeda-beda. Cross section dengan jarak yang lebih rapat terdapat pada alur sungai di kawasan Perkotaan Garut yang rawan banjir. Aliran sungai mengalir dari STA 97 menuju STA 0. Geometri sungai Cimanuk di kawasan Kota Garut ditampilkan pada **Gambar 4** berikut.

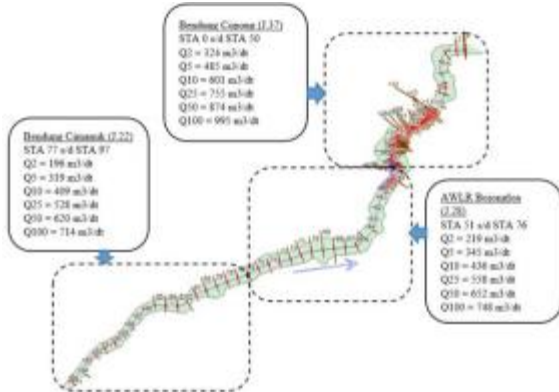


Gambar 4. Peniruan Geometri Sungai Cimanuk pada HEC-RAS

Setelah peniruan geometri sungai selesai, dilakukan input data debit rencana dari output program HEC-HMS. Data debit yang digunakan untuk running, terbagi menjadi 3 (tiga) masukan, yaitu pertama adalah debit dari STA 0 s/d STA 50, yang kedua adalah STA 51 s/d STA 76 dan yang ketiga adalah STA 77

s/d STA 97. Debit rencana yang dipakai untuk running HEC-RAS ditampilkan pada **Gambar 5**.

Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa daerah yang terkena banjir adalah pada 9 desa atau 6 kecamatan yaitu Kecamatan Bayongbong, Cisarupan, Cilawu, Tarogong, Garut Kota dan Banyuresmi. Hasil debit kala ulang penyebab banjir ditampilkan pada **Tabel 5** berikut.



Gambar 5. Debit Rencana yang Dipakai untuk Running HEC-RAS

Tabel 5. Hasil Simulasi Banjir Kala Ulang

River Station (STA)	Lokasi (Desa, Kecamatan)	Debit Kala Ulang Penyebab Banjir
92	Bayongbong Bayongbong	Q25, Q50, Q100
91	Cilea Bayongbong	Q5, Q10, Q25, Q50, Q100
79	Sukarame Bayongbong	Q25, Q50, Q100
43	Sukakarya Cisarupan	Q5, Q10, Q25, Q50, Q100
33	Sukajaya Cilawu	Q5, Q10, Q25, Q50, Q100
28	Jayawaras Tarogong	Q50, Q100
23	Pakuwon Garut Kota	Q10, Q25, Q50, Q100
18	Haurpanggung Tarogong	Q10, Q25, Q50, Q100
1	Mekarsari Banyuresmi	Q25, Q50, Q100

7. Analisis Genangan Banjir

Analisis genangan banjir menggunakan program HEC-RAS 2D yaitu program HEC-RAS versi 5. Data yang dibutuhkan adalah peta DEM yang diperoleh dari website Earth Explorer dan BBWS Cimanuk-

Cisanggarung. Genangan banjir di Sungai Cimanuk dengan kala ulang Q50 dan Q100 tahun menggunakan program HEC-RAS ditampilkan pada **Gambar 6** sampai dengan **Gambar 9** berikut.



Gambar 6. Genangan Banjir Sungai Cimanuk Kala Ulang Q50



Gambar 7. Genangan Banjir Sungai Cimanuk per Desa Kala Ulang Q50



Gambar 8. Genangan Banjir Sungai Cimanuk Kala Ulang Q100



Gambar 9. Genangan Banjir Sungai Cimanuk per Desa Kala Ulang Q100

Output genangan banjir kala ulang Q50 dan Q100 tahun berupa luas area genangan, yang bisa didapatkan dari attribute table menggunakan data shapefile (.shp) dengan menggunakan program ArcGIS v.10.2. Diperoleh total luas area genangan banjir Q50 tahun sebesar 2.976 km² dan Q100 sebesar 3.222 km². Genangan banjir di kawasan Kota Garut per desa dan kecamatan ditampilkan pada **Tabel 6** berikut ini.

Tabel 6. Luas Genangan Banjir Per Desa dan Kecamatan

Kecamatan	Desa / Kelurahan	Luas Genangan Banjir (m ²)	
		Q50 tahun	Q100 tahun
Banyuwangi		20293.016	23849.717
	Sukasenang	20293.016	23849.717
Bayongbong		1399784.028	1479376.409
	Bayongbong	48424.834	50717.426
	Ciela	94169.443	102531.294
	Cikedokan	67672.664	69336.361
	Karyajaya	263124.935	274449.511
	Mekarjaya	110257.799	114144.066
	Mekarsari	54221.619	64409.066
	Panembong	240797.808	261656.550
	Salakurai	120113.813	127283.618
Cilawu		123783.084	143181.883
	Sukarame	8163.262	8687.824
	Sukasenang	392837.851	406160.693
Garut Kota		620826.292	687343.725
	Muarasanding	216306.526	227859.577
Taronggong Kidul		812070.341	888652.170
	Pakuwon	53692.357	73147.165
	Paminggir	182754.032	195219.079
	Sukamantri	168073.377	191117.904
	Sukakarya	347250.568	381677.255
Grand Total		2976756.761	3222403.904

8. Simulasi Peringatan Dini Banjir Kota Garut

Indikator yang digunakan dalam simulasi peringatan dini banjir adalah indikator tinggi muka air. Indikator tinggi muka air digunakan sebagai indikator karena memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan indikator curah hujan. Juga mudah dipahami oleh masyarakat.

Tinggi muka air diamati pada Bendung Cimanuk akan dijadikan acuan pada peringatan dini banjir Sungai Cimanuk, dimana hasil simulasi banjir pada setiap kala ulang pada lokasi tinjauan, maka peringatan dapat direncanakan berdasarkan waktu akan mulai meluapnya Sungai Cimanuk akibat banjir kala ulang.

Terdapat 4 (empat) status level peringatan dini dan penamaan istilah kriteria status level tersebut pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Siaga Banjir I (status level Normal), apabila kondisi muka air dengan ketinggian 2.5 meter di bawah permukaan tanggul (tinggi jagaan 2.5 meter).
- Siaga Banjir II (status level Waspada), apabila kondisi muka air dengan ketinggian 1.5 meter dari permukaan tanggul (tinggi jagaan 1.5 meter).
- Siaga Banjir III (status level Siaga), apabila kondisi muka air dengan ketinggian 0.5 meter dari permukaan tanggul (tinggi jagaan 0.5 meter).
- Siaga Banjir IV (status level Awas), apabila kondisi muka air dengan ketinggian yang sama dengan tinggi tanggul hingga melimpas

Sket 4 (empat) status level peringatan dini tersebut ditampilkan pada **Gambar 10** diambil pada STA 92 di Desa Bayongbong (HM. 32+00).



Gambar 10. Sket Status Peringatan Dini di Desa Bayongbong (HM. 32+00)

Pada tabel simulasi banjir, dilakukan pengecekan debit kala ulang berapa yang menyebabkan banjir di setiap cross section, kemudian bandingkan hasil output HEC-RAS yaitu W.S. Elv (Water Surface Elevation) dengan tanggul kanan dan kiri tiap penampang sungai. Apabila W.S Elv > LOB & ROB, maka cross sungai dinyatakan banjir.

Ada 25 desa yang berada di daerah sempadan Sungai Cimanuk Hulu, dari titik kontrol Bendung Cimanuk sampai dengan Bendung Copong. Dari 25 desa tersebut terdapat 9 desa di kawasan Kota Garut yang terdampak banjir di Sungai Cimanuk Hulu. Hasil simulasi banjir ditampilkan pada **Tabel 7** dan Skema Peringatan Dini ditampilkan pada **Gambar 11**.

9. Operasional Sistem Peringatan Dini Banjir Sungai Cimanuk di Kota Garut

Tujuan peringatan dini yang berbasis masyarakat adalah untuk memberdayakan individu dan masyarakat yang terancam bahaya untuk bertindak dalam waktu yang cukup dan dengan cara yang tepat untuk mengurangi kemungkinan terjadinya korban luka, hilangnya jiwa serta rusaknya harta benda dan lingkungan (BNPB, 2012).

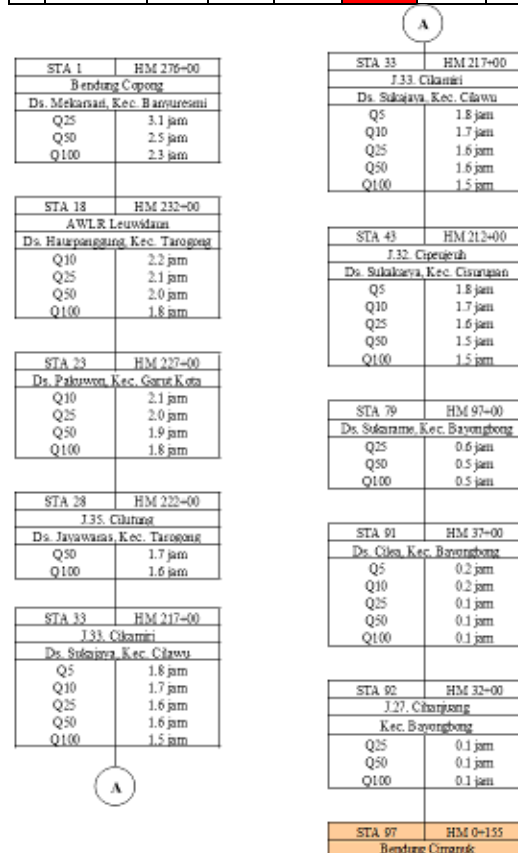
Sebagai lokasi acuan yang digunakan sebagai indikator tinggi muka air peringatan dini banjir berdasarkan debit banjir kala ulang, Bendung Cimanuk perlu diberikan kondisi batas peringatan.

Penentuan kondisi batas mengacu pada empat status peringatan yaitu Normal, Waspada, Siaga, dan Awas. Pada sistem peringatan dini, status peringatan tersebut dapat diberikan tanda dengan warna yaitu warna biru untuk status Normal, warna hijau untuk status waspada, warna kuning untuk status siaga dan warna merah untuk status awas.

- a) **Kondisi level waspada** merupakan suatu keadaan dimana terjadi peningkatan ancaman dan resiko yang dibuktikan dengan hasil analisis data-data dan informasi ilmiah yang menunjukkan aktifitas ancaman diatas rata-rata dari kondisi normal. Pada Kondisi ini, jika hujan terjadi pengamat pos curah hujan memantau ketinggian hujan dan kapan hujan mulai dan berhenti, hingga diketahui durasinya.

Tabel 7. Hasil Simulasi Banjir Kota Garut pada Cross Section Sungai Cimanuk

NO.	LOKASI (DESA, KECAMATAN)	HM	LOKASI PEMUKI MAN	ELEVASI PEMUKI MAN (± m)	STATUS BENCANA	TMA DI CS	TMA DI BD. CIMANUK
1	Bayongbong, Bayongbong	32+00	Kanan Sungai	976.6	Normal	974.27	1006.95
					Waspada	975.27	1007.95
					Siaga	976.27	1008.95
					Awas	976.77	1009.45
2	Cilea, Bayongbong	37+00	Kanan Sungai	972.3	Normal	970.27	1005.82
					Waspada	971.27	1006.82
					Siaga	972.27	1007.82
					Awas	972.47	1008.32
3	Sukarame, Bayongbong	97+00	Kanan Sungai	901.0	Normal	898.80	1006.95
					Waspada	899.80	1007.95
					Siaga	900.80	1008.95
					Awas	901.30	1009.45
4	Sukakarya, Cisarupan	212+00	Kiri Sungai	735.0	Normal	730.26	1005.82
					Waspada	731.26	1006.82
					Siaga	732.26	1007.82
					Awas	732.76	1008.32
5	Sukajaya, Cilawu	217+00	Kiri Sungai	730.0	Normal	729.40	1005.82
					Waspada	730.40	1006.82
					Siaga	731.40	1007.82
					Awas	731.90	1008.32
6	Jayawaras, Tarogong	222+00	Kiri Sungai	728.0	Normal	729.14	1007.40
					Waspada	730.14	1008.40
					Siaga	731.14	1009.40
					Awas	731.64	1009.90
7	Pakuwon, Garut Kota	227+00	Kanan Sungai	727.0	Normal	725.56	1006.33
					Waspada	726.56	1007.33
					Siaga	727.56	1008.33
					Awas	728.06	1008.83
8	Haurpanggung, Tarogong	232+00	Kiri Sungai	723.0	Normal	723.30	1006.33
					Waspada	724.30	1007.33
					Siaga	725.30	1008.33
					Awas	725.80	1008.83
9	Mekarsari, Banyuresmi	276+00	Kiri Sungai	707.0	Normal	704.70	1006.95
					Waspada	705.70	1007.95
					Siaga	706.70	1008.95
					Awas	707.20	1009.45



Gambar 11. Skema Peringatan Dini Banjir di Kota Garut

- b) **Kondisi level siaga** yaitu kondisi dimana terjadi peningkatan ancaman dan resiko yang signifikan tetapi masih dapat dikendalikan sehingga sewaktu jika status kedaruratan dinaikan levelnya, maka seluruh sumber daya dapat segera dikerahkan untuk melakukan penyelamatan dan evakuasi masyarakat serta pengamanan asset. Pada kondisi ini, petugas posko dan petugas di lokasi yang berpotensi terdampak luapan Sungai Cimanuk sudah harus memberikan informasi kepada masyarakat untuk berkemas misalnya mengemas surat-surat dan barang berharga, pakaian dan makanan untuk persiapan mengungsi beberapa hari, jika terdapat anak kecil dan orang lanjut usia segera disiapkan segala kebutuhannya, barang-barang berharga yang tidak dapat dibawa untuk mengungsi agar ditempatkan di tempat yang lebih tinggi yang tidak terjangkau air jika banjir terjadi, dan menyiapkan kendaraan seperti motor dan mobil.
- c) **Kondisi level awas** adalah kondisi dengan tingkat ancaman dan resiko sedemikian tinggi sehingga membahayakan masyarakat dimana pada kondisi ini evakuasi sudah dilakukan. Evakuasi dilakukan oleh petugas di lapangan dengan bantuan berbagai pihak. Masyarakat yang terkena dampak banjir harus evakuasi ke tempat yang lebih aman yaitu ketempat disekitar desa/kelurahan yang elevasi ketinggian lokasi nya lebih tinggi dari tinggi muka air maksimum yang dapat terjadi di desa atau kelurahan tersebut.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hujan yang dapat menyebabkan banjir di Kota Garut adalah hujan dengan kala ulang lebih besar atau sama dengan, yaitu:
 - a. Kala ulang 5 tahun di Desa Cilea Kecamatan Bayongbong, Desa Sukakarya Kecamatan Cisurupan dan Desa Sukajaya di Kecamatan Cilawu
 - b. Kala ulang 10 tahun di Desa Pakuwon Kecamatan Garut Kota dan Desa

- Haurpanggung Kecamatan Tarogong
 - c. Kala ulang 25 tahun di Desa Bayongbong Kecamatan Bayongbong, Desa Sukarame Kecamatan Bayongbong dan Desa Mekarsari Kecamatan Banyuresmi
 - d. Kala ulang 50 tahun di Desa Jayawaras Kecamatan Tarogong
2. Desa yang berada di luar Kawasan Kota Garut, yang memiliki waktu tempuh yang paling cepat untuk evakuasi adalah:
 - a. Desa Bayongbong (STA 92) dan Desa Cilea (STA 91) di Kecamatan Bayongbong, yaitu 0.1 jam (6 menit) jika banjir terjadi dengan $Q \geq Q50$ tahun
 - b. Desa yang berada di dalam Kawasan Kota Garut, yang memiliki waktu evakuasi paling cepat adalah Desa Sukakarya dan Desa Cisurupan di Kecamatan Bayongbong, yaitu 1.5 jam (90 menit) jika banjir terjadi dengan $Q \geq Q50$ dan $Q100$ tahun.
 3. Luas area genangan banjir di Sungai Cimanuk pada kawasan Kota Garut dengan kala ulang 50 tahun adalah sebesar 2.976 km², dan kala ulang 100 tahun adalah sebesar 3.222 km².
 4. Sistem peringatan dini banjir yang digunakan pada Kota Garut di DAS Cimanuk Hulu adalah dengan indikator tinggi muka air sebagai acuan peringatan, dengan status level peringatan dini yaitu :
 - a. Siaga Banjir I (status level Normal), apabila kondisi muka air dengan ketinggian 2.5 meter di bawah permukaan tanggul (tinggi jagaan 2.5 meter).
 - b. Siaga Banjir II (status level Waspada), apabila kondisi muka air dengan ketinggian 1.5 meter dari permukaan tanggul (tinggi jagaan 1.5 meter).
 - c. Siaga Banjir III (status level Siaga), apabila kondisi muka air dengan ketinggian 0.5 meter dari permukaan tanggul (tinggi jagaan 0.5 meter).
 - d. Siaga Banjir IV (status level Awas), apabila kondisi muka air dengan ketinggian yang sama dengan tinggi

tanggul hingga melimpas

5. Level peringatan banjir ditentukan berdasarkan saat air Sungai Cimanuk mulai meluap pemukiman di 6 (enam) kecamatan.

Saran

Saran yang dapat diberikan mengacu pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Desa Bayongbong (STA 92) dan Desa Cilea (STA 91) di Kecamatan Bayongbong mempunyai waktu tempuh hanya sebesar 0.1 jam (6 menit) jika banjir terjadi dengan $Q \geq Q_{50}$ tahun, karena Bendung Cimanuk sebagai titik kontrol berada di lokasi yang dekat dengan Kecamatan Bayongbong. Maka diperlukan beberapa tambahan Pos Pengamat TMA di bagian hulu Bendung Cimanuk.
2. Untuk menambah waktu tempuh supaya memperoleh hasil peringatan dini secara komprehensif, perlu diteliti lebih lanjut dan dipasang beberapa tambahan Pos Pengamat TMA di anak-anak Sungai Cimanuk.
3. Penelitian ini tidak mengkaji proses evakuasi dan mitigasi bencana selain peringatan dini, sehingga untuk kepentingan pengelolaan bencana alam diperlukan penelitian lebih lanjut terkait hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwi, Iping Mariandana. 2016. Analisis Perencanaan Peringatan Dini Banjir di Sungai Cimanuk. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Aziz, M. A. F., 2014. Analisis Waktu Perjalanan Banjir Bengawan Solo. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- BNPB, 2012. Pedoman Sistem Peringatan Dini Berbasis Masyarakat. Jakarta: BNPB.
- Br., Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Br., Sri Harto. 2000. Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian. Yogyakarta: Nafiri.
- Chow, V., Maidment, D. & Mays, L., 1988. Applied Hydraulogy. New York: McGraw Hill Inc.
- Feldman, A. D., 2000. Hydrologic Modeling System HEC-HMS Technical Reference Manual. USA: HEC USACE.
- Hadisusanto, N., 2010. Aplikasi Hidrologi. Malang: Jogja Mediautama.
- Indarto, 2010. Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Istiarto, 2012. Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. [Online] Available at: <http://istiarto.staff.ugm.ac.id/> [Accessed 2020].
- Istiarto. 2018. Simulasi Aliran 1 Dimensi dengan Bantuan HEC-RAS. Yogyakarta: UGM
- Kementerian Pekerjaan Umum (PSN 2012). 2012. Pedoman Penyusunan Sistem Peringatan Dini dan Evakuasi untuk Banjir Bandang
- Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2007. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. Peramalan Banjir dan Peringatan Dini
- Kodoatie, R.J. dan Sugiyanto, 2002. Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Limantara, L. M., 2010. Hidrologi Praktis. Bandung: Penerbit Lubuk Agung.
- Muslimin, Immawan. 2010. Peringatan Dini Banjir Sungai Babak Untuk Pengurangan Resiko Bencana di Kabupaten
- Lombok Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Mutaqin, R. Z. 2014. Kajian Pengendalian Banjir DAS Ciujung. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Peraturan Pemerintah No. 21. 2008. Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana
- Setyawan, N., 2010. Kajian Sistem Peringatan Dini Banjir di Daerah Aliran Sungai Garang. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Soemarto, C.D. 1987. Hidrologi Teknik. Surabaya: Usaha Nasional
- Soewarno, 1995. Hidrologi. Bandung: Penerbit Nova.
- Sujono, J., 2009. Petunjuk Singkat

Aplikasi HEC-HMS Versi 3.3. Yogyakarta:
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
Suripin. 2003. Sistem Drainase
Perkotaan Berkelanjutan. Yogyakarta:
ANDI

Triatmodjo, B., 2008. Hidrologi
Terapan. Yogyakarta: Beta Offset.