

Penilaian Bahaya Banjir Bandang Berdasarkan Skenario Genangan Menggunakan Analisis Spasial dan Pemodelan Hidrodinamik

Flash Flood Hazard Assessment Based on Flood-inundation Scenario using Spatial Analysis and Hydrodynamic Modeling

Deni Sabriyati¹ dan M. Pramono Hadi²

¹Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jln Politeknik Km. 24, Senggarang, Tanjungpinang, Kepulauan Riau 29115, Indonesia

²Pusat Studi Lingkungan Hidup UGM, Kompleks Gedung PSLH-EFSD UGM, Jln. Kuningan, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

e-mail: sabriyati.deni@gmail.com

Naskah diterima 3 Mei 2022, selesai direvisi 29 Maret 2023, dan disetujui 5 April 2023

ABSTRAK

Banjir bandang merupakan salah satu bencana alam yang menyebabkan kerugian besar di Indonesia. Bencana ini berawal dari hujan berintensitas tinggi, terjadi dengan cepat dalam waktu relatif singkat. Simulasi kejadian banjir berdasarkan periode ulang dapat digunakan guna memprediksi potensi bahaya banjir. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan potensi bahaya banjir bandang berdasarkan skenario banjir pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun yang berlokasi di Sub-DAS Bt. Kuranji, Provinsi Sumatera Barat. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dan memodelkan proses hidrodinamik menggunakan analisis SIG. Metode yang digunakan meliputi pemetaan morfometri DAS, estimasi *MAP* dan hujan rencana berdasarkan periode ulang (2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun), memodelkan hidrograf banjir dan pemodelan spasial genangan banjir. Data yang digunakan adalah data curah hujan 38 tahun, historical banjir bandang, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Peta Jenis Tanah, Peta Penggunaan Lahan, Peta Administrasi Kota Padang, dan DEM IFSAR resolusi tinggi. Untuk mencapai tujuan yang diinginkan, prosedur dalam pengolahan data yaitu: (1) analisis morfometri menggunakan *HEC-GeoHMS*; (2) analisis hidrologi untuk menghasilkan besaran *MAP*, nilai *SCS-CN*, dan hidrograf banjir bandang dari model *HEC-HMS*; (3) analisis hidrolika sebagai analisis 3D dan spasial untuk menghasilkan limpasan dari model *HEC-RAS*. Analisis hidrologi dilakukan pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun, potensi banjir terbesar adalah periode ulang 100 tahun dengan waktu puncak (*Tp*) 3 jam dari saat mulai hujan dengan debit banjir yang dihasilkan adalah 725 m³/dt. Besaran debit banjir merupakan data input untuk skenario genangan banjir pada analisis hidrolika yang menghasilkan luasan, kecepatan, dan kedalaman banjir. Berdasarkan tingkat kedalaman banjir yang dihasilkan, periode ulang banjir 100 tahun dapat melanda 20 kelurahan dengan luasan 296,8 Ha dan kedalaman aliran mencapai >1,5m. Pada periode ulang yang sama, berdasarkan tingkat kecepatan aliran yang dihasilkan, penelitian menunjukkan aliran tercepat mencapai >1 m/dt dengan luasan 35,1 Ha.

Kata kunci: Bahaya Banjir Bandang, *GIS*, *HEC-HMS*, *HEC-RAS* dan Pemodelan Hidrodinamik

ABSTRACT

Flash floods are one of the natural disasters that cause losses in Indonesia. The flash flood disaster begins with high-intensity rain that occurs quickly in a relatively short time. Simulation of flood events in several return periods can be used to predict potential flood hazards in the future. This study aims to map the potential for flash flood hazards based on flood inundation scenarios at return periods 2, 5, 10, 20, 50 and 100 years in the Sub-watershed Bt. Kuranji, West Sumatra Province. The research was conducted through a descriptive approach and modelling the hydrodynamic process using GIS analysis. The methods used are watershed morphometry mapping, MAP estimation and planned rainfall based on return periods (2, 5, 10, 20, 50 and 100 years), flood hydrograph modelling, and flood inundation spatial modelling. The data used are 38 years of rainfall data, the historical of floods, Soil Type MAP, Topography MAP, Landuse MAP, Padang City Administration MAP, and IFSAR DEM. Some procedures in this research are (1)

morphometric analysis using HEC-GeoHMS, (2) hydrological analysis to produce MAP, SCS-CN values, and flood hydrographs from the HEC-HMS model, (3) hydraulics analysis as a 3D analysis and spatial analysis which are using to generate runoff from the HEC-RAS model along with HEC-GeoRAS in ArcGIS. Hydrological analysis carried out on return periods of 2, 5, 10, 20, 50, and 100 years which showed the greatest potential for flooding was in the 100-year return period with T_p 3 hours from the started raining time. The resulting flood discharge is $725 \text{ m}^3/\text{sec}$. The magnitude of the flood discharge is the input data for the flood inundation scenario in the hydraulic analysis that produces the area, speed, and depth. Based on the flood depth, the research shows that in the 100-year return period, the flood has the potential to hit 20 urban villages with the area of 296.8 ha and a flow depth of $>1.5 \text{ m}$. Based on the result of flow velocity, in the same return period showed the fastest flow reaching $>1 \text{ m/s}$ with the area of 35.1 Ha.

Keywords: flash flood hazard, GIS, HEC-HMS, HEC-RAS and Hydrodynamics modelling

PENDAHULUAN

Kerugian akibat banjir bandang di dunia terus meningkat karena aktifitas manusia dan faktor geofisik lingkungan (Gruntfest & Handmer, 1999). Banjir terjadi disebabkan oleh intensitas hujan yang tinggi (Wisner dr., 2004) dan diikuti aktivitas tidak ramah lingkungan (Liu dr., 2016). Secara umum, jenis banjir paling berbahaya adalah banjir bandang karena terjadi dengan cepat sehingga menyebabkan kerugian dan merusak (Yin dr., 2016). Hal ini terjadi di wilayah Kota Padang, daerah dengan intensitas hujan tinggi dan terdapat alih fungsi lahan dari daerah resapan menjadi kawasan kedap air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kuranji sehingga memicu terjadinya banjir bandang.

Penyataan dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) (2016), menyebutkan bahwa pada Juli 2012 banjir bandang menimbulkan kerugian materil berupa kerusakan di 6 titik jalan, 6 jembatan, unit irigasi, tempat ibadah, dan 538 rumah, yangmana 95 rumah diantaranya mengalami rusak berat. Berdasarkan Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI) dari tahun 1815 sampai 2012 terdapat 38 kejadian banjir di Kota Padang (BNPB, 2013), namun sejak tahun 2012 sampai 2021 bencana banjir semakin sering terjadi, yaitu sebanyak 22 kejadian (www.dibi.bnpb.go.id). Hujan deras pada 12 September 2012 di Kecamatan Pauh memicu longsor di tiga titik lokasi yang mengakibatkan galodo (Banjir Bandang) (Yogi, 2012). Bencana banjir bandang kembali merusak lahan pertanian, saluran irigasi, dan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) pada saat kejadian 21-22 Maret 2016. Banjir bandang tersebut disebabkan oleh intensi-

tas hujan yang tinggi dan disertai longsor pada daerah hulu. Oleh karena itu, perlu adanya kajian potensi bahaya banjir bandang sebagai salahsatu upaya pengurangan risiko di masa depan. Disamping itu, inventarisasi dan informasi kondisi sungai rawan banjir, kondisi kapasitas DAS, dan pemetaan DAS sangat penting dilakukan (BNPB, 2013). Analisis bahaya banjir bandang dapat memberikan gambaran potensi bencana, sehingga dapat digunakan untuk identifikasi dan pengendalian pada aspek yang rentan, serta manajemen untuk meningkatkan kualitas dan stabilitas lingkungan juga dapat diupayakan.

Penelitian tentang banjir dan kaitannya dengan geo-informasi telah banyak dilakukan, baik dalam skala sub-DAS maupun penggabungan beberapa DAS yang lebih luas (Smith, 1981; Finkl dr., 2000; Smith dr., 2014; Albano dr., 2015). Banyak penelitian menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk mengetahui penyebab dan akibat banjir bandang sebagai bencana yang ditimbulkan oleh respon hujan ekstrim di suatu DAS (Jonkman, 2005; Garambois dr., 2015). Banjir tersebut terjadi dalam waktu sangat singkat ketika level air di saluran drainase mencapai puncak dalam hitungan menit hingga beberapa jam setelah hujan badai, sehingga menyisakan waktu yang teramat singkat untuk peringatan dini (Marchi dr., 2010).

Keberadaan lokasi, topografi, dan iklim wilayah mampu menimbulkan bahaya hidro-meteorologi, sehingga mempengaruhi frekuensi banjir bandang (Azmeri dr., 2016). Banjir bandang sebagian besar ditimbulkan oleh intensitas hujan tinggi pada lereng curam dan pecahnya tanggul, serta merupakan genangan oleh limpasan

alur sungai akibat debit sungai yang tiba-tiba membesar melampaui kapasitas aliran, terjadi dengan cepat melanda kawasan sekitarnya, dan gelombang banjir membawa debris yang sangat berbahaya dalam aliran (Dip dr., 2012). Banjir bandang dibatasi sebagai fenomena banjir yang sering terjadi pada cekungan DAS berukuran kurang dari 1000 Km² dengan waktu respon yang singkat (Marchi dr., 2010). Semakin kecil ukuran cekungan suatu DAS maka frekuensi banjir bandang menjadi lebih tinggi (Merz and Blöschl, 2008) serta dapat menyebabkan kejenuhan terhadap kapasitas aliran pada lereng DAS (Youssef dr., 2009).

Meningkatkan kemampuan simulasi untuk estimasi banjir serta mengembangkan seperangkat teknologi untuk sistem peringatan dini yang efektif sangat perlu dilakukan (Horton, 1945; Abuzied dr., 2016; Borga dr., 2011). Estimasi tersebut bergantung pada informasi yang tersedia di wilayah landaan banjir, sehingga perlu mengetahui karakteristik banjir bandang dan memperhatikan faktor penyebab banjir (Feldman, 2000). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini melakukan penilaian bahaya banjir dengan menganalisis karakteristik banjir bandang, serta membuat skenario bahaya banjir menggunakan pemodelan spasial dan analisis hidrodinamik dengan memanfaatkan *modelling tools* pada aplikasi *HEC-HMS*, *HEC-RAS* & *ArcGIS*. skenario kejadian banjir yang digunakan adalah pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu: pertama, tahap persiapan untuk menentukan lokasi penelitian serta data dan alat yang dibutuhkan. Kedua, tahap lapangan untuk mengumpulkan data primer dan data sekunder. Ketiga, tahap analisis yang terdiri dari analisis morfometri, hidrologi, dan analisis hidrolika, analisis genangan banjir bandang.

Beberapa *tools GIS* untuk proses analisis yaitu: *HEC-RAS*, merupakan aplikasi hidrolika untuk

analisis spasial yang mampu melakukan simulasi aliran permanen dan tidak permanen dari profil muka air di sungai alami dan saluran buatan, serta kemampuan analisis angkutan sedimen dengan dasar bergerak, kualitas air dan beberapa desain hidraulik (Brunner, 2016).

HEC-HMS, merupakan aplikasi hidrologi yang memiliki kemampuan atau *tools* mengubah data curah hujan yang turun di DAS menjadi debit aliran (*runoff*) yang keluar dari DAS tersebut (Feldman, 2000).

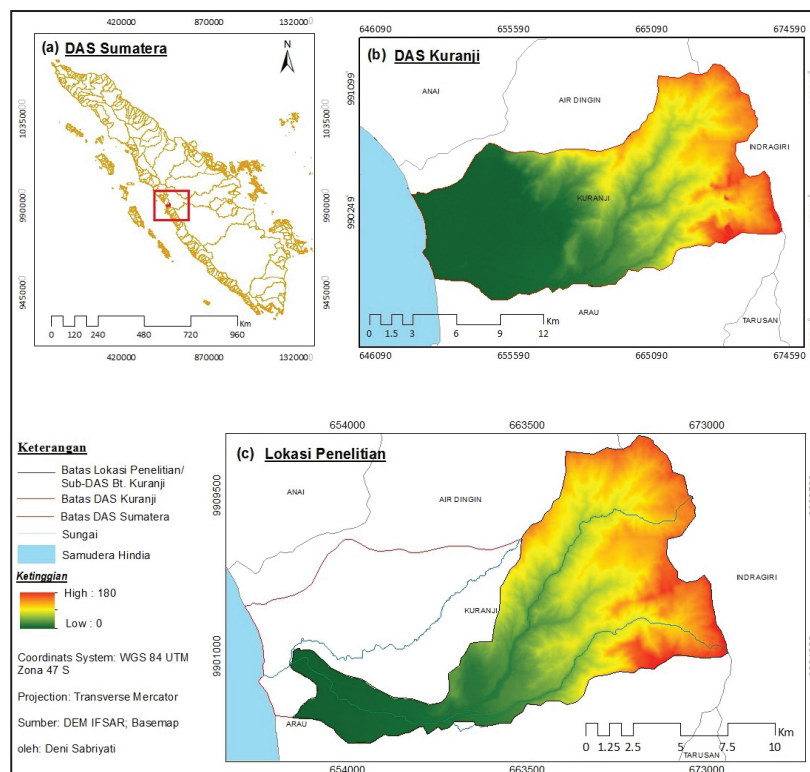
ArcGIS, merupakan perangkat lunak *GIS* untuk melakukan berbagai pemodelan, simulasi atau analisis spasial yang dikembangkan oleh *ESRI* (Dawod dr., 2011)..

HEC-GeoRAS, merupakan sebuah sistem analisis hidrolika sungai yang dikembangkan menggunakan *ArcGIS Desktop*, *ArcGIS Spatial Analyst* dan *3D Analyst extensions* (Shrestha dr., 2011)

HEC-GeoHMS, merupakan sistem analisis hidrologi geospasial yang dikembangkan pada *ArcGIS* untuk memvisualisasikan informasi dan melakukan analisis spasial, mendokumentasikan karakteristik DAS, serta membangun input untuk model hidrologi (Fleming and Dohan, 2013).

Lokasi kajian daerah berpotensi banjir bandang adalah Sub-DAS Bt. Kuranji, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia (Gambar 1). Penentuan DAS diturunkan dari analisis morfometri *DEM IFSAR* dengan resolusi spasial 0.5 m X 0.5 m menggunakan *tools HEC-GeoHMS* pada *ArcGIS*, yaitu pada tahapan praproses terrain sebelum pemodelan.

Data dan alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer yaitu: data pengukuran geometri sungai dari Badan Wilayah Sungai (BWS) Aquaman dan data penampang Sungai Kuranji. Data sekunder yaitu: data hujan dari tahun 1978 sampai tahun 2015, historical banjir bandang, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Peta Geologi, Peta Tanah, Peta Penggunaan lahan, *Digital Elevation Model (DEM) IFSAR*, data debit, dan



Gambar 1. Lokasi Penelitian: (a) DAS Sumatera, (b) DAS Kuranji, (c) Lokasi Penelitian.

nilai *Curve Number* (CN). Nilai CN diperoleh dengan membuat peta persebaran *Soil Conservation Service Curve Number* (SCS-CN) melalui analisis *CNGrid*, karena Peta persebaran SCS-CN merupakan input untuk pemodelan hidrograf banjir bandang menggunakan *HEC-HMS*. *CNgrid* dibuat menggunakan data penggunaan lahan dan data klasifikasi jenis tanah hidrologis menurut *United States Development of Agriculture* (USDA, 1986) seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Data penggunaan lahan diperoleh dengan cara memberikan bobot CN pada berbagai jenis penggunaan lahan dan jenis tanah berdasarkan nilai CN yang ditetapkan oleh *National Resource Conservation Service* –SCS (1972).

Analisis morfometri berfungsi untuk menentukan aliran sungai dan wilayah DAS Kuranji beserta sub-DAS yang ada didalamnya menggunakan perangkat *HEC-GeoHMS*. Data yang diperlukan adalah *DEM IFSAR* DAS Kuranji. Analisis morfometri merupakan analisis pre-model banjir bandang.

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Tanah Hidrologi

HSG	Keterangan
A (Potensi limpasan rendah)	Tanah dengan tingkat infiltrasi yang tinggi. Terdiri dari lapisan pasir kerikil dan kerikil yang dalam, dan memiliki tingkat transmisi air tinggi (laju infiltrasi lebih besar dari 0.3 inch/jam)
B	Tanah dengan laju infiltrasi sedang. Terdiri dari tekstur agak halus sampai kasar dengan tingkat transmisi air sedang (laju infiltrasi 0.15-0.30 inch/jam)
C	Tanah dengan laju infiltrasi lambat. Terdiri dari tanah dengan tekstur agak halus sampai halus dan memiliki lapisan menghambat aliran air kebawah. (laju 0.05-0.15)
D (potensi limpasan tinggi)	Laju infiltrasi sangat lambat. Terdiri dari tanah liat dengan potensi pengembangan tinggi, tanah dengan <i>water table</i> tinggi yang permanen, tanah dengan lapisan <i>claypan</i> , atau lapisan tanah liat dekat lapisan permukaan dan tanah dangkal diatas material impervious, laju infiltrasi 0.05 inch/jam.

Sumber: (USDA-SCS, 1986)

Beberapa langkah dalam analisis hidrologi yaitu:

Menghitung besaran *MAP* (*Mean Area Precipitation*) atau nilai hujan kawasan menggunakan *Metode Polygon Thiessen* (Harto, 1993).

Menghitung hujan rencana, proses ini dimulai dengan analisis frekuensi hujan menggunakan model *Anfrek Djoko Luknanto* untuk memperoleh debit rencana pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun. Selanjutnya adalah menghitung distribusi hujan jam-jaman menggunakan *Metode Mononobe* (Triatmodjo, 2010). Hujan jam-jaman diubah ke dalam *model ABM (Alternating Block Method)* untuk dijadikan input pada perangkat *HEC-HMS*.

Berikutnya, menghitung hujan efektif menggunakan nilai *CN* komposit (SCS, 1985) seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Pemodelan hidrologi dilakukan menggunakan perangkat *HEC-HMS* (Gambar 2) untuk menghasilkan hidrograf debit banjir rancangan tiap periode ulang, dan mengetahui karakteristik hidrograf banjir bandang.

Tabel 2. Nilai $CN_{komposit}$ berdasarkan Jenis Tanah Hidrologi

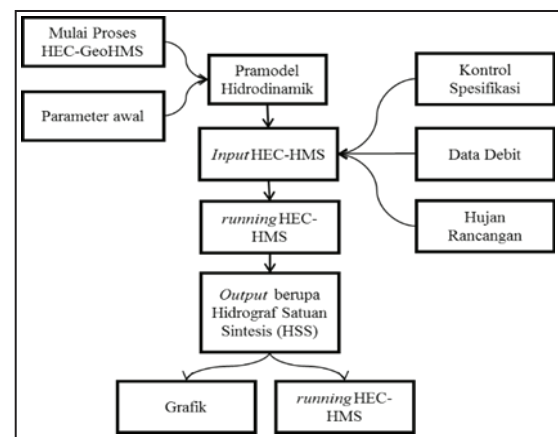
Penggunaan Lahan	Jenis tanah Hidrologi (HSG)			
	A	B	C	D
Peairan terbuka	100	100	100	100
Ruang terbuka berkembang	39	61	74	80
Wilayah berkembang, intensitas rendah	57	72	81	86
Wilayah berkembang intensitas sedang	77	85	90	92
Wilayah berkembang intensitas tinggi	98	98	98	98
Tanah tandus, bebatuan, pasir, tanah liat	63	77	85	88
Hutan gugur	36	60	73	79
Hutan campuran	36	60	73	79
Semak belukar	35	56	70	77
Padang rumput, herba	39	61	74	80
Rumput, jerami	49	69	79	84
Tanaman yang dibudidayakan	67	78	85	89
Lahan basah/hutan kayu	36	60	73	79
Lahan basah hutan palustrine	49	69	79	84
Lahan basah herba	49	69	79	84

Sumber: *US Soil Conservation Service* (1985)

Model hidrograf yang digunakan adalah *model HSS SCS*. sebelum pemodelan, dihitung besaran aliran dasar tiap sub-DAS pada bagian hulu menggunakan rumus *GAMA I* (Harto, 2000).

Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika terdiri dari analisis pramodel menggunakan tools *HEC-GeoRAS* di perangkat *ArcGIS*, dan pemodelan banjir menggunakan perangkat *HEC-RAS*. Analisis hidrolika bertujuan



Gambar 2. Proses pemodelan *HEC-HMS*

untuk memperoleh model aliran potensi banjir bandang tiap periode ulang, luasan landaan banjir, nilai kedalaman, dan kecepatan aliran banjir. Input dalam analisis hidrolika adalah nilai debit puncak hidrograf hasil model *HEC-HMS*, serta data morfometri hasil analisis pramodel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, lokasi penelitian dibagi menjadi dua area, yaitu: bagian hulu sub-DAS sebagai area untuk menganalisis karakteristik hidrograf banjir bandang, dan bagian tengah ke hilir untuk mengkaji potensi aliran banjir bandang. Rincian morfometri tiap sub-DAS disajikan dalam Tabel 3, sedangkan wilayah kajian disajikan pada Gambar 3.

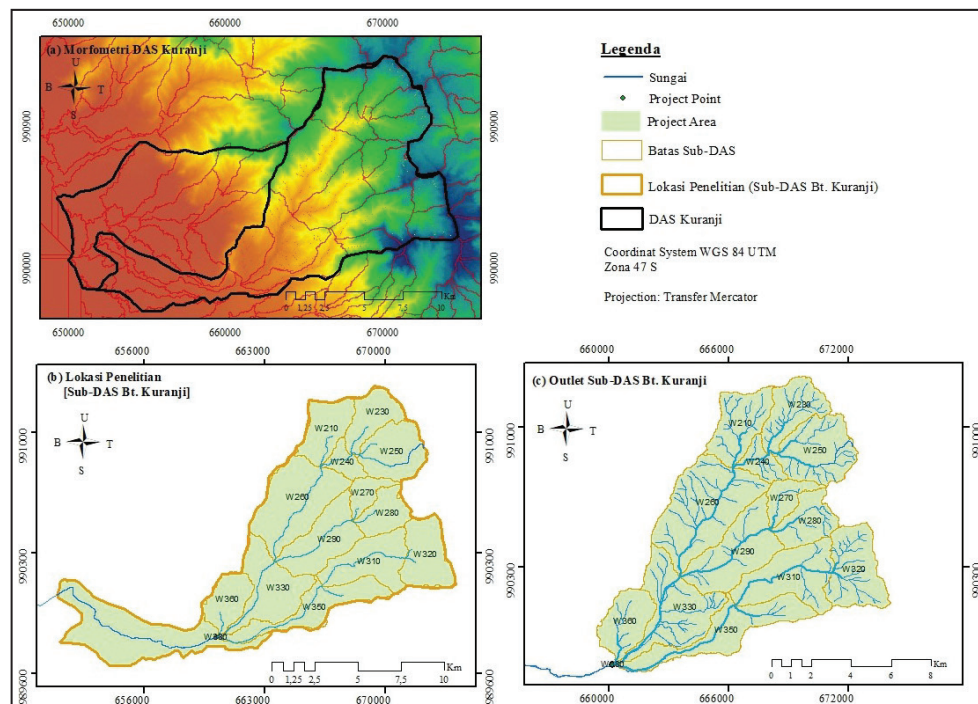
Pada kawasan hulu Sub-DAS Bt. Kuranji terdapat anak sungai, yaitu Bt. Limau Manih dengan panjang 16,42 Km dan luas DAS 31,93 Km², serta aliran kembar Bt. Padang Janiah dan Bt. Padang Karuah yang memiliki alur relatif sejajar dari hulu hingga pertemuannya, dengan panjang 18,86 Km dan luas DAS 82,26 Km². Pada saat hujan dan jika terjadi banjir, maka aliran kembar ini akan terjadi akumulasi banjir dengan waktu puncak yang hampir bersamaan. Pada bagian tengah DAS terdapat anak sungai yang terdiri dari Bt. Air Sangkai dengan panjang 3,63 Km dan luas DAS ± 6 Km².

Hasil dari pengolahan morfometri DAS di perangkat *ArcGIS* diimpor ke perangkat *HEC-HMS*

Tabel 3. Morfometri Sub-DAS Bt. Kuranji

Sub-DAS	Luas (km ²)	Sungai Utama (m)	Kemiringan Sungai Rata-rata (%)	Kemiringan DAS Rata-rata (%)
W210	8,05	2351,97	0,34	0,53
W250	20,66	2889,26	0,08	0,13
W260	18,10	7131,54	0,05	0,34
W290	21,48	5939,74	0,08	0,22
W350	32,38	14755,86	0,06	0,25
W360	6,65	1624,05	0,01	0,32
W380	12,89	6409,07	0,02	0,28

Sumber : Hasil analisis data (2022)



Gambar 3. Analisis morfometri,: (a) Morfometri DAS Kuranji, (b) Lokasi Sub-DAS Bt. Kuranji dan (c) Outlet Sub-DAS Bt. Kuranji.

untuk mendapatkan parameter analisis karakteristik hidrograf banjir Sub-DAS Bt. Kuranji. Skema *HMS* untuk penelusuran aliran pada Sub-DAS Bt. Kuranji dibagi menjadi 4 elemen aliran yang dimulai dari hulu DAS sampai ke outlet, yaitu dengan kode R100, R160, R170, dan R180. Tiap elemen penelusuran aliran mengalirkan air yang terkumpul pada persimpangan di tiap hilir sub-DAS menuju outlet. Pada daerah penelitian ini terdapat 4 persimpangan aliran, yaitu dengan kode J57, J49, J52, dan J60.

Analisis hidrologi bertujuan untuk memperoleh data hujan jam-jaman menggunakan data hujan harian maksimum 38 tahun yaitu data dari rentang Tahun 1978 sampai Tahun 2015 yang berasal dari 3 stasiun hujan, diantaranya adalah

dari Sta. Gunung Nago, Sta. Padang Alai, dan Sta. Batu Busuk. Data hujan tersebut diubah menjadi hujan *MAP* untuk sub-DAS W210, W250, W260, W290, W350, W360, dan W380 menggunakan *persamaan a*. Data hujan tiap sub-DAS dianalisis menggunakan *model analisis frekuensi Djoko Luknanto*, dan *analisis Model Mononobe*, sehingga diperoleh besaran hujan jam-jaman. Tabel 4 menyajikan distribusi hujan rencana tiap jam.

Karakteristik Hidrograf Banjir Bandang

Aliran dasar (Q_b)

Aliran dasar (Q_b) (Tabel 5) merupakan hubungan antara luas DAS (A) dengan kondisi drainase DAS. Penghitungan aliran dasar (Q_b) pada Sub-

Penilaian Bahaya Banjir Bandang Berdasarkan Skenario Genangan
Menggunakan Analisis Spasial dan Pemodelan Hidrodinamik

Tabel 4. Distribusi Hujan Rencana Tiap Jam Berdasarkan Model ABM

Sub-DAS	Periode Ulang	P _r (mm)	Distribusi Hujan (mm)		
			1	2	3
W210	2	87.77	11.10	60.85	15.82
	5	121.06	15.30	83.94	21.82
	10	142.80	18.05	99.01	25.74
	20	163.43	20.66	113.31	29.45
	50	189.92	24.01	131.68	34.23
	100	209.73	26.51	145.42	37.80
W250	2	157.46	19.91	109.17	28.38
	5	226.36	28.62	156.95	40.79
	10	271.98	34.38	188.58	49.02
	20	315.73	39.92	218.92	56.90
	50	372.38	47.08	258.19	67.11
	100	414.82	52.44	287.62	74.76
W260	2	77.80	9.84	53.94	14.02
	5	98.43	12.44	68.25	17.74
	10	112.09	14.17	77.72	20.20
	20	125.19	15.83	86.80	22.56
	50	142.15	17.97	98.56	25.62
	100	154.85	19.58	107.37	27.91
W290	2	148.02	18.71	102.63	26.68
	5	212.74	26.89	147.50	38.34
	10	255.58	32.31	177.21	46.06
	20	296.68	37.51	205.71	53.47
	50	349.88	44.23	242.59	63.06
	100	389.75	49.27	270.24	70.24
W350	2	136.82	17.30	94.87	24.66
	5	196.53	24.84	136.26	35.42
	10	236.05	29.84	163.67	42.54
	20	273.97	34.64	189.96	49.37
	50	323.05	40.84	223.99	58.22
	100	359.83	45.49	249.49	64.85
W360	2	101.82	12.87	70.60	18.35
	5	132.71	16.78	92.02	23.92
	10	150.02	18.97	104.02	27.04
	20	164.72	20.82	114.21	29.69
	50	181.52	22.95	125.86	32.71
	100	192.77	24.37	133.66	34.74
W380	2	80.92	10.23	56.11	14.58
	5	100.99	12.77	70.03	18.20
	10	111.49	14.09	77.30	20.09
	20	120.15	15.19	83.31	21.65
	50	129.91	16.42	90.07	23.41
	100	136.41	17.25	94.58	24.58

Sumber: Hasil analisis data (2022)

DAS Bt. Kuranji menggunakan *Metode GAMA I*. *Qb* merupakan limpasan berkelanjutan yang memiliki puncak debit tertentu saat terjadinya hujan, dan akumulasi aliran sebelum terjadinya banjir yang berpengaruh ketika terjadi banjir.

Simulasi HEC-HMS

Penelitian ini menggunakan hidrograf satuan sintesis Metode SCS (HSS SCS) untuk mendapatkan karakteristik hidrograf banjir Sub-

DAS Bt. Kuranji dengan beberapa parameter HSS SCS (Tabel 6).

Model HSS SCS dikenal dengan *SCS-CN*, sebab penentuan parameternya menggunakan nilai *CN* (*Curve Number*) yang diperoleh dari hubungan antara kondisi hidrologi DAS, jenis tanah, dan penggunaan lahan di DAS yang dikaji.

Tabel 5. Aliran Dasar Sub-DAS Bt. Kuranji

DAS	Luas (Km ²)	Panjang Sungai Total (Km)	Drainase DAS (Km/ Km ²)	Aliran Dasar (m ³ / dt)
W250	20,66	8,84	0,428	1,49
W210	8,05	2,35	0,292	0,57
W290	21,48	8,73	0,406	1,46
W260	18,10	7,13	0,394	1,27
W360	6,65	1,62	0,244	0,42
W350	32,38	17,90	0,553	2,53
W380	12,89	6,41	0,497	1,27

Sumber: Hasil analisis data (2022)

Tabel 6. Parameter HSS SCS dalam Model *HEC-HMS*

Model	Keterangan	Parameter SCS-CN		Sub-DAS Bt. Kuranji
		Min	Max	
<i>SCS Loss</i>	<i>I_a</i>	0 mm	500mm	Hitungan morfometri dan <i>CN</i>
	<i>CN</i>	1	100	
<i>SCS UH</i>	<i>Lag time</i>	0,1 min	30000 min	Hitungan <i>T_c</i>
<i>Baseflow</i>	<i>Initial baseflow</i>	0 m ³ /dt	100000 m ³ /dt	Aliran dasar metode Gama I
	<i>Recession constant</i>	0,00001	1	
	<i>Flow to peak ratio</i>	0	1	
<i>Muskingum</i>	<i>K</i>	0,1 jam	150 jam	2 jam
	<i>X</i>	0	0,5	0,5
<i>Routing</i>	<i>Number of sub-reach</i>	1	100	Skema morfometri
<i>Time series</i>	<i>Precipitation gage</i>	<i>MAP</i> tiap sub-DAS		

Sumber: Hasil analisis data (2022)

Dalam model *HEC-HMS*, tahapan simulasi dilakukan secara berurutan. Diawali dari input elemen yang menjadi parameter HSS SCS ke perhitungan *Loss Method* menggunakan *SCS* model. Input penelusuran aliran diperoleh dari analisis morfometri di *ArcGIS* (Tabel 7), kemudian outputnya berupa selisih hujan yang dimasukkan ke perhitungan *Transform Method* menggunakan model hidrograf satuan sintesis *SCS*. Hasil dari *Transform Method* berupa *direct flow* dan *baseflow*, sehingga diperoleh debit outlet tiap sub-DAS. Terakhir dilakukan proses routing dengan *Routing Method* menggunakan Model *Muskingum*, sehingga diperoleh besar debit pada outlet utama Sub-DAS Bt. Kuranji. Proses input dilakukan dalam beberapa kali pengulangan berdasarkan periode

Tabel 7. Parameter Penelurusan Aliran Metode Muskingum

Penggal	Panjang (m)	V (m/dt)	K
R100	6095,495	3,23	2
R160	5418,744	1,81	2
R170	97,995	2,25	1

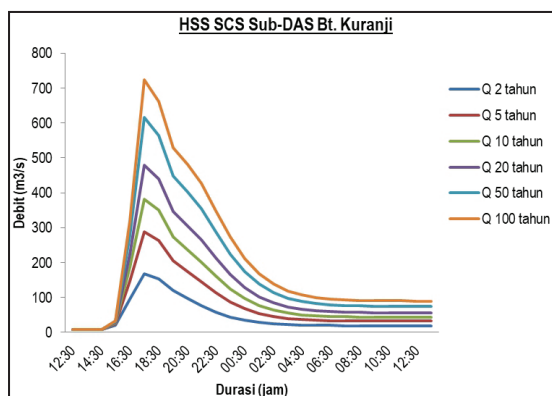
Sumber: Hasil analisis data (2022)

ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun dengan mengubah data time-series sesuai distribusi hujan tiap periode ulang.

Karakteristik Hidrograf Satuan Sintesis dengan Metode SCS

Metode SCS digunakan untuk mengetahui hidrograf debit penyebab banjir bandang di bagian hulu Sub-DAS Bt. Kuranji pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun. Perubahan hidrograf HSS SCS untuk tiap periode ulang (Gambar 4) menunjukkan bahwa Sub-DAS Bt. Kuranji memiliki bentuk HSS SCS yang ramping dan tajam mendekati puncaknya. Hal ini bermakna bahwa hujan selama 3 jam hanya membutuhkan waktu yang sangat singkat untuk terakumulasi menjadi aliran banjir, dan akan kembali ke aliran normal dalam waktu yang singkat juga. Secara umum, hasil simulasi HSS SCS pada Tabel 8 menunjukkan adanya potensi banjir bandang di Sub-DAS Bt. Kuranji, sebab salah satu karakteristik banjir bandang yaitu bentuk hidrograf debit yang ramping dan tajam pada puncaknya (Pedzisai, 2010).

Metode SCS digunakan untuk mengetahui hidrograf debit penyebab banjir bandang di bagian



Gambar 4. Hidrograf Potensi Debit Banjir Sub-DAS Bt. Kuranji.

Tabel 8. Potensi Debit Banjir bandang di Sub-DAS Bt. Kuranji

t (jam)	Debit Banjir (Q) Tiap Periode Ulang (T) (m³/dt)					
	Q 2	Q 5	Q 10	Q 20	Q 50	Q 100
12:30	9	9	9	9	9	9
13:30	9	9	9	9	9	9
14:30	9	9	9	9	9	9
15:30	20,1	23,9	26,2	28,3	31	32,9
16:30	96	147,5	185,8	224,7	277,8	319,2
17:30	168,4	287,9	381,5	479,6	616,4	724,9
18:30	152,8	264	350	439,6	563,5	661,1
19:30	120,5	205,9	273,9	346	447,2	528
20:30	97,6	173,8	237	305,2	402,5	480,9
21:30	77,1	144,7	202,1	264,6	354,2	426,6
22:30	58,2	113,6	161,2	213,1	287,8	348,4
23:30	44,2	87,5	124,9	165,8	224,8	272,8
00:30	34,6	68	96,8	128,5	174,4	211,8
01:30	28,4	54,6	77,1	102	138,2	167,8
02:30	24,6	45,8	64	84,3	113,9	138,1
03:30	22,3	40,3	55,7	73	98,4	119,1
04:30	20,9	37	50,6	66,1	88,7	107,3
05:30	20,1	35	47,5	61,8	82,9	100,1
06:30	19,7	33,8	45,7	59,3	79,4	95,8
07:30	19,4	33,1	44,6	57,9	77,4	93,3
08:30	19,2	32,7	44	57	76,2	91,9
09:30	19,2	32,4	43,7	56,5	75,5	91
10:30	19,1	32,3	43,5	56,3	75,1	90,6
11:30	19,1	32,2	43,4	56,1	74,9	90,3
12:30	19,1	32,2	43,3	56	74,8	90,1
13:30	19,1	32,2	43,3	56	74,7	90,1
maks	168,4	287,9	381,5	479,6	616,4	724,9

Sumber: Hasil analisis data (2022)

hulu Sub-DAS Bt. Kuranji pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun. Perubahan hidrograf HSS SCS untuk tiap periode ulang (Gambar 4) menunjukkan bahwa Sub-DAS Bt. Kuranji memiliki bentuk HSS SCS yang ramping dan tajam mendekati puncaknya. Hal ini bermakna bahwa hujan selama 3 jam hanya membutuhkan waktu yang sangat singkat untuk terakumulasi menjadi aliran banjir, dan akan kembali ke aliran normal dalam waktu yang singkat juga. Secara umum, hasil simulasi HSS SCS pada Tabel 8 menunjukkan adanya potensi banjir bandang di Sub-DAS Bt. Kuranji, sebab salah satu karakteristik banjir bandang yaitu bentuk hidrograf debit yang ramping dan tajam pada puncaknya (Pedzisai, 2010).

Berdasarkan hidrograf SCS diketahui bahwa dari hujan selama 3 jam, terjadi awal aliran sebesar 9 m³/dt. Selama durasi hujan 3 jam terdapat kemungkinan terjadinya sekali atau lebih pengulangan debit puncak sebesar 168,4 m³/dt dalam kurun 2 tahun. Debit tersebut direncanakan akan terulang atau terjadi sebanyak 50 kali dalam waktu 100 tahun. Sedangkan dalam waktu 100 tahun akan terjadi sekali atau lebih pengulangan debit puncak sebesar sebesar 724,9 m³/dt.

Debit puncak sebesar 168,4 m³/dt dapat menyebabkan penambahan volume Sub-DAS Bt. Kuranji sebesar 61,91 mm³, dan akan terjadi pengulangan yang sama sebanyak satu kali atau lebih dalam waktu 2 tahun. Volume yang sama juga direncanakan berulang setidaknya 50 kali dalam waktu 100 tahun. Sedangkan dalam waktu 100 tahun direncanakan terjadi sekali atau lebih pengulangan volume aliran sebesar 289,51 mm³, yang berasal dari debit sebesar 724,9 m³/dt. Kejadian ini berlaku untuk setiap periode ulang dan diikuti debit puncak beserta volume yang dihasilkannya.

Kalibrasi dan Validasi Debit Puncak Hidrograf
Guna mendapatkan data yang akurat, maka debit puncak hasil simulasi HSS SCS dari model *HEC-HMS* dikalibrasi dan divalidasi dengan data terukur di lapangan, ataupun data yang sudah digunakan sebelumnya. Validasi dan kalibrasi penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan model periode ulang 100 tahun HSS *SCS-CN* dengan perhitungan empiris HSS hasil design *JICA* menggunakan koefisien determinasi. Pilihan ini diambil dengan pertimbangan bahwa pemantauan DAS Kuranji berada dalam pengawasan BWS Aquaman, dimana dalam pengawasan selama ini pemantauan kondisi DAS mengacu pada design *JICA* tahun 1983. Disamping itu, sebelumnya juga sudah dilakukan analisis HSS *Nakanyasu* dan HSS *Snyder* DAS Kuranji oleh BWS Aquaman dalam Sistem informasi mitigasi bencana banjir bandang Kota Padang menggunakan Grafik *Creager* dengan data hujan yang sama.

Hasil pengecekan pertama, nilai debit puncak HSS *Snyder* mirip dengan HSS *SCS-CN*, Ber-

dasarkan grafik *Creager* dapat dilihat bahwa pada lengkung *Creager* lebih nilai tersebut mendekati grafik *Creager* dengan $C=100$ sehingga debit rancangan hasil HSS *SCS-CN* dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

Pada pengecekan kedua, Dalam laporan yang berjudul *Study Report Padang Area Flood Control Project* yang dikeluarkan tahun 1983, *Japan International Cooperation Agency (JICA)* membuat perhitungan debit banjir rencana di bagian hulu DAS Kuranji menggunakan data hujan Stasiun Tabin dengan panjang data 24 tahun sebelum tahun 1980. Perhitungan dilakukan menggunakan Metode analisis Melchior dengan waktu distribusi hujan jam-jaman selama 3 jam. Di samping itu, proses pemurnian Sungai Bt. Kuranji oleh Dinas Pekerjaan Umum Kota Padang yang dimulai awal tahun 2017 juga mengacu pada desain *JICA*. Proses pemurnian Sungai Bt. Kuranji tersebut dilakukan dengan memodifikasi design *JICA* menggunakan data hujan dari tahun 1975 sampai tahun 2012. Hal ini tertuang dalam Laporan Akhir Studi Mitigasi Bencana Banjir Bandang Kota Padang oleh BWS Aquaman tahun 2014. Besaran debit banjir pada penelitian ini menggunakan data hujan jam-jaman yang terdistribusi selama 3 jam dan sudah sebanding dengan data *JICA*, sehingga dapat diketahui tingkat kevalidan data dan hasil simulasi. Selisih hasil simulasi dengan data design *JICA* disajikan pada Tabel 9.

Dari selisih nilai kedua data pada Tabel 9 perlu dicek tingkat kevalidannya melalui koefisien

Tabel 9. Perbandingan Debit Puncak Banjir Rencana Design *JICA* (1983) dan Simulasi HSS *SCS*

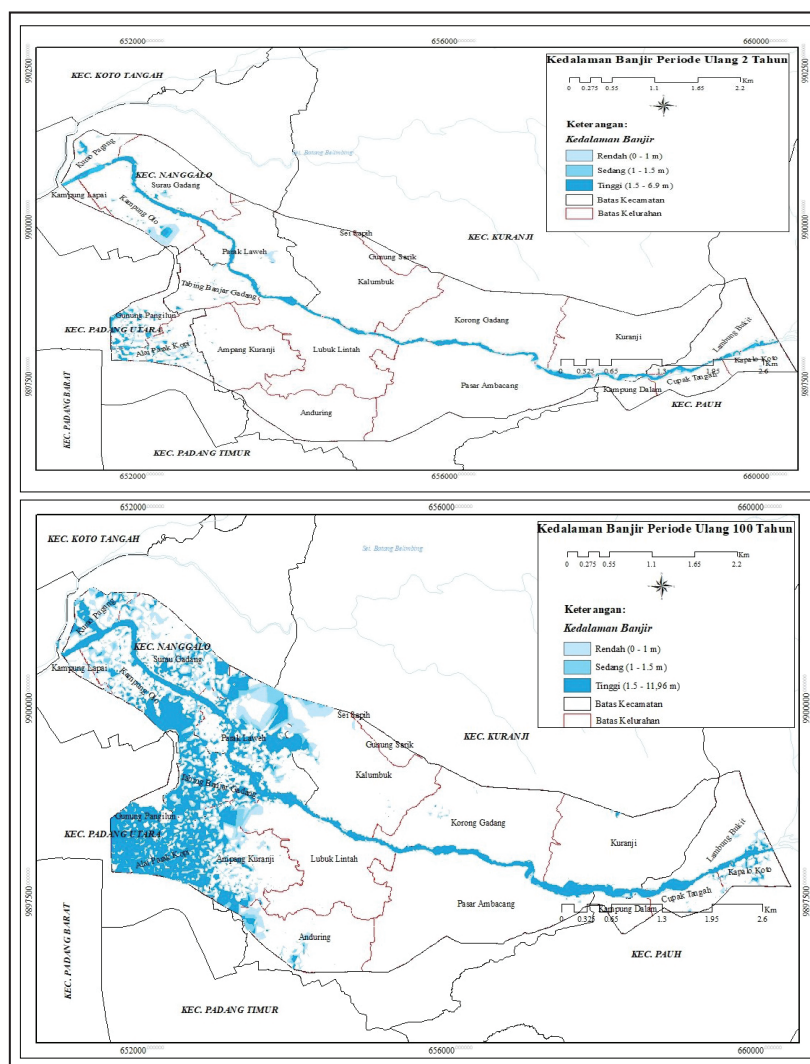
Periode Ulang	Debit Banjir Rencana (m ³ /dt)		Selisih ($Y_i - \bar{y}$)	Selisih ($Y_i - \bar{y}$) ²
	JICA (3 jam) *Luas DAS 120 Km ²	Simulasi (3 jam) *Luas DAS 120 Km ²		
2	-	168,4	-	-
5	360	287,9	72,1	5198,4
10	424	381,5	42,5	1806,3
20	-	479,6	-	-
50	567	616,4	49,4	2440,4
100	628	724,9	96,9	9389,6
total			260,9	18835
R²				0,992

Sumber : Hasil analisis data (2022)

determinasi. Berdasarkan uji validitas diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,992. Nilai koefisien determinasi (R^2) tersebut mendekati 1 yang menunjukkan bahwa besaran debit rencana hasil simulasi sudah tepat untuk menjelaskan debit banjir pada tiap periode ulang dengan variasi kinerja 99,2 % dari data yang beragam. Mengacu pada hasil R^2 dapat dinyatakan bahwa data yang dipakai untuk simulasi adalah valid dan dapat digunakan untuk simulasi banjir pada periode ulang yang berbeda.

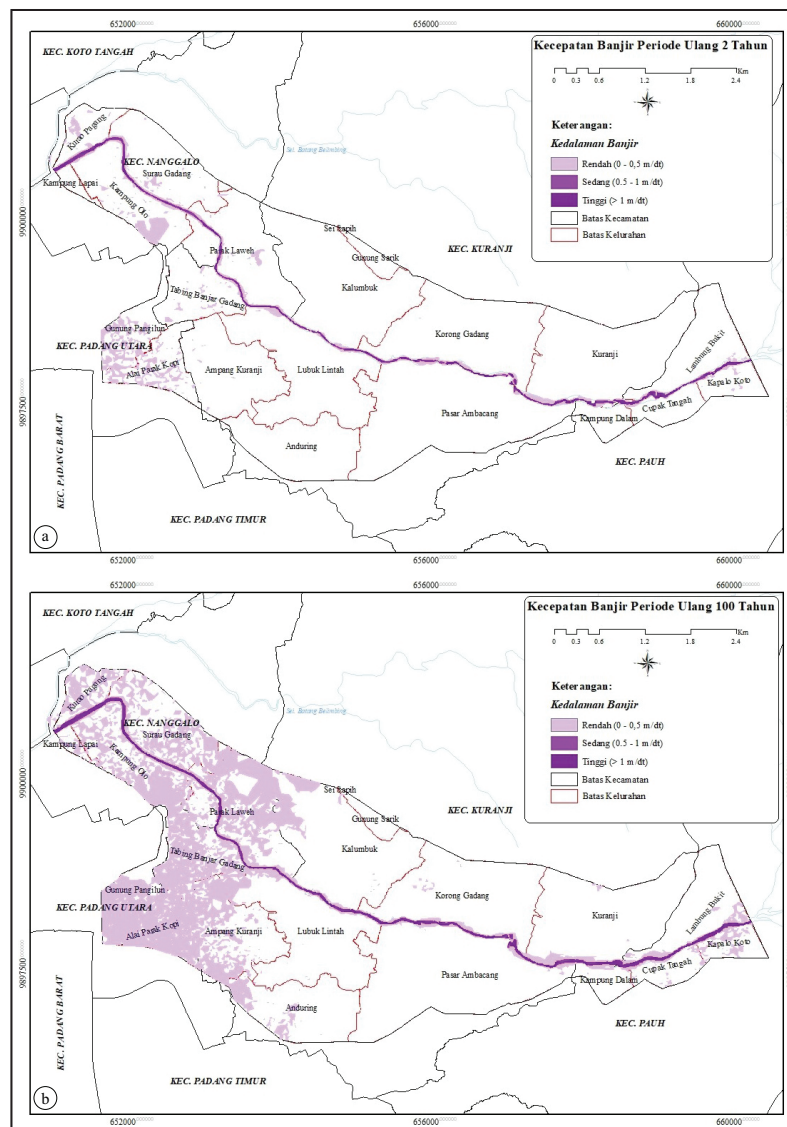
Pemodelan hidrolika dilakukan pada daerah bagian tengah sampai hilir Sub-DAS Bt. Kuranji dengan luas 2.068 Ha atau 21 Km². Pemodelan hidrolika dimulai dengan pengisian data input seperti: data geometri, data kondisi batas hilir

dan data kondisi batas hulu pada *HEC-RAS*. Data geometri diperoleh dari hasil *praproses terrain DEM IFSAR* menggunakan *tools HEC-GeoRAS*, sedangkan data kondisi batas hilir adalah data kedalaman normal bagian hilir, dan data kondisi batas hulu adalah debit puncak hidrograf SCS tiap periode ulang yang diperoleh dari simulasi *HEC-HMS*. Hasil pemodelan banjir bandang di Sub-DAS Bt. Kuranji tiap periode ulang menghasilkan luasan landaan banjir yang disertai nilai kedalaman banjir (*Depth*) dan nilai kecepatan aliran banjir (*Velocity*). Pemodelan menunjukkan bahwa banjir terluas terjadi pada periode ulang 100 tahun yang disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Luasan daerah genangan banjir hasil simulasi disajikan pada Tabel 10.



Gambar 5. Hasil Pemodelan Kedalaman Banjir (a) Periode Ulang 2 Tahun dan (b) 100 Tahun.

Penilaian Bahaya Banjir Bandang Berdasarkan Skenario Genangan
Menggunakan Analisis Spasial dan Pemodelan Hidrodinamik



Gambar 6. Hasil Pemodelan Kecepatan Banjir (a) Periode Ulang 2 tahun dan (b) Periode Ulang 100 tahun.

Tabel 10. Luas Daerah Genangan Banjir Pada Tiap Periode Ulang

Periode Ulang (Tahun)	Luas Genangan Banjir (Ha)	Daerah Penelitian Tergenang (%)
2	108,26	5,24
5	197,42	9,55
10	268,97	13,01
20	348,82	16,87
50	448,94	21,71
100	490,12	23,70

Sumber: Hasil analisis data (2022)

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui persentase daerah penelitian atau *storage area* yang dilanda banjir. Daerah terdampak banjir terluas disebabkan oleh banjir 100 tahun yaitu dengan luas 490,12 Ha atau 24 % dari *storage area*. Se-

dangkan luasan daerah terdampak banjir terkecil berada pada periode ulang 5 tahun, yaitu dengan luas 108,26 Ha atau 5,42 % dari *storage area*. Hasil pemodelan menyatakan bahwa semakin besar nilai debit banjir, maka potensi daerah yang dilanda banjir juga semakin tinggi.

Penelitian sebelumnya terkait pemodelan banjir dengan *HEC-RAS* menggunakan periode ulang 10, 25, dan 50 tahun untuk mendapatkan parameter luas dan kedalaman banjir guna perencanaan penataan ruang (Istiarto dan Wibowo, 2007), sedangkan Afrianto (2015) melakukan rekonstruksi banjir yang pernah terjadi untuk mendapatkan luasan banjir dalam mengkaji

kondisi tanggul di Kanal Banjir Barat Jakarta. Penggunaan periode ulang dan parameter waktu yang berbeda dalam pemodelan banjir dilakukan dengan pertimbangan bahwa DAS atau lokasi yang berbeda memiliki karakteristik banjir yang berbeda. Disisi lain penggunaan parameter waktu juga dibatasi oleh tujuan pemodelan banjir itu sendiri. Pada analisis potensi banjir bandang di Sub-DAS Bt. Kuranji berdasarkan pemodelan scenario genangan, peneliti memilih untuk melakukan pemodelan dengan periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun dengan tujuan melihat fluktuasi potensi banjir yang terjadi di daerah penelitian. Periode ulang 100 tahun dianggap sebagai waktu yang cukup untuk memperoleh potensi banjir bandang dari ketersediaan data hujan 38 tahun.

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa banjir bandang di daerah penelitian untuk periode ulang 2 tahun sampai periode ulang 100 tahun memiliki kecepatan aliran antara 0,01 m/dt sampai 76,07 m/dt. Nilai kecepatan aliran periode ulang 2 tahun yaitu 0,01 m/dt sampai 32,11 m/dt. Nilai kecepatan aliran periode ulang 5 tahun yaitu 0,01 m/dt sampai 34,93 m/dt. Nilai kecepatan aliran periode ulang 10 tahun yaitu 0,01 m/dt sampai 45,43 m/dt. Nilai kecepatan aliran periode ulang 20 tahun yaitu 0,01 m/dt sampai 55,37 m/dt. Nilai kecepatan aliran periode ulang 50 tahun yaitu 0,01 m/dt sampai 67,67 m/dt, dan

nilai kecepatan aliran periode ulang 100 tahun yaitu 0,01 m/dt sampai 76,07 m/dt. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa ketinggian genangan yang dihasilkan banjir berbanding lurus dengan kecepatan alirannya. Semakin tinggi genangan akan menjadikan tekanan aliran lebih kuat dan menyebabkan aliran semakin cepat.

Distribusi hasil pemodelan genangan banjir bandang dengan ArcGIS

Hasil pemodelan banjir selanjutnya dioverlay dengan data administrasi daerah penelitian guna mendapatkan informasi distribusi banjir bandang Bt. Kuranji pada tiap daerah. Luasan distribusi banjir di tiap kelurahan yang terdampak berdasarkan banjir yang terjadi pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50 dan 100 tahun disajikan pada Tabel 11. Secara spasial, hasil penelitian menunjukkan bahawa banjir bandang mampu menyapu 20 kelurahan dari empat kecamatan di Kota Padang yaitu: Kecamatan Kuranji, Kecamatan Nanggalo, Kecamatan Pauh, dan Kecamatan Padang Utara. Perbedaan daerah genangan akibat debit banjir tiap periode ulang disajikan pada Gambar 7.

- Kalibrasi model Genangan Banjir

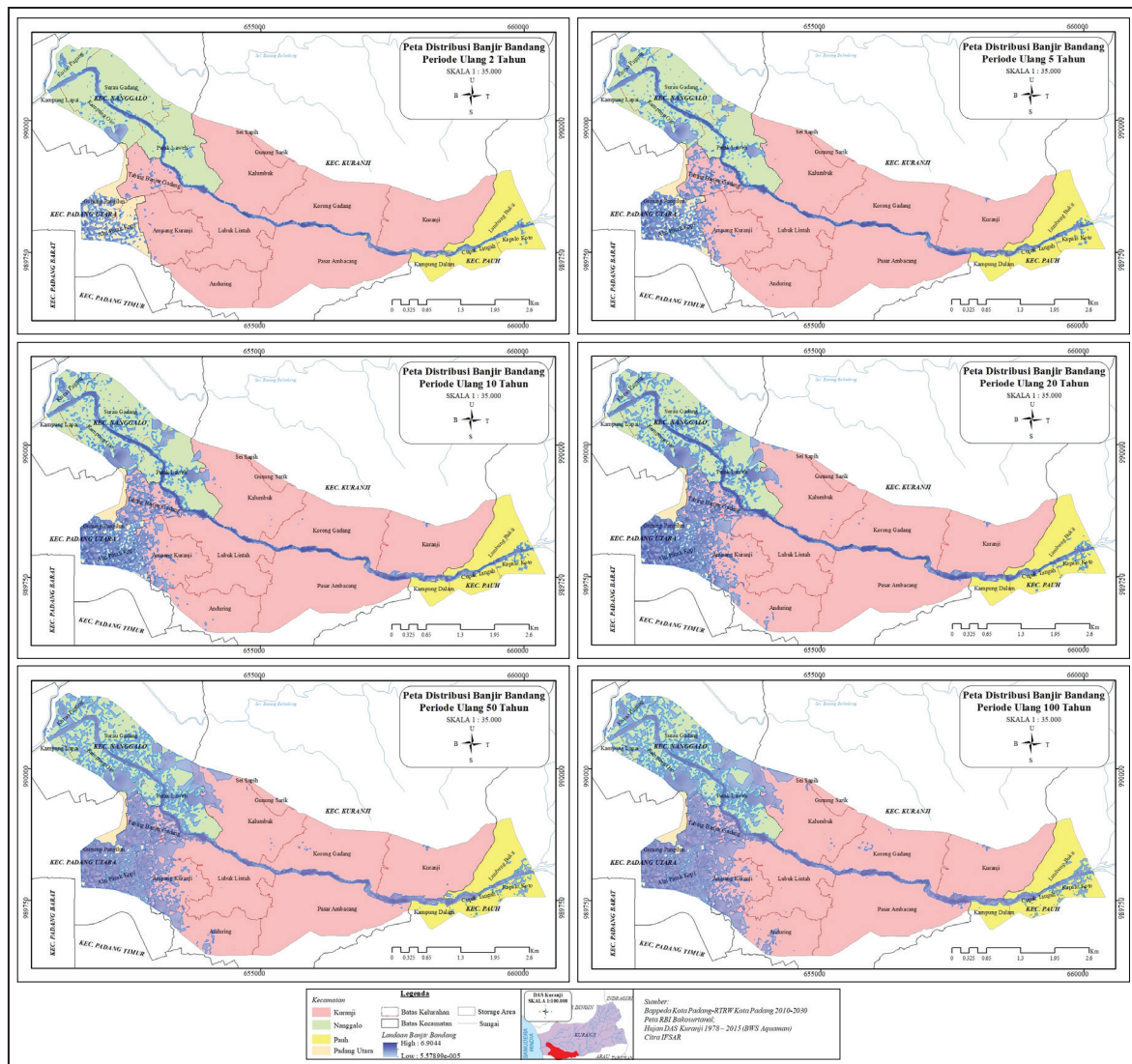
Proses kalibrasi pada penelitian ini yaitu membandingkan antara hasil simulasi dengan data lapangan dan Peta Lokasi Kejadian Banjir

Tabel 11. Distribusi Daerah Genangan Banjir

No	Kelurahan	Luas Area Banjir (Ha) per periode ulang (Tahun)					
		2	5	10	20	50	100
1	Kalumbuk	2,27	2,83	7,02	13,86	24,13	27,53
2	Tabing Banjar Gadang	3,83	16,55	29,20	39,65	48,85	50,99
3	Ampang Kuranji	0,49	8,51	19,49	32,86	45,58	49,12
4	Pasar Ambacang	6,73	7,71	8,39	9,09	9,84	10,43
5	Lubuk Lintah	4,74	5,85	6,76	9,47	14,69	15,75
6	Korong Gadang	6,61	7,73	8,19	8,82	9,65	10,56
7	Kuranji	5,60	7,85	9,40	10,36	10,97	11,37
8	Anduring	-	0,08	0,72	3,70	9,41	12,44
9	Gunung Sarik	-	-	-	-	-	0,02
10	Surau Gadang	7,78	13,78	19,23	26,35	36,70	43,54
11	Parak Laweh	10,47	21,65	29,06	40,51	59,90	67,71
12	Kampung Olo	16,48	27,44	32,68	38,39	45,13	49,82
13	Kampung Lapai	0,60	0,73	0,91	1,21	2,40	3,30
14	Kurao Pagang	5,76	9,57	12,90	15,54	18,82	21,05
15	Gunung Pangilun	14,37	25,01	30,48	34,14	36,76	37,26
16	Alai Parak Kopi	10,68	27,52	37,72	45,11	51,02	52,09
17	Kapalo Koto	2,61	3,36	4,18	5,18	6,54	7,70
18	Kampung Dalam	0,89	1,07	1,19	1,37	1,58	1,74
19	Cupak Tangah	3,32	3,91	4,26	4,92	6,31	6,63
20	Lambung Bukit	4,45	5,22	5,85	6,63	8,64	8,86

Sumber: Hasil analisis data (2022)

Penilaian Bahaya Banjir Bandang Berdasarkan Skenario Genangan Menggunakan Analisis Spasial dan Pemodelan Hidrodinamik



Gambar 7. Distribusi Banjir Bandang Tiap Periode Ulang: (a) 2 tahun, (b) 5 tahun, (c) 10 tahun, (d) 20 tahun, (e) 50 tahun dan (f) 100 tahun.

Bandang tahun 2012 yang sudah divalidasi oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Padang. Proses kalibrasi model (Tabel 12) dilakukan pada tinggi banjir dan luasan genangan daerah landaan banjir. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa wilayah banjir simulasi memiliki kesesuaian yang cukup baik terhadap wilayah banjir bandang bulan Juli 2012 yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Model sangat baik mensimulasi banjir mulai dari debit yang terkumpul dari setiap pertemuan aliran sampai daerah yang tergenang di bagian hilir. Distribusi banjir simulasi pada wilayah hilir lebih tinggi dibandingkan dengan kenyataan

banjir. Hal ini dipengaruhi oleh model *HEC-RAS* yang digunakan untuk mensimulasi limpasan merupakan model satu dimensi, dimana elevasi muka air dihitung hanya satu kali untuk setiap *cross section*, oleh karena itu elevasi muka air pada simulasi tidak bervariasi di sepanjang penampang aliran. Berbeda dengan kenyataan, elevasi muka air pada genangan di sepanjang sisi sungai (*overbank*) biasanya lebih tinggi dari saluran utama.

Perbedaan elevasi muka air pada model yang dibandingkan dengan elevasi kondisi aktual juga mempengaruhi kondisi air yang terakumulasi di wilayah hilir. Disamping itu, resolusi *DEM*

Tabel 12. Hasil Kalibrasi Daerah Banjir Bandang

Hasil Simulasi		Kejadian banjir 2012	Akurasi
Kelurahan		Kelurahan	
Kec. Kuranji			
1	Gunung Sarik	Gunung Sarik	√
2	Kalumbuk	Kalumbuk	√
3	Tabing Banjar Gadang	Tabing Banjar Gadang	√
4	Ampang Kuranji	Ampang Kuranji	√
5	Anduring	Anduring	√
6	Pasar Ambacang	Pasar Ambacang	√
7	Lubuk Lintah	Lubuk Lintah	√
8	Korong Gadang	Korong Gadang	√
9	Kuranji	Kuranji	√
Kec. Nanggalo			
10	Surau Gadang	Surau Gadang	√
11	Parak Laweh	Parak Laweh	√
12	Kampung Olo	Kampung Olo	√
13	Kampung Lapai	-	-
14	Kurao Pagang	Kurao Pagang	√
Kec. Pauh			
15	Kapalo Koto	Kapalo Koto	√
16	Kampung Dalam	Kampung Dalam	√
17	Cupak Tangah	Cupak Tangah	√
18	Lambung Bukit	Lambung Bukit	√
Kec. Padang Utara			
19	Gunung Pangilun	-	-
20	Alai Parak Kopi	-	-

Sumber : Hasil analisis data (2022)

(*Digital Elevation Model*) juga mempengaruhi kualitas prediksi banjir dari *HEC-RAS*, Semakin tinggi resolusi DEM maka penampang melintangnya juga semakin sensitif terhadap perubahan hidrologi yang terjadi (Cook, 2008). Dalam penelitian ini menggunakan *DEM* beresolusi tinggi sehingga sensitivitasnya terhadap perubahan hidrologi juga cukup baik.

Hasil perbandingan model dengan fakta menunjukkan bahwa kejadian banjir bandang tahun 2012 tercakup dalam daerah banjir pada hasil pemodelan. Banjir bandang tahun 2012 tidak sampai ke daerah paling hilir Sungai Bt. Kuranji yaitu Kecamatan Padang Utara. Namun, hasil pemodelan menunjukkan adanya potensi banjir bandang yang menjangkau 2 kelurahan di Kecamatan Padang utara dan 1 kelurahan di Kecamatan Nanggalo. Kelurahan tersebut yaitu Kelurahan Gunung Pangilun, Kelurahan Alai Parak Kopi, dan Kelurahan Kampung Lapai.

Dalam penelitian ini hasil analisis tingkat kesesuaian model *HEC-RAS* mendapatkan ketelitian sebesar 95%. Hal ini menunjukkan analisis tingkat kesesuaian model *HEC-RAS* mampu menggambarkan kondisi aktual banjir bandang

terbesar yaitu pada tahun 2012 sebesar 95%. Kesesuaian tersebut dilihat dari waktu hujan mencapai debit puncak, curah hujan penyebab banjir, luasan genangan, kedalaman dan kecepatan banjir. Berdasarkan ketelitian tersebut model *HEC-RAS* dapat digunakan untuk menganalisis distribusi, kedalaman, dan durasi banjir untuk periode ulang yang telah ditentukan serta memprediksi potensi banjir yang akan datang dengan periode ulang tersebut.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik hidrograf banjir bandang Sub-DAS Bt. Kuranji dari hujan selama 38 tahun menunjukkan waktu konsentrasi (T_c) hujan penyebab banjir adalah 3 jam dengan nilai validitas model sebesar 99,2%. Puncak hujan efektif (P_e) terjadi pada jam ke-2 sampai jam ke-3. Hidrograf menunjukkan bahwa Q_2 tahun yaitu $168,4 \text{ m}^3/\text{dt}$, Q_5 tahun yaitu $287,9 \text{ m}^3/\text{dt}$, Q_{10} tahun yaitu $381,5 \text{ m}^3/\text{dt}$, Q_{20} tahun yaitu $479,6 \text{ m}^3/\text{dt}$, Q_{50} tahun yaitu $616,4 \text{ m}^3/\text{dt}$, dan Q_{100} tahun yaitu $724,9$

m³/dt. Hidrograf SCS Sungai Bt. Kuranji ramping dan tajam mendekati puncaknya, yang bermakna bahwa hujan selama 3 jam hanya membutuhkan waktu singkat untuk terakumulasi menjadi aliran banjir, dan akan kembali menjadi aliran normal dalam waktu yang singkat juga. Hal ini menunjukkan salah satu karakteristik banjir bandang yaitu terjadi dengan cepat dalam waktu relatif singkat.

Pemodelan skenario genangan banjir bandang Sub-DAS Bt. Kuranji pada periode ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun menghasilkan kecepatan aliran antara 0,01 m/dt sampai 76,07 m/dt dengan kedalaman mencapai >1,5 m dan berpotensi melanda 4 kecamatan, yaitu Kec. Kuranji, Kec. Nanggalo, Kec. Padang Utara, dan Kec. Pauh. Hasil pemodelan *HEC-RAS* dengan validitas 95% menunjukkan bahwa daerah landaan banjir yang paling sedikit disebabkan oleh debit banjir periode ulang 2 tahun, yaitu dengan luas 106,44 Ha yang menggenangi 18 kelurahan. Daerah landaan banjir yang paling luas disebabkan oleh debit banjir periode ulang 100 tahun, yaitu dengan luas 485,36 Ha yang menggenangi 20 kelurahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada BWS Aquaman dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Provinsi Sumatera Barat dan Badan Informasi Geospasial Indonesia (BIG) yang telah menyediakan data dukung untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abuzied, S., Yuan, M., Ibrahim, S., Kaiser, M. & Saleem, T., 2016, Geospatial Risk Assessment of Flash Floods in Nuweiba Area, Egypt, *J. Arazmeriid Environ.* 133, 54–72.
Afrianto, Y., 2015, Pemodelan Bahaya Banjir dan Analisis Risiko Banjir, *Tesis*. UGM: Yogyakarta.

Albano, R., Mancusi, L., Sole, A., & Adamowski, J., 2015, Collaborative Strategies for Sustainable EU Flood Risk Management: FOSS and Geospatial Tools—Challenges and Opportunities for Operative Risk Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2704–2727.
Azmeri, H. & Vadiya, R., 2016, Identification of flash flood hazard zones in mountainous small watershed of Aceh Besar Regency, Aceh Province, Indonesia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 19(1), pp.143–160.
BNPB [Badan Nasional Penanggulangan Bencana], 2013. “*Kajian Resiko Bencana Kota Padang Sumatera Barat 2014-2018*”. Padang.
BNPB [Badan Nasional Penanggulangan Bencana], 2016. *Bencana Di Indonesia Sampai Mei 2017*. (www.dibi.bnpb.go.id). Diakses 22 Mei 2017.
Borga, M., Anagnostou, E. N., Blöschl, G., & Creutin, J. D., 2011, Flash flood forecasting, warning and risk management: The HYDRATE project. *Environmental Science and Policy*, 14(7), 834–844.
Brunner, G.W., 2016, “*HEC-RAS Applications Guide v.05*.” Hydrologic Engineering Center, Institute of Water Resources. US Army Corps of Engineers, Davis. CA-USA.
Dawod, G.M., Koshak, N.A., & Al, E.T., 2011, Developing GIS-Based Unit Hydrographs for Flood Management in Makkah Metropolitan Area, Saudi Arabia. *Journal of Geographic Information System*, (3), 153-159.
Dip, M., parikesit, N.A., & Utomo, H., 2012. “Buku Petunjuk Tindakan dan Sistem Mitigasi Banjir Bandang. Dirjen SDA,” Kementrian Pekerjaan Umum, (www.pu.go.id), Diakses Oktober 2016.
Feldman, A.D., 2000, *Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual*. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC, Davis, CA- USA.
Fleming, M.J. & Dohan, J.H., 2013, “*HEC-GeoHMS Geospatial Hydrologic Modelling*

- Extension; User's Manual v. 10.1.*" U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA-USA.
- Finkl, C.W., 2000, Identification of Unseen Flood Hazard Impacts in Southeast Florida through Integration of Remote Sensing and Geographic Information System Techniques. *Environmental Geosciences*, 7(3), 119–136.
- Garambois, P.A., Roux, H., Larnier, K., Labat, D., & Dartus, D., 2015, Parameter regionalization for a process-oriented distributed model dedicated to flash floods. *Journal of Hydrology*, 525, 383–399.
- Gruntfest, E. & Handmer, J., 1999, "*Coping With Flash Floods*," London: Springer Science & Business Media B.V
- Harto, S.B., 1993, "*Analisis Hidrologi*," Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Harto, S.B., 2000, "*Hidrologi: Teori Masalah Penyelesaian*," Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Horton, R., 1945, Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins, Hydro-physical Approach to Quantitative Morphology, *Geol Soc Am Bull*, (56), 275–370.
- Istianto & Wibowo G. D., 2007, Juwana River flood Control System. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*, 7(2), 191-197.
- JICA (Japan International Cooperation Agency), 1983. "*Study Report Padang Area Flood Control Project*."
- Jonkman, S.N., 2005, Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods. *Journal of Natural Hazards*, (34), 151–175.
- Liu, J., Shi, Z., & Wang, D., 2016, Measuring and MAPping The Flood Vulnerability Based On Land-Use Patterns: A Case Study of Beijing, China. *J. Natural Hazards*, 83(3), 1545–1565
- Marchi, L., Borga, M., Preciso, E., & Gaume, E., 2010, Characterisation of selected extreme flash floods in Europe and implications for flood risk management. *Journal of Hydrology*, 394(1–2), 118–133.
- Merz, R., & Blöschl, G., 2003, A process typology of regional floods. *Water Resources Research*, 39(12), 1–20.
- Merz, R., Blöschl, G., 2008, Flood frequency hydrology: 1. Temporal, spatial, and causal expansion of information. *Water Resources Research*, 44(8), W08432.
- SCS (US Soil Conservation Service), 1985, National Engineering Handbook, Washington, US Department of Agriculture, US: Government Printing Office.
- Shrestha, A. B., Chapagain, P. S. & Thapa, R., 2011, Flash flood risk management : a training of trainers manual.
- Smith, D.I., 1981, Actual and Potential Flood Damage: A Case Study for Urban Lismore, NSW, Australia. *Journal of Appl. Geography*, (1), 31–39.
- Smith, P.J., Panziera, L. & Beven, K.J., 2014, Forecasting Flash Floods Using Data-Based Mechanistic Models and NORA Radar Rainfall Forecasts Forecasting Flash Floods Using Data-Based Mechanistic Models and NORA Radar Rainfall Forecast. *Journal of Hydrological Sciences*, 59(7), 1403-1417.
- Triatmodjo, B., 2010, "*Hidrologi Terapan*," Yogyakarta: Beta Offset.
- USDA-SCS, 1986, Soil Hydrology Classification, (<http://wmc.ar.nrcs.usda.gov>), Diakses November 2016.
- Wisner, B., 2004, *Turning Knowledge into Timely and Appropriate Action: Reflections on IADB/IDEA Program of Disaster Risk Indicators. IDB/IDEA Program of Indicators for Risk Management*, Manizales: National University of Colombia: 18–24.
- Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Liu, M., & He, Q., 2016, Evaluating The Impact and Risk of Pluvial Flash Flood on Intra-Urban Road Network: A Case Study in The City Center of Shanghai, China. *Journal of Hydrology*, 537, 138–145.
- Yogi, 2012, Sadar Bencana Masih Retorika, (www.PadangEkspress.co.id), Diakses September 2012.
- Youssef, A.M. & Pradhan, B., 2009, Geomorphological Hazards Analysis Along The Egyptian Red Sea Coast Between Safaga and Quseir. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, (9), 751–766.