

Analisis Dan Pemetaan Daerah Banjir Menggunakan HEC-RAS Dan SIG Di Kota Bengkulu (Studi Kasus Air Bengkulu Hilir)

Melki Sanjaya¹, Meilani Belladona²

Abstract

Flooding in Bengkulu city is an event that occurs every year. One area that is often affected by floods is the downstream area of the Air Bengkulu River Basin. Flooding in the Air Bengkulu Hilir watershed is caused by an increase in water discharge due to high rainfall. This study aims to create a flood inundation map. This map was created by modeling flood inundation in the Air Bengkulu Hilir watershed area through a simulation of flood flow. Flood inundation modeling is carried out by utilizing a special mode of analysis in Geographic Information Systems (GIS) for the creation of river geometry as well as a HEC-RAS hydraulic flow simulation program. The method of making maps with several stages, namely the first rainfall analysis, calculation of drainage coefficient and land cover. Secondly, the preparation of digital elevation data (DEM) as a source of data forming river geometry, then the flow simulation uses the flood data of the flood plan in 5 and 10 years at 1789,687 m³ / second and 1830.15 m³ / second. Flood generation is displayed automatically through the RAS Mapper site in ArcGIS. Depth The results of the flood inundation map based on the flood discharge plan for 5 and 10 years are 0 - 10,534 m and 0 - 10,571 m identified areas are Surabaya, Semarang, Bentiring, Tanjung Jaya, Tanjung Agung, Suka Merindu, Rawa Makmur, and Kampung Kelawi.

Keywords: Flood, mapping, HEC-RAS, SIG, Bengkulu City

Pendahuluan

Bengkulu merupakan ibukota provinsi Bengkulu yang terletak di sebelah barat pulau Sumatera, secara topografi bergelombang dan berbukit dengan 70% topografi datar dan 30% topografi berbukit kecil dan rawa. Sebelah barat merupakan dataran rendah yang relatif sempit, dan berbatasan langsung dengan samudera Hindia, sebelah timur berbatasan dengan dataran tinggi Bukit Barisan. Hal ini menyebabkan tempat-tempat yang terletak dilembar perbukitan yang menghadap samudera Hindia mendapatkan curah hujan yang tinggi, disebabkan angin dari arah barat dan barat daya kaya akan uap air. Curah hujan tinggi menyebabkan beberapa daerah di wilayah kota Bengkulu yang dekat dengan daerah aliran sungai berpotensi banjir salah satunya pada kawasan hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu.

DAS Air Bengkulu memiliki luas ±51.500 Ha dan terletak di antara kabupaten dan kota, yaitu kabupaten Bengkulu Tengah dan kota Bengkulu.

DAS Air Bengkulu terbagi menjadi sub-DAS Rindu Hati, sub-DAS Susup-Kemumu, dan Sub-DAS Bengkulu Hilir. DAS Air Bengkulu dilalui Sungai utama dan enam anak sungai. Sungai utama ialah sungai Air Bengkulu, dan empat anak Sungai yaitu Susup, Rindu Hati, Kemumu, Pasemah Sialang, dan Muara Kurung. Sungai Air Bengkulu bermuara langsung di samudera Hindia. Seiring berubahnya tata guna lahan dan perubahan iklim beberapa tahun terakhir, sungai Air Bengkulu sering mengalami kejadian banjir. Banjir terjadi karena tidak mempunyai sungai menampung debit air dikarenakan tingginya hujan pada kawasan DAS Air Bengkulu.

Air Bengkulu Hilir mengalami banjir ketika terjadi peningkatan debit air pada saat musim penghujan. Dampak bencana banjir yang dirasakan oleh masyarakat yang berada di sekitar kawasan DAS Air Bengkulu Hilir. yaitu kerugian material bahkan korban jiwa. Untuk itu perlu adanya upaya penanggulangan bencana banjir secara struktural maupun non struktural.

Penanggulangan bencana banjir yang dilakukan secara struktural

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu
Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

diantaranya melakukan pemeliharaan sungai dan prasarana sungai (Anonim, 2007). Penanggulangan bencana secara non struktural yaitu dengan memetakan luas wilayah yang rawan terdampak bencana banjir beserta dengan analisis hidrologinya (Nurbudiansyah, 2017). Pendekatan pemetaan daerah rawan banjir dapat menggunakan beberapa metode, yaitu pendekatan geomorfologi, pengindraan jauh, software HEC-RAS, dan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Prahasta, 2009).

Dalam penelitian ini digunakan software HEC-RAS dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan daerah rawan banjir di DAS Air Bengkulu Hilir. Hasil akhir dari penelitian ini berupa peta informasi kedalaman dan luas genangan banjir.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dibuat rumusan masalah adalah bagaimana menganalisis dan membuat pemetaan daerah rawan banjir menggunakan HEC-RAS dan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kota Bengkulu.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat pemetaan daerah rawan banjir Kota Bengkulu menggunakan metode HEC-RAS dan SIG, sehingga dapat mengurangi dampak buruk bencana banjir dimasa yang akan datang serta dapat dijadikan sumber acuan dalam perencanaan dan penataan wilayah rentan bencana banjir.

Pengolahan data hidrologi dilakukan sebagai tahapan awal penelitian yaitu pengolahan data curah hujan yang selanjutnya untuk menentukan intensitas curah hujan rencana (Soewarno, 1995). Intensitas curah hujan rencana digunakan untuk menghitung besar debit banjir rencana menggunakan metode rasional, periode ulang debit banjir rencana yaitu periode ulang 5 dan 10 tahunan.

Curah hujan dibutuhkan untuk menyusun suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendali banjir.

Curah hujan ini disebut curah hujan kawasan dan dinyatakan dalam milimeter

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

(Soewarno, 1995).

Data curah hujan kawasan yang diperlukan adalah data curah hujan rata-rata wilayah bukan curah hujan titik. Mengingat pos-pos penakar hujan pada kawasan DAS Air Bengkulu tidak tersebar secara merata sehingga metode yang digunakan adalah metode Polygon Thiessen. Luasan sebaran Polygon Thiessen dibagi menjadi beberapa blok polygon berdasarkan titik pos penakar yang tersedia. Bobot luasan dihitung berdasarkan pada penelitian sebelumnya. Luasan wilayah sebaran hujan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luasan Polygon Thiessen

No	Stasiun penakar hujan	Bobot Luasan (Ha)	Persentase (%)
1	Tanjung Jaya	14316.72	27.80
2	Taba mutung	200084.61	39.00
3	Bajak	17097.00	33.20
Total		514999.00	100.00

Sumber: Suraytmono, 2016

$$\bar{R}_{Thiessen} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots (1)$$

Persamaan rumus metode Polygon Thiessen adalah sebagai berikut:

Dimana :

$\bar{R}_{Thiessen}$ = Curah Hujan kawasan (mm)

A_1, A_2, A_n = Luas bagian

R_1, R_2, R_n = Curah hujan kawasan A_1, A_2, A_n

Menentukan parameter statistik (dispersi) menggunakan data curah hujan tahunan yang sudah ada. Data diurutkan dari nilai terkecil ke nilai yang terbesar, kemudian menghitung parameter-parameter dispersi berupa standar deviasi (Sd), koefisien kemencengan (Cs), koefisien kurtosis (Ck), dan koefisien variasi (Cv). Rumus-rumus dispersi perhitungan curah hujan adalah sebagai berikut :

a. Rumus Nilai Rata-Rata

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

...(2)

b. Rumus Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad \dots(3)$$

c. Koefisien Kemencengan

$$Cs = \frac{\sum (X - \bar{X})^3 \cdot N}{(N-1)(N-2) \cdot Sd^3} \quad \dots(4)$$

d. Koefisien Kurtosis

$$Ck = \frac{\sum (X - \bar{X})^4 \cdot N^2}{(N-1)(N-2)(N-3)Sd^4} \quad \dots(5)$$

e. Koefisien Variasi

$$Cv = \frac{Sd}{\bar{X}} \quad \dots(6)$$

Analisa curah hujan dilakukan menggunakan distribusi frekuensi sebagai berikut (Kamiana, 2011):

a. Distribusi Gumbel berdasarkan waktu konsentarsi (Tc) yang terpanjang

$$X_r = \bar{X} + \frac{s}{s_n} (Y_T - Y_n) \quad \dots(7)$$

b. Distribusi Log Person III

$$Y = \bar{Y} + k \times x \times S \quad \dots(8)$$

c. Distribusi Log Normal

$$X_r = \bar{X} + K_t \times x \times S \quad \dots(9)$$

Pemilihan dan pengelompokan jenis distribusi data yang akan digunakan berdasarkan hasil hitungan parameter statistik sebelumnya yaitu dengan melihat nilai koefisien kemencengan (Cs) dan nilai koefisien kurtosis (Ck). Adapun syarat penggunaan jenis distribusi dapat di lihat pada tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Parameter Statistik Suatu Distribusi

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Metode Gumbel Tipe 1	Ck ≤ 5.4002 Cs ≤ 1.139
2	Metode Log Normal	Ck = 0 Cs = 3Cv + Cv³ = 0.469 Cs ≠ 0
3	Metode Log Person Tipe III	Ck = 1.5 Cs (ln x)² + 2 = -8.501

Sumber: Kamiana (2011)

Pengujian kecocokan sebaran data menggunakan dua metode yaitu :

a. Uji Kecocokan Chi-Kuadrat

...(10)

$$\alpha = \frac{P_{maks}}{P(x)} - \frac{P(x)}{\Delta_{cr}}$$

b. Uji Kecocokan Smirnov –

$$X_h^2 = \sum_{i=0}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{Kolmogorov} \quad \dots(11)$$

Perhitungan Intensitas Curah Hujan (It) menggunakan persamaan mononobe:

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad \dots(12)$$

Dimana :

It = Intensitas curah hujan rancana (mm)

R₂₄ = Tinggi Hujan Harian Maksimum atau hujan rencana (mm)

t = Durasi hujan atau waktu konsentrasi (jam)

Waktu Intensitas curah hujan dihitung. Perhitungan selanjutnya untuk menghitung nilai (Tc) menggunakan Persamaan rumus Kripich:

$$T_c = 0,06628 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad \dots(13)$$

Dimana :

Tc = Waktu konsentarsi (jam)

L = Panjang saluran dari hulu sampai ketitik kontrol (Km)

S = Kemiringan lahan antara elevasi hulu dan hilir

Debit banjir rencana (Qp) merupakan debit rencana digunakan untuk simulasi banjir dilokasi penelitian. Perhitungan debit rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_p = 0,287 \times C \times I_t \times A \quad \dots(14)$$

Dimana :

Q_p = Debit banjir rencana dengan periode ulang (T) tahun (m³/det)

C = Koefisien pengaliran

I_t = Intensitas curah hujan periode ulang (T) tahun (mm/jam)

A = Luas daerah Pengaliran (Km²)

Rumus koefisien aliran yang digunakan adalah sebagai berikut (Yudha 2014):

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

$$C = C_{\text{Rata-rata}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots(15)$$

Geographic Information System (GIS) atau Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem yang disesuaikan untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisa, mengatur dan menampilkan sebuah jenis data geografis (Irwansyah, 2013).

Selain menggunakan hardware, pengelolaan data Sistem Informasi Geografis harus dibangun menggunakan sistem-sistem software pendukung antara lain aplikasi ArcGIS, HAC-GeoRAS, HEC-RAS, Global Mapper, ArcGIS Desktop, Google Earth, dan Google Sketchup.

Data yang diperlukan adalah data Dem yang dirubah menjadi DTM (Istiarto, 2015) yang bisa didapatkan dari berbagai sumber data misalnya LIDAR, Citra DEM, dan lain-lain.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Membuka file DTM yang sudah disiapkan sebelumnya → digitasi lokasi *cross section* untuk layer XS *Cutlines* gunakan toolbar editor (*Editor* → *Start Editing*).
- b. Masuk ke *River analysis system* (RAS) *geometry* → *xs cutline attributes* untuk memberikan nama sungai, *stationing*, stasiun tepian, jarak jangkauan hilir dan elevasi untuk *layer xs cutlines* (ini akan membuat *layer xs cutlines*)
- c. Setelah *layer xs cutlines* telah selesai dibuat, terakhir lakukan import file dari GIS ke HEC-RAS, masuk ke menu *RAS Geometry* → *Layer Setup* → *Required Layers tab*, Klik *RAS Geometry* → *Export GIS Data* dan operasikan aplikasi *Hec-RAS*
- d. Untuk melakukan *import data* dari GIS ke HEC-RAS, pertama buka editor data geometrik, pilih *Edit* → *Geometric Data* lalu klik pada *File >Import Geometry Data>* GIS Format, pastikan semua pilihan impor garis *stream* tercentang semua

- e. Klik pada menu *Finished* → *Import Data*, data akan terimport ke geometri editor di HEC-RAS
- f. Langkah selanjutnya adalah mengisi kondisi batas dan data aliran. Dalam HEC- RAS, setiap aliran (*flow*) yang akan disimulasikan dinamakan *profile*. Sebagai contoh, akan mendefinisikan 1 profil yang menggambarkan debit banjir rencana periode ulang 10 tahunan misalkan 200 M³ / S → klik nilai 1 → *apply data*
- g. Pada jendela HEC-RAS utama, klik *Run* → *Steady Flow Analysis* → klik *File New Plan* namai dan isi IDnya → pilih *Subcritical Flow Regime* → klik → *Compute*.
- h. Setelah komputasi selesai, ekspor ke ArcGIS untuk melakukan deliniasi area genangan. untuk mengekspor klik *File Export GIS Data*, biarkan parameter standar yang ada.
- i. Selanjutnya klik *RAS Mapping Layer Setup* → Pada jendela *Layer Setup* pilih *New Analysis* → beri nama kemudian *browse* ke file XML hasil ekspor → Pilih *Single* untuk tipe *Terrain*, dan *browse* ke file GRID yang ada *.HEC - geoRAS* akan membuat *file geodata base*.
- j. Klik *RAS Mapping Import RAS Data*. Ini akan membuat poligon batas dengan menyambungkan titik akhir dari *XS Cut Lines*.
- k. Langkah paling akhir klik *RAS Mapping Inundation Mapping Flood plain Delineation Using Rasters* → pilih PF1 sebelumnya (10 tahun aliran) → klik OK. Pada langkah ini, TIN yang tadi akan dikonversi ke GRID dan kemudian surface terrain dikurangkan dari grid surface air. Area dengan hasil positif (artinya permukaan air lebih tinggi dari pada terrain) adalah area banjir, dan sebaliknya.

Metodologi Penelitian

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada daerah hilir daerah aliran sungai (DAS) Air Bengkulu. Penentuan

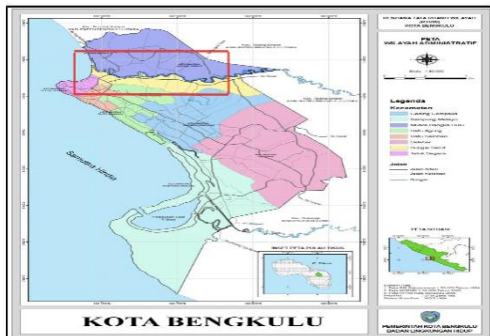
¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu
Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

lokasi penelitian mengacu pada daerah yang teridentifikasi mengalami dampak banjir akibat luapan sungai Air Bengkulu.

Data sekunder didapat dari *website* dan instansi yang menyediakan data terkait dengan penelitian. Data sekunder berupa data curah hujan 15 tahun terakhir, peta DAS Air Bengkulu, peta geometrik sungai Air Bengkulu, peta tata guna lahan, data tutupan lahan, dan data pendukung lainnya. Data yang didapat diolah menggunakan analisis hidrologi, analisis hidrolika kemudian diinput ke software ARC-GIS, HEC-RAS.

Hasil Dan Pembahasan

Alih fungsi lahan akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan limpasan aliran air pada permukaan tanah. Pengurangan jumlah vegetasi atau alih fungsi lahan hijau menjadi lahan terbuka akan menyebabkan berkurangnya kemampuan lahan dalam menghambat limpasan air pada permukaan tanah.



Gambar 1. Peta Tata Guna Lahan Daerah Penelitian

Koefisien aliran (C) berdasarkan data tata guna lahan di DAS Air Bengkulu dihitung menggunakan rumus (15) dan diperoleh nilai C seperti Tabel 3 berikut:

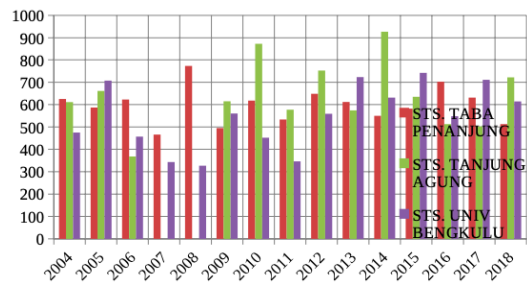
Tabel 3. Nilai Koefisien Aliran DAS Air

No	Tahun	R (Xi)	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	2007	243.42	-320.56	102758.89	-32940416.42	10559388777.4
2	2008	323.46	-240.53	57852.89	-13915141.17	3346957173.5
3	2006	468.44	-95.55	9129.09	-872250.51	83340284.3
4	2011	488.08	-75.91	5762.07	-437388.46	33201402.4
5	2009	563.38	-0.60	0.37	-0.22	0.1
6	2004	569.74	5.76	33.13	190.68	1097.5
7	2016	577.16	13.18	173.65	2288.35	30155.2
8	2017	607.25	43.27	1871.92	80990.18	3504099.8
9	2018	628.04	64.06	4103.39	262854.14	16837841.5
10	2013	634.03	70.05	4906.69	343702.25	24075565.3
11	2015	655.70	91.72	8411.78	771492.34	70757990.4
12	2005	655.79	91.81	8428.29	773765.79	71036141.5
13	2012	659.01	95.03	9030.27	858126.05	81545771.7

P Thiessen	Ai (Ha)	(Ai / Ai Total)	Ri(mm)	R Thiessen(mm) (Ai / A Total) X Ri
Sts. Taba Penanjung	14316.72	0.28	625	173.75
Sts. Tanjung Agung	20084.61	0.39	611	238.29
Sts. Universitas Bengkulu	17097.67	0.33	475	157.70
Total	51499			569.74

Analisa hujan harian maksimum rerata wilayah menggunakan metode polygon Thiessen, data diperoleh dari BMKG kelas 1 Pulau Baai provinsi Bengkulu selama 15 tahun terakhir. Data yang dianalisis merupakan data hujan harian maksimum yang didapat dari tiga pos penakar hujan yang berada dikawasan DAS Air Bengkulu.

Data rekapitulasi curah hujan harian maksimum selanjutnya dimodelkan menjadi data hujan harian maksimum diolah bersama-sama untuk memperoleh data hujan rerata wilayah Thiessen (RThiessen). Hasil rekapitulasi data curah hujan harian maksimum dari masing-masing pos pencatat hujan disajikan dalam gambar 2.



Gambar 2. Rekapitulasi Data Curah Hujan

Hasil rekapitulasi tersebut selanjutnya dimodelkan menjadi data curah hujan maksimum Thiessen (R Thiessen). Data diolah berdasarkan tahun masing-masing dan kemudian dilakukan rekapitulasi ulang hasil perhitungan. Sampel perhitungan curah hujan rerata wilayah Thiessen tahun 2004 dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan R_{thiessen} Tahun 2004

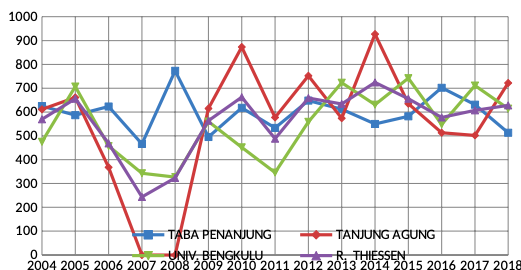
sudah dihitung sebelumnya. Data curah hujan yang sudah diurutkan dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data Curah Hujan dari 3 Pos Penakar

NO	Tahun	R. Thiessen
1	2007	243.42
2	2008	323.46
3	2006	468.44
4	2011	488.08
5	2009	563.38
6	2004	569.74
7	2016	577.16
8	2017	607.25
9	2018	628.04
10	2013	634.03
11	2015	655.70
12	2005	655.79
13	2012	659.01
14	2010	662.34
15	2014	723.92

Hasil perhitungan hujan rerata wilayah Thiessen dari tiga stasiun penakar hujan pada tahun 2004 adalah sebesar 569.74 mm. Artinya pada tahun 2004 hujan rerata wilayah di kawasan DAS Air Bengkulu dengan pengaruh tiga pos penakar hujan adalah sebesar 569.74 mm.

Pengukuran curah hujan metode Poligon Thiessen sangat bergantung pada sebaran pos penakar hujan yang ada dengan mempertimbangkan tingkat pengaruh dari masing-masing pos penakar hujan. Langkah selanjutnya adalah menghitung hujan rerata wilayah Thiessen tahun 2005 sampai dengan tahun 2018 dengan metode yang sama. Perhitungan hujan rerata wilayah Thiessen kemudian direkapitulasi dari tahun 2004 hingga 2019 agar memudahkan dalam analisis selanjutnya.. Data rekapitulasi hujan rerata wilayah polygon Thiessen dapat di lihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rekapitulasi Data Rerata Wilayah Polygon Thiessen

Analisa data dengan metode partial series yaitu dengan cara mengurutkan dari data yang terkecil ataupun sebaliknya. Data yang diurutkan merupakan data hujan rerata wilayah Thiessen selama 15 tahun terakhir yang

Berdasarkan Tabel 5 diperoleh data curah hujan maksimum rerata wilayah Thiessen yaitu pada tahun 2014 yaitu sebesar 723.92 mm. Curah hujan minimum rerata wilayah Thiessen yaitu pada tahun 2007 yaitu sebesar 243.42 mm.

Analisa data dilakukan berdasarkan perhitungan statistik yang umum dilakukan yaitu meliputi pengukuran rerata-rerata, deviasi standar. Koefisien kemencengan, koefisien kurtosis, dan koefisien variasi. Perhitungan parameter statistik dalam penelitian ini menggunakan tabel bantu untuk mempermudah perhitungan. Data yang di analisis merupakan data yang sudah diolah sebelumnya yang sudah di urutkan. Tabel bantu parameter statistik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Parameter Statistik

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Metode Gumbel Tipe 1	$Ck \leq 5.4002$ $Cs \leq 1.139$
2	Metode Log Normal	$Ck = 0$ $Cs = 3Cv + Cv^3 = 0,469$ $Cs \neq 0$
3	Metode Log Person Tipe III	$Ck = 1.5 Cs (\ln x)^2 + 2 = -8.501$

Nilai rata-rata curah hujan adalah 563,98 mm dengan standar deviasi sebesar 133,02 dihitung menggunakan rumus (2) dan (3). Koefisien kemencengan (Cs) -1,401, koefisien kurtosis (Ck) 3,202 dan koefisien variasi

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

sebesar 0,235 dihitung menggunakan rumus (4), (5), dan (6).

Pemilihan jenis distribusi dilakukan dengan cara membandingkan dengan nilai- nilai yang disyaratkan. Hasil pemilihan jenis distribusi dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Jenis distribusi yang dipilih

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan	keterangan
1	Metode Gumbel Tipe 1	$Ck \leq 5,4002$ $Cs \leq 1,139$	$Ck = 3,202$ $Cs = -1,401$	Memenuhi
2	Metode Log Normal	$Ck = 0$ $Cs = 3Cv + Cv^2 = 0,469$	$Ck = 3,202$ $Cs = -1,401$	Tidak Memenuhi
3	Metode Log Person Tipe III	$Ck = 1,5 Cs (n_x)^2 + 2 = -8,501$ $Cs \neq 0$	$Ck = 3,202$ $Cs = -1,401$	Tidak Memenuhi

Berdasarkan persyaratan jenis distribusi data pada tabel 7 jenis sebaran yang paling mendekati persyaratan adalah jenis distribusi Metode Gumbel Tipe 1. Berdasarkan persyaratan tersebut maka perhitungan curah hujan rencana (X_t) menggunakan metode Gumbel Tipe 1. Perhitungan curah hujan rencana mengacu pada peluang banjir periode 5 dan 10 tahun saja. Perhitungan curah hujan rencana metode Gumbel Tipe 1 menggunakan rumus (7) dan jumlah data (n) didapat nilai $Y_n = 0,2158$ dan $S_n = 1,0206$, nilai Y_{Tr} periode ulang 5 tahunan = 581,30 mm dan periode ulang 10 tahunan sebesar 594,46 mm, diperoleh hasil perhitungan seperti tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Curah Hujan

Periode	X	Sd	Sn	Yn	Yt	Xt (mm)
5	563,98	17,91	1,0206	0,5128	1,499	581,30
10	563,98	17,91	1,0206	0,5128	2,250	594,46

Pengujian kecocokan Chi-Kuadrat mengasumsikan derajat kebebasan (α) sebesar 5 % itu artinya tingkat kebenaran 95% perhitungan uji Chi-Kuadrat menggunakan persamaan (10) berdasarkan nilai yang sudah ada menunjukkan bahwa $f^2_{hitung} (6) < f^2_{cr} (7,815)$ artinya hepotesa data yang diuji dapat diterima.

Pengujian kecocokan data metode Smirnov – Kolmogorov dianalisa dengan bantuan tabel perhitungan dengan perhitungan statistic. Nilai D_0 kritis didapat pada lampiran 7 dengan cara melihat jumlah data (n) dihubungkan

dengan drajat kepercayaan (α). Dilihat dari perbandingan antara $D_{maks} (0,134) < D_0 (0,34)$ maka metode sebaran yang diuji dapat diterima.

Intensitas curah hujan rencana (I_t) dihitung berdasarkan waktu konsentrasi (T_c) yang terpanjang. Perhitungan I_t menggunakan persamaan Mononobe yang sudah di substitusikan sesuai dengan nilai yang akan dicari. Data kondisi masing- masing sub-DAS Air Bengkulu dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Data Sub DAS Air Bengkulu

No	Data Kondisi	Nama Sub DAS		
		Rindu Hati	Susup-Kemumu	Bengkulu Hilir
1	Luas daerah pengaliran (A)	192,07 km ²	98,90	224,020 km ²
2	Panjang Saluran	34,60 km	35,50	68,15 km
3	Elevasi Hulu saluran	190,00 mdpl	190,00 mdpl	42,00 mdpl
4	Elevasi Hilir Saluran	18,00 mdpl	18,00 mdpl	10,00 mdpl
5	Kemiringan lahan (S)	0,00497	0,00485	0,00047

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (12) dan (13) diperoleh besarnya waktu konsentrasi (T_c) sebesar 7,828 jam dan intensitas hujan untuk periode 5 tahunan (I_5) dan 10 tahunan (I_{10}) untuk sub DAS Air Bengkulu dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Hasil Perhitungan Intensitas Hujan

Periode	Nilai I_t (mm/jam)			
	R (mm)	Rindu Hati	Susup kemumu	Bengkulu Hilir
5	581,30	51,11	50,155	19,71
10	594,46	52,27	51,277	20,156

Debit banjir rencana dihitung menggunakan persamaan (14) dan hasilnya terdapat pada Tabel 11.

Tabel 11. Debit Banjir Rencana (Q_t)

No	Sub DAS	Q_5	Q_{10}
1	Rindu Hati	949,70	971,26
2	Susup Kemumu	383,35	391,93
3	Bengkulu	456,62	466,96

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

No	Sub DAS	Q ₅	Q ₁₀
	Hilir		
Total		1789,67	1830,15

Pemodelan geometric sungai air Bengkulu merupakan lanjutan dari tahap pengolahan data hidrologi. Data geometrik sungai yaitu penampang melintang dan memanjang sungai. Pemerosesan geometrik sungai dilakukan dengan bantuan aplikasi eksrensi Hec-GeoRAS pada Arc-GIS. Data skunder yang di gunnakan dalam proses ini adalah data TIN (Trianglated Irregular Network) Merupakan data jaringan kontur yang saling terhubung membentuk peta tiga dimensi. Data simulasi genangan banjir selanjutnya di ekspor ke aplikasi ArcGIS untuk memodelkan polygon genangan banjir dan pengolahan data lanjutan.

Grid sebaran banjir hasil analisis ArcGis diklasifikasikan dalam bentuk warna yang berbeda-beda sesuai dengan kedalaman banjir. Peta kedalaman banjir disajikan dalam bentuk grid-grid warna tertentu. Setiap warna dikonsentrasikan berdasarkan nilai kedalaman dan bernilai tetap yang sudah otomatis di berikan oleh aplikasi Hec-GeoRAS. Peta grid kedalaman banjir masing-masing kedalaman dapat dilihat pada gambar 4. Klasifikasi kedalaman banjir disajikan dalam bentuk grid warna yang mewakili setiap masing-masing banjir.

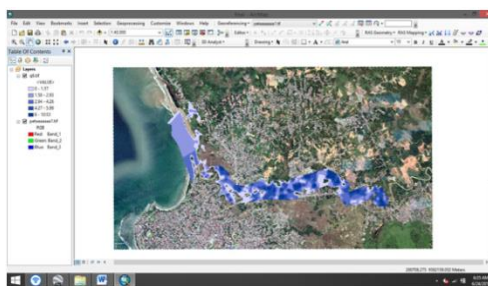
Klasifikasi warna mewakili nilai rentang tertentu sesuai dengan kedalaman banjir yang diberikan otomatis oleh aplikasi Hec-GeoRAS pada saat analisa Flood Kedalaman Banjir Dalam Meter delenation using raster.

Data hasil rekapitulasi kedalaman banjir yang terdampak pada masing- masing wilayah administrasi kelurahan dapat dilihat pada tabel 12 dibawah ini.

Tabel 12. Kedalaman Banjir Per Wilayah Administratif Kelurahan

No	Kelurahan Terdampak	Rentang Kedalaman Genangan Banjir Dalam (M)	
		Kala Ulang 5 Tahun	Kala Ulang 10 Tahun
1	Surabaya	0 – 10,534	0 – 10.571
2	Semarang	0 – 10,534	0 – 10.571
3	Bentiring	0 – 10,534	0 – 10.571
4	Tanjung Jaya	0 – 10,534	0 – 10.571
5	Tanjung Agung	0 – 10,534	0 – 10.571
6	Kampung Kelawi	0 – 10,534	0 – 10.571
7	Rawa Makmur	0 – 10,534	0 – 10.571
8	Suka Merindu	0 – 10,534	0 – 10.571

Hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan pada curah hujan maksimum yang didapatkan dari 3 pos penakar hujan, yaitu pada pos penakar hujan Taba Penanjung, Tanjung Agung dan Universitas Bengkulu, didapatkan debit banjir rencana kala ulang 5 dan 10 tahun sebesar 1789.687 m³/det dan 1830.15 m³/det dengan menggunakan metode rasional.



Data hasil perhitungan dan

Gambar 4. Peta Grid Kedalaman Banjir analisis tersebut maka selanjutnya diinput ke aplikasi Hec-RAS untuk mendapatkan simulasi genangan banjir pada Air Bengkulu Hilir sebagai perofil banjir kala ulang 5 dan 10 tahun. Sebelum melakukan proses simulasi genangan banjir terlebih dahulu melakukan proses pembuatan/digitasi geometrik sungai dan patch alur sungai Air Bengkulu pada ArcGIS sehingga didapatkan peta delenasi genangan banjir kala ulang 5 dan 10 tahun dengan kedalaman 0 – 10,534 m dan 0 – 10.571 daerah yang teridentifikasi berdasarkan hasil analisa GIS yaitu kelurahan Surabaya, Semarang, Bentring Tanjung Jaya, Tanjung Agung, dan Suka Merindu, Rawa Makmur, Kampung Kelawi.

Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil analisa data dan simulasi dapat disimpulkan bahwa

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020

terdapat pemukiman dan lahan di daerah hilir sungai Air Bengkulu teridentifikasi mengalami banjir yaitu pada kelurahan Surabaya, Semarang, Bentiring, Tanjung Jaya, Tanjung Agung, Dan Suka Merindu, Rawa Makmur, Kampung Kelawi. Nilai kedalaman delenasi genangan banjir berdasarkan skenario yang dilakukan perkelurahan dengan nilai bervariasi. Nilai kedalaman banjir perwilayah administratif kelurahan kala ulang 5 dan 10 Tahun yaitu secara berturut- turut pada rentang 0-10,534 m dan 0-10,571 m berdasarkan analisa yang dilakukan diaplikasi SIG.

Supaya hasil penelitian ini dapat digunakan sepenuhnya sebagai sumber acuan menentukan wilayah daerah banjir maka disarankan agar ketelitian data geometrik harus memadai. Data geometrik dengan ketelitian yang baik diperlukan untuk menghasilkan prediksi daerah banjir dengan akurat.

Model hidrologi dan hidrolika yang dipakai dalam penelitian ini masih perlu divalidasi dengan data-data terukur agar hasil simulasi model lebih mendekati kenyataan.

Daftar Pustaka

Irawansyah, E. 2013. *Sistem Informasi Geografis. Prinsip dasar dan pengembangan aplikasi*. Digibooks. Yogyakarta.

Istiarto. 2015. *Bimbingan teknis: genangan banjir (HEC-GeoRAS)*. Jurusan Teknik Sipil Dan Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

Kamiana, M. I. 2011. *Perhitungan debit rencana bangunan air*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Nurbudiansyah, Ahmad Dika. 2017. *Partisipasi Masyarakat Dalam Pemetaan Bahaya Banjir Menggunakan Pendekatan Multi Disiplin Di Desa Renged. Kecamatan Binuang, Kabupaten Serang, Provinsi Banten*. Jurnal Geografi

Edukasi Dan Lingkungan. Vol. 1, No.1, Halaman 48- 54.

Prahasta, Eddy, 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Persepektif Geodesi Dan Geomatika)*. Informatika Bandung.

Anonim. 2007. Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 Tentang *Penanggulangan Bencana*.

Soewarno, 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Jilid 1*. Nova. Bandung.

Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data, Jilid 2*. Nova. Bandung.

Suryatmono, Ilham, s. 2016. *Pemodelan Luapan Banjir Sungai Air Bengkulu Menggunakan HEC-Georas*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu. Bengkulu.

Yudha, S. G. 2014. *Analisa Kapasitas Sungai Dalam Banjir Dengan Integrasi Antara Metode Rasional Dengan Program WIN-TR*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Bengkulu.

¹Mahasiswa Fak. Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Prof. Dr. Hazairin SH Bengkulu
Majalah Teknik Simes Vol.14 No.2 Agustus 2020