

Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir

Devita Eka Zulfiatus Sholikha¹, Sutoyo^{1*} dan Maulana Ibrahim Rau¹

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia Pos

* Penulis koresponden: sutoyo@apps.ipb.ac.id

Abstrak: Sungai Cisadane berpotensi menimbulkan banjir di Tangerang, khususnya Bendungan Pasar Baru hingga Jembatan Kedaung. Hal ini disebabkan oleh penyempitan aliran dan pendangkalan sungai di hilir, serta perubahan penggunaan lahan di sepanjang bantaran Sungai Cisadane. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi, kedalaman, dan sebaran genangan air menggunakan model aliran permanen keluaran HEC-RAS (1D) pada tanggal 26 Februari 2020 dan untuk debit dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Pemodelan terdiri dari 3 tahap yaitu pre-processing, running model HEC-RAS, dan post-processing. Hasilnya menunjukkan banjir pada 26 Februari 2020 melanda hingga 11 kelurahan. Kedalaman dan luasan wilayah terdampak terbesar terjadi di Desa Kedaung Barat dengan luas genangan 3,41 ha (0,01% dari luas desa). Kedalaman dan luas banjir masing-masing meningkat 0,1-0,2 m dan 20-50 ha seiring dengan bertambahnya periode ulang debit. Keakuratan keluaran model hanya 32%. Ketidaktepatan hasil model disebabkan penggunaan data DEM resolusi rendah sebagai input model.

Kata kunci: DEMNAS; HEC-GeoRAS; periode ulang; sentinel-1A

1. Pendahuluan

Banjir merupakan masalah tahunan dan memberikan pengaruh besar terhadap kondisi masyarakat baik secara ekonomi, sosial maupun lingkungan. Banjir pada umumnya terjadi akibat meluapnya air sungai atau ketidakmampuan sungai untuk menampung air sungai yang berlebih karena curah hujan yang tinggi. Banjir sebagai akibat dari meluapnya atau meningkatnya debit sungai telah banyak menimbulkan kerusakan, baik dari kerusakan lingkungan alami maupun lingkungan buatan. Banjir mempengaruhi 2,3 miliar orang dalam rentang waktu 16 tahun (2000-2015) dengan tingkat kematian dan kerusakan masing-masing 20,4% dan 19,3% serta mengakibatkan kerugian sebesar \$70,1 [1].

Tangerang merupakan salah satu wilayah yang berada di DAS Cisadane. DAS Cisadane merupakan salah satu sungai utama di Provinsi Banten dan Jawa Barat. Salah satu permasalahan utama di DAS Cisadane adalah adanya genangan banjir di sepanjang sungai. Menurut [2] kepadatan penduduk adalah faktor paling berpengaruh terhadap banjir, diikuti oleh parameter tutupan lahan.

Tangerang merupakan kota terbesar ketiga di kawasan perkotaan Jabodetabek setelah Jakarta dengan luas 129.468 Ha, terdiri atas wilayah kota 18.378 Ha dan kabupaten 111.090 Ha. Tangerang merupakan pusat manufaktur dan industri yang memiliki lebih dari 1000 pabrik. Oleh karena itu, bencana

Diterima: 24 Februari 2022

Disetujui: 19 Juli 2022

Sitasi:

Sholikha, D.E.Z.; Sutoyo; Rau, M.I.
Pemodelan Sebaran Genangan Banjir Menggunakan HEC-RAS di Sub DAS Cisadane Hilir. *J. Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2022; 7 (2): 147-160.,
<https://doi.org/10.29244/jsil.7.2.147-160>

banjir menjadi ancaman bagi penduduk Kota dan Kabupaten Tangerang, selain menghambat aktivitas penduduk dan mengancam keselamatan jiwa, banjir juga dapat memutus perekonomian dan menimbulkan kerugian akibat kerusakan properti. Beragam wabah dan gangguan kesehatan juga akan muncul apabila terjadi bencana banjir. Salah satu upaya dalam mencegah dan mengurangi kerugian banjir adalah dengan memberikan informasi yang dapat dipercaya kepada publik terkait risiko banjir melalui peta genangan banjir [3].

Pemodelan genangan banjir dilakukan dengan model hidrolika yang terintegrasi dengan SIG (Sistem Informasi Geografis). Salah satu model hidrolika yang terintegrasi dengan SIG adalah model HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center River Analysis System*). HEC-RAS merupakan satu model hidrolika yang dapat memodelkan aliran sungai dalam bentuk satu dimensi. HEC-RAS merupakan model hidrolika yang efisien dalam penggunaan dan cepat dalam perhitungannya, sehingga model HEC-RAS banyak digunakan dalam pemodelan sebaran genangan banjir. Oleh karena itu, HEC-RAS digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi lokasi, kedalaman dan luas sebaran genangan banjir di Sungai Cisdane khususnya Bendung Pasar Baru sampai dengan Jembatan Kedaung.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan tempat

Penelitian ini dilakukan dari bulan Maret sampai Juni 2021. Lokasi penelitian bertempat di Sungai Cisdane Bendung Pasar Baru samapi Jembatan Kedaung (3483,6 m). Pengolahan data dan pengintegrasian hasil olahan data dilakukan di Laboratorium Komputer, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat computer yang dilengkapi perangkat lunak Ms. Excel, Ms. Office, Software Geographic Information System (GIS), ArcMap 10.4 terintegrasi HEC-GeoRAS, Google Earth Pro, Crystal Ball, SNAP, dan Software HEC-RAS 5.0.7. Data yang digunakan meliputi DATA Digital Elevation Model (DEM) 10 x 10 m², geometri sungai hasil olahan data DEM di ArcMap, debit Sungai Cisdane yang dipantau dari Bendung Pasar Baru tahun 2000-2019, peta jaringan Sungai Cisdane, peta batas DAS Cisdane, peta citra radar Sentinel 1-A, peta tata guna lahan Kota Tangerang dan Kabupaten Tangerang, peta batas administrasi Kota Tangerang dan Kabupaten Tangerang.

2.3. Prosedur Analisis Data

2.3.1. Tahap Persiapan Data

Data awal yang harus dipersiapkan dalam pemodelan wilayah banjir yaitu data DEMNAS resolusi 10 x 10 m² dan peta Sungai Cisdane. Morfologi sungai yang digunakan yaitu Sungai Cisdane Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung. Data DEMNAS yang diperoleh harus disesuaikan dengan proyeksi koordinat yang dibutuhkan sesuai dengan wilayah kajian yaitu UTM 48 Southern pada koordinat sistem proyeksi dan data tersebut harus di konversi dalam bentuk *Triangulated Irregular Network (TIN)* untuk membuat geometri sungai. Data debit rata-rata harian outlet Bendung Pasar Baru selama 20 tahun.

2.3.2. Analisis Data Debit

Analisa data debit bertujuan untuk mengetahui distribusi dari data debit yang tersedia, sehingga dapat menentukan debit setiap periode ulang. Penentuan jenis dapat dilakukan secara manual dengan Ms. Excel atau menggunakan software Crystal Ball yang teintegrasi dengan Ms. Excel. Jenis distribusi dapat dikerahui berdasarkan tiga parameter uji statistik (Andreson-Darling, Kolmogrov-Smirnov dan

Chi-Square). Data yang digunakan merupakan data debit rata-rata harian maksimum tahunan selama 20 tahun dari 2000 sampai 2019. Namun sebelum mencari periode ulang debit banjir dilakukan terlebih dahulu uji kecocokan antara model distribusi empiris dan historis yang diperoleh dengan empat belas jenis distribusi peluan teoritis yang tersedia dalam Crystall Ball. Jenis distribusi yang terpilih merupakan distribusi dengan nilai parameter statistic terendah. Kesalahan pemilihan jenis distribusi akan menyebabkan kesalahan perkiraan yang cukup besar, baik over estimated maupun under estimated. Jenis distribusi yang terpilih kemudian digunakan untuk menentukan debit setiap periode ulang kejadian banjir. Hasil distribusi empiris yang diperoleh dari perangkat lunak statistik, dapat diekstrak nilai parameter bentuk a dan parameter skala b dari distribusi peluang yang terpilih menjadi suatu fungsi distribusi kumulatif (cumulative distribution function, cdf) seperti ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$P = F(x|a, b) \quad (1)$$

dimana P merupakan peluang cdf; F merupakan fungsi dari distribusi peluang kumulatif tertentu (gamma, log normal, log person type III, normal, dan lain sebagainya); x menunjukkan data yang dianalisis seperti data debit harian; a dan b merupakan nilai parameter distribusi peluang

Setelah nilai parameter distribusi dan fungsi kumulatif diperoleh, maka dapat ditentukan besarnya debit historis berdasarkan periode ulang dengan cara melakukan invers terhadap fungsi distribusi kumulatif (invers cumulative distribution function, icdf) dengan komponen inputnya berupa parameter distribusi nilai periode ulang yang telah ditetapkan yaitu 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun dengan persamaan icdf dapat ditulis sebagai Persamaan (2).

$$X = F^{(-1)}(p|a, b) \quad (2)$$

dimana x merupakan nilai data atau debit dari periode ulang tertentu; $F^{(-1)}$ merupakan fungsi inverse cdf; p merupakan peluang; a dan b merupakan nilai parameter distribusi peluang.

2.3.3. Pemodelan Wilayah Banjir

Model yang digunakan dalam simulasi distribusi banjir yaitu model HEC-RAS yang terintegrasi dengan HEC-GeoRAS sebagai pre dan post-processing. Perangkat HEC-GeoRAS digunakan untuk penentuan parameter geometrik. Software HEC-GeoRAS memungkinkan pengguna untuk melakukan geometri aliran yang ditentukan berdasarkan topografi aslinya. Parameter seperti penampang, bank, cross section serta parameter hidrolik dihitung untuk diimpor ke HEC-RAS. HEC-RAS dirancang untuk menampilkan model hidrolika satu dimensi (1D) aliran permanen maupun tak permanen. Model HEC-RAS dapat digunakan untuk pemetaan sebaran banjir. Output dari model ini dapat berupa tabel, grafik dan gambar.

2.3.4. Pemodelan Running Model HEC-RAS dan Post-Processing

2.3.4.1. Pre-Processing

Pre-Processing merupakan proses peniruan geometri sungai yang dapat dilakukan pada software ArcMap terintegrasi HEC-GeoRAS dengan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM); Data geometri tersebut sebagai input data HEC-RAS dan merupakan kerangka yang mendefinisikan dan mengidentifikasi suatu sungai untuk melakukan perhitungan numeric pada model HEC-RAS.

2.3.4.2. Running HEC-RAS

Peniruan aliran dilakukan pada HEC-RAS untuk menentukan profil muka air di sepanjang alur penampang melintang sungai. Data yang diperlukan yaitu data geometri sungai yang telah dibuat pada tahap pre-processing, data debit setiap periode ulang dan debit tanggal tertentu. Kondisi batas yang digunakan

untuk menentukan permukaan air mula-mula disetiap ujung sistem sungai (hulu dan hilir), terdiri dari empat tipe kondisi batas yaitu Known Water Surface Elevation, Critical Depth, Normal Depth dan Rating Curve, regime aliran dan koefisien Manning (n) untuk setiap penampang yang bisa dapatkan data landuse. Koefisien Manning adalah parameter paling penting dari model HEC-RAS 1D dalam estimasi genangan banjir. Profil muka air pada aliran permanen dapat diperoleh dengan perhitungan hidrolika menggunakan persamaan energi antara dua penampang melintang yang dituliskan dalam persamaan 3 [4].

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (3)$$

dimana Y_1, Y_2 = kedalaman aliran, Z_1, Z_2 = elevasi dasar saluran, V_1, V_2 = kecepatan rata-rata, $\alpha_1 \alpha_2$ = koefisien, g = percepatan, h_e =kehilangan energi.

Profil aliran yang menunjukkan komponen aliran sesuai dengan variabel. Perhitungan muka air pada HEC-RAS hanya cocok untuk alur sungi dengan kemiringan kecil karena kedalaman aliran diukur ke arah vertikal [4].

Kehilangan tinggi energi (h_e) diantara dua penampang terdiri dari dua komponen, yaitu kehilangan energi karena gesekan (friction losses) dan kehilangan energi karena perubahan penampang (contraction or expansion losses). Kehilangan energi antar penampang dinyatakan dengan Persamaan (4).

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (4)$$

dimana L =panjang ruas sungai antar kedua penampang yang diberi bobot menurut debit, \bar{S}_f = representative friction slope antar kedua penampang, C = koefisien kehilangan energi akibat perubahan tampang (kontraksi dan ekspansi).

Kehilangan energi akibat gesekan merupakan hasil perkalian kemiringan garis energi dengan panjang penggal sungai. Kemiringan garis energi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (5).

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (5)$$

dimana Q = debit aliran, K = kapasitas angkut tiap bagian penampang

Kapasitas angkut penampang dan kecepatan rata-rata aliran dihitung dengan membagi penampang menjadi 3 bagian yaitu bantaran kiri (left overbank), alur utama (main channel) dan bantaran kanan (right overbank), alur utama (main channel) dan bantaran kanan (right overbank). Koefisien Manning n ditetapkan pada setiap bagian tampang sungai dan dihitung berdasarkan persamaan (6) dan (7).

$$Q = K \bar{S}_f^{1/2} \quad (6)$$

$$K = \frac{1}{n} A R^{2/3} \quad (7)$$

dimana n = koefisien kekasaran Manning, A = luas tampang basah tiap bagian, R = radius hidraulik

Penentuan regim aliran pada HEC-RAS menggunakan perbandingan gaya-gaya inersia dan gravitasi atau dikenal sebagai bilangan Froude, sesuai Persamaan (8).

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (8)$$

dimana V = koefisien kekasaran Manning, g = luas tampang basah tiap bagian, L = radius hidraulik.

2.3.4.3. Post-Processing

Tahap post-processing merupakan proses pemetaan wilayah sebaran banjir yang dilakukan pada software ArcMap yang terintegrasi dengan HEC-GeoRAS dari simulasi aliran pada HEC-RAS. Batas dataran banjir dan kedalaman genangan diperoleh dari elevasi permukaan air pada cross section aliran. Hasil keluaran HEC-RAS masih dalam format file .sdf yang tidak dapat dibaca oleh HEC-GeoRAS, sehingga keluaran HEC-RAS harus diimpor terlebih dahulu menjadi format file .XML. Import HEC-RAS menghasilkan cross section dan bounding polygon berfungsi membatasi genangan banjir dan titik akhir penampang melintang paling luar.

2.3.4.4. Analisis Sebaran Banjir

Analisis sebaran banjir dilakukan dengan cara menghitung luas area sebandan kedalaman banjir di setiap wilayah genangan pada debit tanggal 1 Februari 2020 dan debit periode ulang banjir. Sebaran banjir yang telah di export ke dalam ArcMap kemudian diproses dengan menggunakan teknik GeoProcessing yang terdapat pada ArcMap seperti union, intersection, merge, dan clip, setelah itu dioverlay dengan peta administrasi Kota Tangerang. ArcMap akan menghitung poligon-poligon kecil terkait sumber banjir dan mengakumulasiannya di setiap kelurahan yang hasilnya berupa luas genangan.

2.3.4.5. Koreksi Model

Koreksi model dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan keluaran model tersebut dengan distribusi banjir sebenarnya. Koreksi model dianalisis menggunakan informasi banjir yang diekstrak dari data citra radar Sentinel -1 A. Kejadian banjir yang terjadi di tanggal tertentu pada citra radar Sentinel-1A disesuaikan dengan sebaran banjir pada periode ulang tertentu hasil keluaran model. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian luas genangan hasil model dengan hasil kejadian sebenarnya. Tingkat kesesuaian diuji dengan metode [5] berdasarkan persamaan (9).

$$F = \frac{\text{Num}(S_{\text{mod}} \cap S_{\text{sobs}})}{\text{Num}(S_{\text{mod}} \cup S_{\text{sobs}})} \times 100 \quad (9)$$

dimana S_{mod} = pixel banjir berdasarkan hasil model, S_{sobs} = pixel banjir berdasarkan hasil observasi pada citra satelit, Num = jumlah anggota himpunan.

Nilai F bervariasi dari rentang 0 sampai 100%. Semakin baik tingkat kesesuaian lokasi genangan banjir model dengan observasi maka semakin besar nilai F. Apabila nilai F mencapai 100% maka data model memiliki kesesuaian yang sempurna dengan data observasi, sedangkan apabila nilai F mendekati 0% maka hasil data model tidak memiliki kesesuaian dengan hasil observasi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Profil Wilayah Kajian

Penelitian ini adalah pada Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung dengan luas daerah 3.890,72 ha mencakup 12 kelurahan yang menyebar di Kota Tangerang dan Kabupaten Tangerang dengan panjang sungai 6 km. Secara geografik Bendung Pasar Baru – Jembatan Kedaung berada di 106°37'42.38" - 106°36'50.39" Bujur Timur dan 6° 7'40.81" - 6° 9'34.48" Lintang Selatan. Elevasi wilayah kajian berada pada rentang -5 – 40 m di atas permukaan laut (mdpl) dengan kemiringan 0 – 8%. Penggunaan lahan wilayah kajian didominasi oleh pemukiman dengan presentase ±90%. Berdasarkan pengamatan, lokasi kajian segmen Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung merupakan wilayah padat penduduk. Jumlah penduduk sepanjang Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung adalah 150.000 jiwa yang tinggal di bantaran Sungai Cisadane, yaitu sekitar Karawaci, Batu Ceper hingga Sepatan Timur.

Berdasarkan peta tutupan lahan DAS Cisadane hilir tahun jenis tanah pada wilayah kajian didominasi oleh tanah latosol coklat dengan presentase 100%. Jenis tanah pada suatu daerah sangat berpengaruh dalam proses penyerapan air atau yang biasa disebut proses infiltrasi. Semakin besar daya serap atau infiltrasinya terhadap air maka tingkat kerawanan banjirnya akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya [6]. Jenis tanah latosol masuk dalam klasifikasi infiltrasi agak peka, dimana tingkat kerawanan banjirnya tergolong agak rawan [7].

Berdasarkan peta penutupan lahan terlihat bahwa dari 28.500 ha Kabupaten Tangerang yang berada pada DAS Cisadane, sawah merupakan penutupan lahan yang paling luas yaitu seluas 9479 ha atau 33% dari luas Kabupaten Tangerang pada DAS Cisadane. Penutupan lahan lainnya adalah pemukiman (31,7%), tambak (11%) dan bandara (1%). Keempat penutupan lahan tersebut rentan terhadap banjir, baik karena permukaan tanah yang menjadi kedap atau jenuh terhadap air. Seperti Kabupaten Tangerang, sluruh Kota Tangerang (8504,90 ha) juga sangat rentan terhadap bahaya banjir. Dari luasan tersebut 61% adalah pemukiman 18% adalah sawah dan 17% adalah bandara.

3.2. Analisis Data Debit

3.2.1. Analisis Distribusi Peluang Debit

Analisis distribusi peluang debit dilakukan untuk mendapatkan nilai debit tiap periode ulang. Software yang digunakan untuk pembangkit data debit adalah Crystall Ball. Crystall Ball adalah aplikasi spreadsheet yang menggunakan teknik stokastik sehingga dapat membangkitkan angka-angka acak yang diberikan dari sebaran yang ditetapkan dalam sel-sel tertentu (sel asumsi) dan perhitungan formula dilakukan pada sel lain (sel forecast) [8]. Berdasarkan hasil uji kecocokan debit rata-rata harian dengan menggunakan Crystall Ball menunjukkan bahwa data tersebut lebih condong ke arah model distribusi lognormal.

Berdasarkan uji statistik Anderson-Darling (AD), Kolmogrov-Smirnov (K-S) dan Chi-Square, jenis distribusi peluang yang memiliki nilai terendah dibandingkan nilai uji statistik lain yaitu distribusi lognormal dengan nilai 0,6450. Uji statistik Anderson-Darling lebih sensitif dibandingkan uji statistik lain, karena A-D memanfaatkan distribusi tertentu dalam menghitung nilai kritis [9], sedangkan dalam uji statistik K-S, nilai kritis tidak tergantung pada distribusi tertentu yang sedang diuji. Berdasarkan nilai tersebut, Crystall Ball mengestimasi bahwa debit rata-rata harian selama 20 tahun dari pos pengamatan Bendung Pasar Baru termasuk jenis distribusi lognormal dengan nilai rata-rata (mean) sebesar 1157 dan standar deviasi sebesar 301,58.

3.2.2. Periode Ulang Debit

Penentuan debit existing (26 Februari 2020) dan debit periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun dianalisis dengan menggunakan data debit rata-rata harian selama 20 tahun dari tahun 2000 sampai tahun 2019. Analisis ini dilakukan berdasarkan jenis distribusi lognormal yang memiliki nilai uji statistik Anderson-Darling terkecil. Besar debit periode ulang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Besar debit periode ulang

Periode Ulang (Tahun)	Debit (m ³ /detik)
2	65,259
5	860,709
10	1057,981
25	1325,252
50	1532,069
100	1754,795
26 Februari 2020	544,442

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa debit akan meningkat seiring dengan bertambahnya periode ulang. Debit periode ulang 100 tahun akan lebih besar dari 50 tahun, debit periode ulang 50 tahun akan lebih besar dari 25 tahun dan seterusnya. Debit periode ulang 5 tahunan dapat diartikan sebagai debit yang terjadi rata-rata satu kali dalam 5 tahun atau 20 kali dalam 100 tahun dengan peluang kejadian lebih besar dibandingkan periode ulang 10 tahunan dan seterusnya [10].

3.3. Model Sebaran Banjir

3.3.1. Visualisasi Geometri Banjir

Data geometri sungai dibutuhkan sebagai data masukan dalam menjalankan model HEC-RAS. Peniruan geometri sungai dilakukan di ArcMap yang terintegrasi HEC-GeoRAS dan dilakukan dengan cara digitasi secara manual. Model geometri sungai yang dihasilkan oleh HEC-GeoRAS merepresentasikan kondisi sungai secara fisik. Model ini menggambarkan geometri dari aliran sungai (river), batas sungai (bank), batas aliran (flow path), dan penampang melintang sungai yang akan digunakan untuk mengestimasi dataran banjir di Sub DAS Cisdane hilir. Topografi yang sesuai dengan posisi, panjang dan cross section adalah parameter penting sebagai data masukan HEC-RAS [11]. Hasil penggambaran geometri fisik Sungai Cisdane dari Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung dapat dilihat pada Gambar 1.

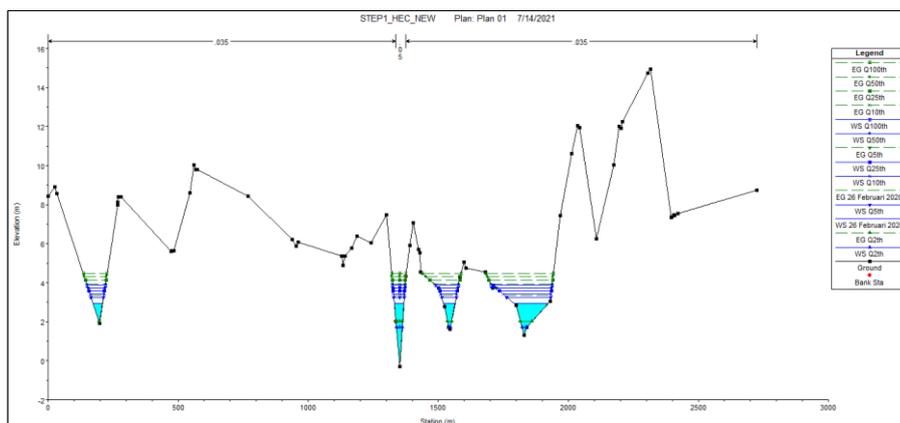


Gambar 1. Skematik geometri Sungai Cisdane Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung.

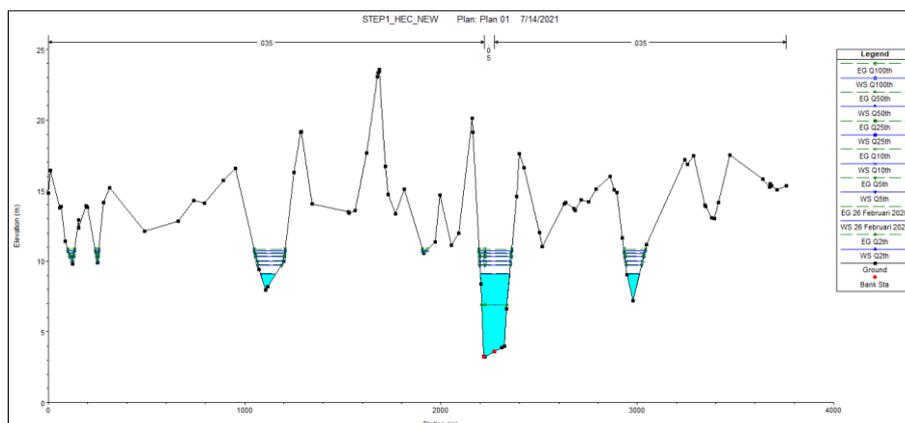
Fitur geometri alur dan bantaran Sungai Cisadane dibangkitkan dari data DEMNAS yang memiliki resolusi spasial 10 x 10 m². Daerah bagian hulu (Bendung Pasar Baru), elevasi wilayah kajian berada pada rentang -5 – 40 m di atas permukaan laut (mdpl). Sungai Cisadane cenderung ber-meander atau berbelok-belok dengan kemiringan dasar yang landai. Jumlah penampang melintang (cross section) pada Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung sebanyak 201. Semakin rapat interval penampang satu dengan penampang lain maka akan menghasilkan model yang lebih akurat, hal tersebut dikarenakan peningkatan jarak penampang menyebabkan kurangnya informasi topografi tersedia selama tahap perhitungan oleh RAS untuk menghasilkan profil muka air akurat [12].

3.3.2. Profil Muka Air Aliran Permanen

Simulasi aliran permanen menggunakan HEC-RAS menghasilkan profil muka air di setiap penampang melintang sungai. Profil muka air tersebut ditampilkan dalam model satu dimensi berdasarkan debit existing (26 Februari 2020) dan debit periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahunan. Penambahan besar debit setiap periode ulang akan mempengaruhi ketinggian profil muka air sepanjang alur sungai. Profil muka air di setiap penampang melintang dihitung dengan menggunakan persamaan energi yang dikenal sebagai standard step method. Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alur yang ditimbulkan oleh debit yang masuk ke dalam alur dan kedalaman batas hilir [4]. Regim aliran yang digunakan merupakan regim sub-kritis dengan nilai bilangan Froude kurang dari 1.

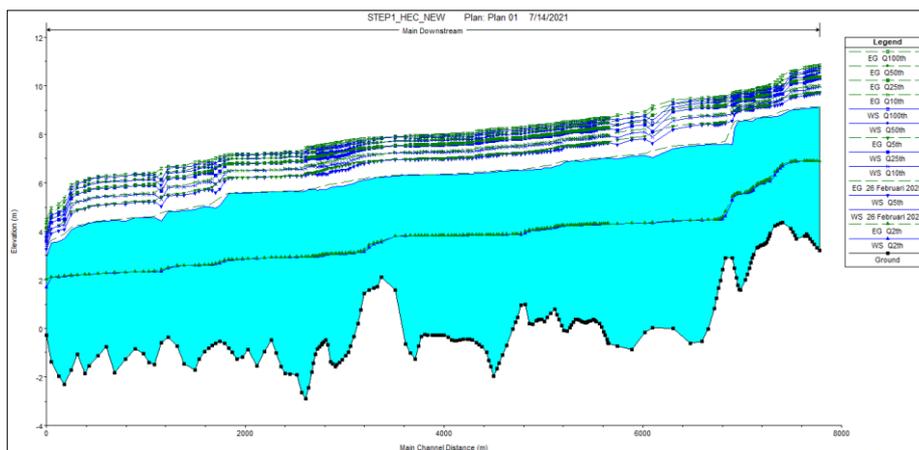


(a)



(b)

Gambar 2. Profil muka air penampang melintang pada bagian hulu (a) dan (b) hilir setiap periode ulang dan debit tanggal 26 Februari 2020.



Gambar 3. Profil muka air penampang memanjang sungai tiap debit periode ulang dan debit tanggal 26 Februari 2020.

Tabel 1. Nilai ketinggian muka air dan energi grade hulu dan hilir.

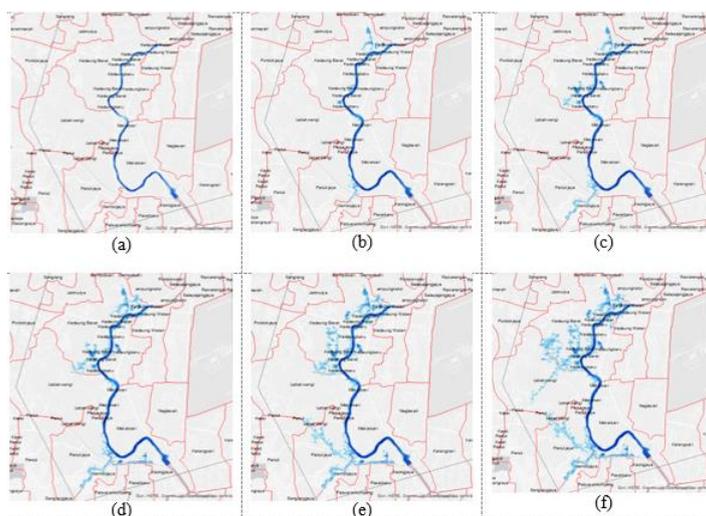
Periode (tahun)	Hulu (Bendung Ps.Baru)		Hilir (Jembatan Kedaung)	
	Energy Grade	Water Surface	Energy Grade	Water Surface
2	6.91	6.91	2.03	1.70
5	9.74	9.70	3.75	3.26
10	10.02	9.97	3.92	3.42
25	10.37	10.31	4.15	3.60
50	10.61	10.54	4.31	3.74
100	10.84	10.76	4.47	3.87
26 Februari 2020	9.14	9.11	3.34	2.94

Gambar 2 menunjukkan profil muka air sebuah penampang melintang setiap periode ulang. Berdasarkan profil muka air debit tanggal 26 Februari 2020, diperoleh ketinggian muka air (water surface) adalah 9,11 m untuk bagian hulu (Bendung Pasar Baru) dan 2,94 m untuk bagian hilir (Jembatan Kedaung) (Tabel 2). Ketinggian muka air genangan pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun mengalami peningkatan rata-rata sebesar 0,1 – 0,3 m setiap penambahan periode ulangannya baik pada bagian hulu maupun bagian hilir. Ketinggian energy grade juga mengalami peningkatan rata-rata sebesar 0,2 – 0,3 m setiap penambahan periode ulang. Slope muka air sungai pada penampang memanjang (Gambar 3) cukup landai yaitu $<1^\circ$ sehingga kecepatan aliran rendah dan berpotensi untuk terjadinya genangan di dataran lebih rendah

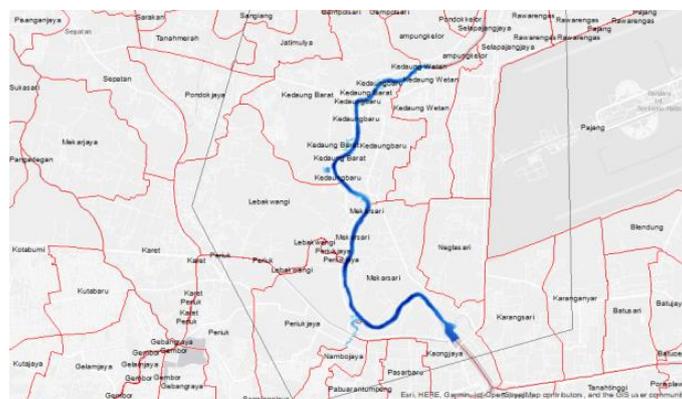
Berdasarkan hasil elevasi permukaan air pada hulu dan hilir, dapat dikatakan bahwa pada bagian hulu (Bendung Pasar Baru) dan hilir (Jembatan Kedaung) menahan debit banjir yang lewat. Ketinggian permukaan batas sungai kanan dan kiri pada bagian hulu masing-masing adalah 3,59 m dan 3,24 m, sedangkan ketinggian muka air terkecil adalah 6,91 m (periode ulang 2 tahun). Ketinggian permukaan batas sungai kanan dan kiri pada hilir masing-masing 4,35 m dan 2,1 m, debit banjir melewati batas sungai bagian kiri pada periode 5 tahun dan seterusnya, karena tinggi muka air lebih besar dari tinggi permukaan batas sungai.

3.4. Sebaran dan Kedalaman Genangan Banjir

Model banjir yang dihasilkan oleh HEC-RAS berupa informasi tinggi muka air berdasarkan masukan debit periode ulang yang dikonversi menjadi peta genangan banjir yang dapat menggambarkan area sebaran banjir, kedalaman banjir dan kecepatan aliran banjir suatu wilayah. Visualisasi genangan banjir ini dikembangkan dari profil muka air di setiap penampang melintang yang dihasilkan oleh model HEC-RAS dan diinterpretasikan menjadi genangan banjir oleh GeoRAS sebagai tahap akhir dari proses pemodelan banjir.



Gambar 4. Sebaran genangan banjir periode ulang (a) 2 tahun, (b) 5 tahun, (c) 10 tahun, (d) 25 tahun, (e) 50 tahun, (f) 100 tahun.



Gambar 5. Sebaran genangan banjir tanggal 26 Februari 2020.

Tabel 2. Kedalaman banjir setiap periode dan tanggal 26 Februari 2020.

No	Periode (Tahun)	Kedalaman (m)
1	2	-
2	5	0.02 - 4.61
3	10	0.08 - 5.15
4	25	0.03 - 5.35
5	50	0.03 - 5.56
6	100	0.03 - 5.63
7	26 Februari 2020	0.05 - 4.41

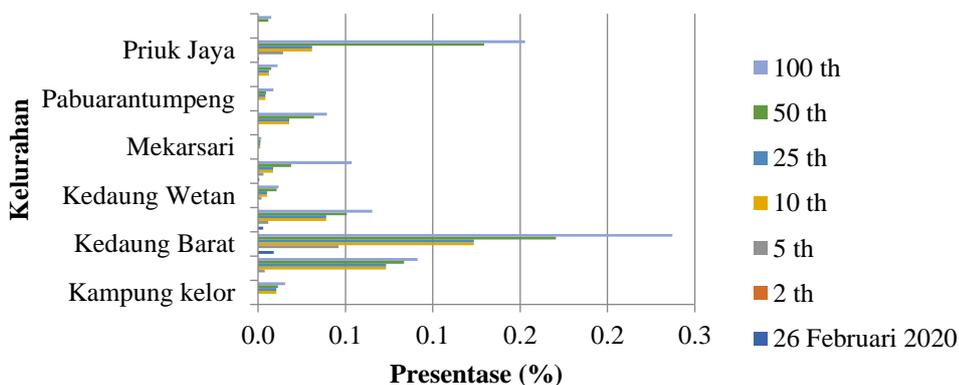
Sebaran genangan banjir di wilayah Sungai Cisadane dari Bendung Pasar Baru sampai Jembatan Kedaung, mengalami peningkatan seiring bertambahnya periode ulang debit. Berdasarkan hasil pemetaan, genangan banjir mencakup 12 kelurahan yang berada di 3 kecamatan diantaranya Kecamatan Karawaci, Sepatan Timur dan Batu Ceper. Kedalaman banjir tertinggi kondisi existing (26 Februari 2020) berada pada rentang 0,005-4,41 m (Tabel 3). Kedalaman tersebut dihitung dari batas terendah terrain atau elevasi dasar sungai setiap penampang melintang. Kedalaman banjir mengalami peningkatan 0,1-0,2 m pada periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Kedalaman banjir tertinggi berada pada aliran sungai utama dan akan semakin rendah apabila semakin jauh jarak genangan banjir dari saluran sungai utama.

3.4.1. Analisis Lokasi dan Luas Area Sebaran Genangan Banjir

Hasil pemetaan menunjukkan adanya perbedaan luas genangan banjir di 12 kelurahan. Luas genangan banjir mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya periode ulang kejadian banjir. Luas area sebaran genangan banjir setiap periode ulang dan debit tanggal 26 Februari 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Luas genangan banjir pada tanggal 26 Februari 2020 dan debit periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun.

No	Kelurahan	Luas Area (Ha)	26-02 2020	Luas Area Genangan (Ha)					
				2	5	10	25	50	100
1	Kampung Kelor	157,79	-	-	-	-	1.65	1.79	2.45
2	Kaongjaya	139,64	-	-	0.52	0.89	10.24	11.66	12.74
3	Kedaung Barat	379,50	3,41	-	17,48	34.41	46.86	64.69	89.96
4	Kedaung Baru	154,02	0,46	-	0,90	3.81	6.02	7.82	10.06
5	Kedaung Wetan	178,52	-	-	0,34	0.75	0.93	1.90	2.11
6	Lebak Wangi	471,89	0,34	-	1,44	2.54	4.06	8.93	25.30
7	Mekarsari	100,81	-	-	-	-	0.13	0.14	0.19
8	Nambojaya	65,29	-	-	-	0.35	1.17	2.09	2.57
9	Pabuarantumpeng	70,46	-	-	-	-	0.30	0.33	0.62
10	Pasar Baru	76,29	-	-	-	-	0.47	0.57	0.86
11	Priuk Jaya	200,27	0,13	-	2,85	4.69	6.18	25.92	30.60
12	Priuk	100,61	-	-	-	-	0.00	0.60	0.76
Total		2095,11	4,34	0	23,57	47,47	78,01	126,44	178,2



Gambar 6. Rasio wilayah tergenang dengan luas total wilayah tiap periode ulang.

4. Kesimpulan

Sebaran banjir di wilayah Sub-DAS Cisadane Hilir Bendung Pasar Baru sampai dengan Jembatan Kedaung yang dihasilkan oleh model HEC-RAS mencakup 12 kelurahan yang tersebar di 3 kecamatan diantaranya, Sepatan Timur, Batu Ceper, dan Karawaci. Luas sebaran banjir mengalami peningkatan setiap bertambahnya periode ulang kejadian. Genangan terluas dengan potensi genangan terdalam terletak di Kelurahan Kedaung Barat dengan luas area tergenang pada 26 Februari 2020 adalah 3,41 ha. Luas total dan kedalaman genangan banjir masing-masing akan meningkat rata-rata 20 – 50 ha dan 0,1 – 0,2 m setiap penambahan periode ulang. Tingkat keakuratan sebaran genangan banjir hasil model dengan banjir sebenarnya (Sentinel-1A) diperoleh sebesar 32%. Hasil menunjukkan bahwa banjir yang dihasilkan oleh model HEC-RAS dan banjir aktual memiliki kemiripan yang kurang signifikan. Ketidakakuratan hasil model disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya, resolusi dari data DEM yang digunakan dalam pemodelan tidak mampu menggambarkan fitur geomerti secara akurat, resolusi spasial peta Sentinel-1A dan ketidaktelitian dalam membangun penampang (*cross section*).

Daftar Pustaka

- [1] Fustos I, Abarca-del-Rio R, Ávila A, Orrego R. A simple logistic model to understand the occurrence of flood events into the Biobío River Basin in central Chile. *Journal Flood Risk Management*. 2017. 10(1):17–29.
- [2] Saksena S, Merwade V. Incorporating the effect of DEM resolution and accuracy for improved flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*. 2015. 530:180–194.
- [3] Cook A, Merwade V. Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping. *Journal of Hydrology*. 2009. 377(1–2):131–142.
- [4] Istarto. Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS: Modul Pelatihan. Yogyakarta (ID): FT UGM. 2014.
- [5] Horritt MS, Bates PD. Evaluation 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology*. 2006. 268:87-99
- [6] Matondang J P. Analisis zonasi daerah renran banjir dengan pemanfaatan sistem informasi geografis. *Jurnal Geodesi Undip*. 2013. 2(2):103-113.
- [7] Asdak. Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta (ID) : Gajah Mada University Press. 1995.
- [8] Sudiar N. Model pembangkit data curah hujan: studi kasus stasiun simpang alai kota padang. *Jurnal Sainstek*. 2015. 2:167-175.
- [9] Fallo, J.O., A. Setiawan, B. Susanto. Uji normalitas berdasarkan metode Anderson-Darling, Cramer-Von Mises dan Lilliefors menggunakan metode Bootstrap, Prosiding, Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika FMIPA UNY, 9 November 2013.
- [10] Soewarno. Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data. Bandung (ID): Nova. 1995.
- [11] Rau M I. Evaluation of flood modelling using online visual media: case study of Ciliwung River at situ gede, Bogor city, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2016. doi: 10.1088/ 1755-1315/ 622/1/ 012041
- [12] Cahyanti, Santikayasa. Analisis sebaran banjir berdasarkan sekenario periode ulang debit (studi

- kasus: sub das citarum hilir). *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*. 2017. 8(1):21-31
- [13] Bales JD, Wagner CR. Sources of uncertainty in flood inundation maps. *J. Flood Risk Manag.* 2009. 2:139–147.